

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE POBLACIONES
LOCALES DE ZANAHORIA EN URUGUAY

por

Silvana MACHADO MÉNDEZ

Diego TESSORE ROMANO

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2016

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Margarita García de Souza

Ing. Agr. Héctor González Idiarte

Ing. Agr. Alejandra Borges

Ing. Agr. Mercedes Rivas

Ing. Agr. Fernanda Zaccari

Fecha: 17 de mayo de 2016

Autores: _____

Silvana MACHADO MÉNDEZ

Diego TESSORE ROMANO

AGRADECIMIENTOS

- Silvana Machado Méndez

En el transcurso de los años dentro de esta carrera en la cual me formé con calidad profesional y humana, agradezco a todas las personas de quienes recibí apoyo, consejos y señas cómplices.

A Ricardo por ser parte de esta construcción de sueños y mi apoyo constante. Anaclara, Leandro y Mateo faros en mi vida.

A mi madre y hermanos Analía y Jorge siempre presente en los momentos importantes, propulsores de esta cruzada. A mi padre.

A la familia toda, por todo el cariño y apoyo durante años, con hechos y palabras de respaldo.

A mis compañeros, a mis amigas y amigos cosechado durante estos años, que prestaron su casa, su tiempo y colaboraron de mil maneras.

A Bienestar universitario, al Fondo de Solidaridad y la Unidad de Enseñanza, sin su contribución y orientación recibida hubiese sido poco menos que imposible transitar por esta casa de estudio.

A la AEA que abrió sus puertas para entrar y me recibió en su casa, desde un camino de compromiso y unidad.

A los productores que nos recibieron en sus predios y brindaron su conocimiento.

A la Universidad de la República, pública, autónoma y cogobernada

- Diego Tessore Romano

A toda mi familia especialmente a Gabriela y Agustina, mis padres, hermanos, tía y a mis amigos más cercanos.

A todos los docentes que intervinieron directa o indirectamente en la realización de este trabajo y en mi formación profesional.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 <u>OBJETIVOS</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 <u>EL CULTIVO DE LA ZANAHORIA EN URUGUAY</u>	3
2.1.1 <u>Situación actual del cultivo de zanahoria</u>	3
2.1.2 <u>Situación comercial del cultivo de zanahoria</u>	4
2.1.2.1 <u>Producción mundial de zanahoria</u>	4
2.1.2.2 <u>Producción nacional de zanahoria</u>	5
2.1.3 <u>Efecto de los factores ambientales en la fisiología</u> <u>de la planta de zanahoria</u>	9
2.1.3.1 <u>Efecto de la temperatura</u>	9
2.1.3.2 <u>Efecto del contenido de humedad del suelo</u>	11
2.1.3.3 <u>Efecto de la luz y el fotoperíodo</u>	12
2.2 <u>RECURSOS GENÉTICOS DE ZANAHORIA</u>	13
2.2.1 <u>Poblaciones locales</u>	14
2.2.2 <u>Adaptación y mejoramiento de poblaciones locales</u>	15
2.2.3 <u>El uso de poblaciones locales hortícolas en Uruguay</u>	17
2.2.4 <u>Producción de semillas de poblaciones locales de zanahoria</u> ..	18
2.3. <u>EL SUELO EN EL CULTIVO DE ZANAHORIA</u>	19
2.3.1 <u>Localización y características de las zonas de cultivo</u>	19
2.3.2 <u>Descripción de los suelos predominantes usados para el</u> <u>cultivo de zanahoria en la zona sur del país</u>	19
2.3.2.1 <u>Vertisoles</u>	20
2.3.2.2 <u>Brunosoles</u>	20
2.3.3 <u>Principales problemas de los suelos utilizados y sus</u> <u>consecuencias sobre el cultivo</u>	20
2.4 <u>USO DE DESCRIPTORES DE LA ZANAHORIA</u>	22
2.4.1 <u>Descriptores de caracterización</u>	22
2.4.2 <u>Descriptores de evaluación</u>	23
2.5 <u>HIPÓTESIS DE TRABAJO</u>	23
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	24
3.1 <u>POBLACIONES LOCALES, SELECCIONES AVANZADAS,</u> <u>LÍNEAS ENDOCRIADAS Y VARIEDADES UTILIZADAS</u>	24
3.2 <u>SITIOS UTILIZADOS</u>	25

3.2.1	<u>Descripción de las localidades</u>	25
3.2.2	<u>Características edáficas de los suelos presentes en cada Localidad</u>	25
3.2.3	<u>Características fisicoquímicas de los suelos presentes en cada localidad</u>	29
3.2.4	<u>Manejo del cultivo y uso previo del suelo</u>	30
3.2.5	<u>Clima</u>	33
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	35
3.4	RENDIMIENTO	35
3.4.1	<u>Variables evaluadas</u>	35
3.4.2	<u>Análisis estadístico</u>	36
3.5	CRECIMIENTO Y DESARROLLO	36
3.5.1	<u>Variables evaluadas</u>	37
3.5.2	<u>Análisis estadístico</u>	37
3.6	CARACTERIZACIÓN	38
3.6.1	<u>Variables evaluadas</u>	38
3.6.2	<u>Análisis estadístico</u>	41
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	43
4.1	RENDIMIENTO	43
4.1.1	<u>Rendimiento total</u>	43
4.1.2	<u>Rendimiento comercial</u>	44
4.1.3	<u>Descartes</u>	46
4.2	ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO	47
4.2.1	<u>Evolución del peso fresco aéreo de las distintas poblaciones en los sitios Centro Regional Sur y Rincón de la Bolsa</u>	47
4.2.2	<u>Evolución del peso fresco de raíz de las distintas poblaciones en los sitios CRS y RB</u>	48
4.3	CARACTERIZACIÓN	51
4.3.1	<u>Análisis de variables cuantitativas</u>	51
4.3.1.1	Largo	52
4.3.1.2	Diámetro total	52
4.3.1.3	Diámetro del xilema	52
4.3.1.4	Relación diámetro xilema/diámetro total	52
4.3.2	<u>Análisis de variables nominales y ordinales</u>	52
4.3.2.1	Forma de raíz	52
4.3.2.2	Forma de punta de la raíz	54
4.3.2.3	Color de piel	55
4.3.2.4	Color de floema	57
4.3.2.5	Color de xilema	58
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	63

6. <u>RESUMEN</u>	64
7. <u>SUMMARY</u>	65
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	66
9. <u>ANEXOS</u>	73

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de semilla nacional de zanahoria para los períodos 1980-1986 y 2004-2007	17
2. Origen de los materiales genéticos utilizados.....	24
3. Descripción del perfil de suelo para el sitio Centro Regional Sur	26
4. Descripción del perfil de suelo para el sitio Costas de Pando	27
5. Descripción del perfil de suelo para el sitio Rincón de la Bolsa	28
6. Descripción del perfil de suelo para el sitio San Antonio	29
7. Propiedades químicas de los distintos suelos utilizados en los Ensayos	30
8. Propiedades físicas de los distintos suelos utilizados en los ensayos	30
9. Precipitaciones, temperatura mínima, media y máxima por mes, periodo marzo- setiembre 2008.....	34
10. Largo, diámetro total, diámetro de xilema y diámetro de xilema/Diámetro de total para las distintas poblaciones de zanahoria	51
11. Descripción de los materiales genéticos evaluados	61
Figura No.	
1. Producción anual de zanahoria a nivel mundial (t)	4
2. Volúmenes totales de zanahoria ingresados al Mercado Modelo, promedio del periodo 2003-2012 (t)	6
3. Importación mensual de zanahoria, promedio del periodo 2008-2012 (t)	7
4. Evolución mensual del precio de la zanahoria en el Mercado Modelo, promedio del periodo 2003-2012 (U\$S/kg)	8
5. Rendimiento total de los distintos materiales genéticos para los cuatro sitios (t/ha)	44
6. Rendimiento comercial de los distintos materiales genéticos para los cuatro sitios (t/ha)	45
7. Descartes de los distintos materiales genéticos para los cuatro sitios (t/ha)	46
8. Evolución del peso fresco (g) de la parte aérea de la planta para las distintas poblaciones en el sitio CRS	47
9. Evolución del peso fresco (g) aéreo para las distintas	

poblaciones en el sitio Rincón de la Bolsa	48
10. Evolución del peso fresco de raíz (g) para las distintas poblaciones en el sitio CRS	49
11. Evolución del peso fresco de raíz para las distintas poblaciones en el sitio Rincón de la Bolsa	50
12. Frecuencia relativa de forma de raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio CRS	53
13. Frecuencia relativa de forma de raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa	53
14. Frecuencia relativa de forma de punta de los distintos materiales genéticos en el sitio CRS	54
15. Frecuencia relativa de forma de punta de los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa	55
16. Frecuencia relativa de color de piel de los distintos materiales genéticos en el sitio CRS	56
17. Frecuencia relativa de color de piel de los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa	56
18. Frecuencia relativa de zanahorias con color de floema naranja intenso para el sitio CRS	57
19. Frecuencia relativa de zanahorias con color de floema naranja intenso para el sitio Rincón de la Bolsa	58
20. Frecuencia relativa de colores de xilema de los distintos materiales genéticos para el sitio CRS	59
21. Frecuencia relativa de colores de xilema de los distintos materiales genéticos para el sitio Rincón de la Bolsa	59
22. Frecuencia relativa de colores de xilema de los distintos materiales genéticos para el sitio CRS	60
23. Frecuencia relativa de zanahorias con color de xilema amarillo para los distintos materiales genéticos en sitio Rincón de la Bolsa	60

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis se enmarca dentro de un proyecto del Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (INIA – FPTA 2007 – 2010) “Mejoramiento genético y comportamiento agronómico del cultivo de zanahoria de verano en distintos tipos de suelo”, llevado adelante por el equipo de Horticultura – Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uno de los objetivos del proyecto fue estudiar el comportamiento productivo, la calidad interna y externa y la forma de crecimiento, de distintas poblaciones locales, selecciones avanzadas y variedades comerciales de zanahoria en diferentes sitios de crecimiento.

El cultivo de zanahoria está ampliamente difundido en Uruguay, tradicionalmente este es realizado por productores familiares, los cuales han mantenido su propia semilla mediante selección realizada por años, dando origen a las Poblaciones Locales (PL), también llamadas “criollas”. La gran adaptación a diferentes condiciones ambientales y medidas de manejo son características de este tipo de poblaciones. Hoy día las exigencias del mercado apuntan a características específicas externas e internas de la raíz, forzando a la adopción de variedades comerciales más homogéneas y visualmente más atractivas. A su vez la constante disminución del número de familias productoras, acrecienta la pérdida de diversidad genética de los cultivos, dado por el abandono de la producción y el conocimiento asociado a ésta (González Idiarte 1999, Galván 2003).

Las poblaciones locales utilizadas y mantenidas por los agricultores desde siempre, constituyen prácticas productivas sustentables por su baja dependencia de insumos externos al predio y por tanto una mayor autonomía (Ayala y Guerrero, 2009). Representan una alternativa para la producción familiar, dado que la baja diversidad de los agroecosistemas y el uso de variedades uniformes genéticamente aumentan su fragilidad (Sarandón, 2002). Las variedades locales poseen un valor estratégico para el país, su base genética le confiere adaptabilidad al medio favoreciendo la estabilidad del sistema productivo.

1.1 OBJETIVOS

- Evaluar y comparar el rendimiento y la calidad de raíz de cinco poblaciones locales, dos selecciones avanzadas y una variedad comercial, en cuatro sitios diferentes.
- Evaluar y comparar el crecimiento de la parte aérea y la raíz de cinco poblaciones locales, dos selecciones avanzadas y una variedad comercial, en dos sitios diferentes.
- Caracterizar la variabilidad fenotípica de las 10 mejores zanahorias de las cinco poblaciones locales, dos selecciones avanzadas y una variedad comercial, en dos sitios diferentes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EL CULTIVO DE LA ZANAHORIA EN URUGUAY

2.1.1 Situación actual del cultivo de zanahoria

Sin contar el cultivo de papa, el cultivo de zanahoria es el tercero en volumen de producción en el Uruguay, encontrándose detrás del cultivo de cebolla y boniato. Para la zafra 2013/2014 el cultivo de zanahoria en la zona sur, ocupó una superficie de 656 hectáreas, involucrando a 275 productores, con una producción total de 10.062 toneladas. En la zona norte la superficie fue de 433 hectáreas, realizada por 57 productores y una producción total de 8.306 toneladas (Anexo No. 1). En los últimos años anteriores a la defensa de esta tesis la superficie de producción ha venido disminuyendo al igual que el número de productores, manteniéndose estable el volumen producido (MGAP. DIEA, 2014). La zanahoria es una de las hortalizas más consumidas, su consumo se sitúa en 0,64 y 0,73 kg/mes/persona, Montevideo e interior respectivamente (INE, 2005).

Según Dogliotti y Tommasino (1991), en nuestro país se siembra zanahoria todo el año aunque existen dos épocas marcadas de siembras. En ellas se concentra los cultivos que alcanzan los mejores rendimientos y calidad. Siembras de abril a octubre se realizan con semillas importadas, con cultivares que no cumplen los requerimientos de frío para florecer en nuestras condiciones, lo que posibilita cosechar raíces de buena calidad en primavera. Las siembras que se realizan desde octubre a febrero se realizan con poblaciones locales producidas en el predio (Aldabe, 2000)

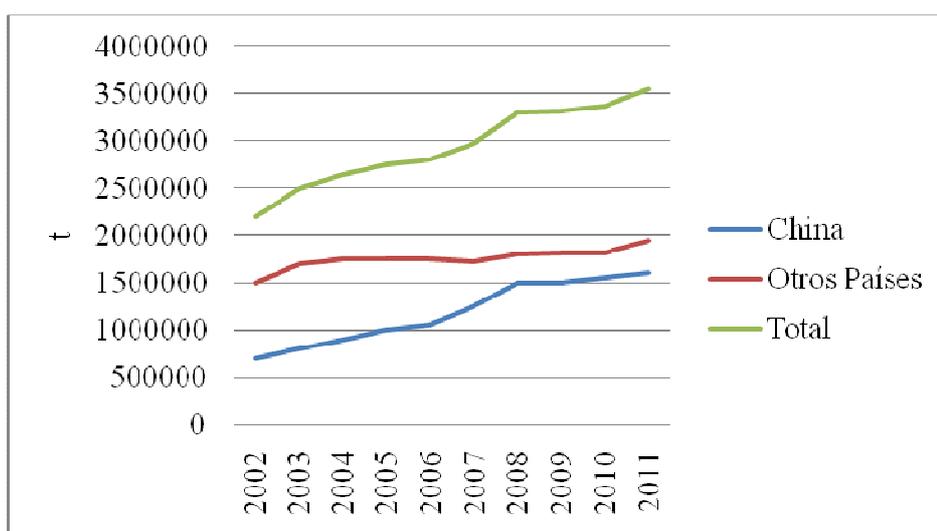
Según MGAP. DIEA (2005), el 21% de la superficie cultivada se realizó con semilla nacional, se estima además que la presencia en el Mercado Modelo de zanahoria producida desde semilla del país es entre 5 y 10 % pudiendo llegar al 35% en el periodo otoño- invierno (CAMM, 2005).

2.1.2 Situación comercial del cultivo de zanahoria

2.1.2.1 Producción mundial de zanahoria

Desde 2004 el nivel de exportaciones en el mundo ha crecido en forma constante, explicado por el crecimiento sostenido del mercado internacional. Mundialmente la superficie implantada fue 1,2 millones de hectáreas, con una producción total de 3 millones de toneladas (MINAGRI. DIMEAGRO, s.f., Figura No. 1).

Figura No.1. Producción anual de zanahoria a nivel mundial (t)



El rendimiento promedio mundial es de 22,4 t/ha, mientras que Holanda, España, Inglaterra y EEUU tienen rendimientos promedios entre 40-50 t/ha. El rendimiento promedio para América del Sur es de 20 t/ha (Gaviola, 2013).

Dentro de los principales productores se encuentra China que supera el 45% de la producción mundial. En Latinoamérica para el año 2011, Brasil obtuvo una producción anual de 780 mil toneladas (EMBRAPA, 2011), Argentina 230 a 250 mil toneladas (MINAGRI. DIMEAGRO, s.f.) y Paraguay 23 mil toneladas (MAG. DGP, 2010), mientras que Uruguay produce un poco más de 15 mil toneladas al año (MGAP. DIEA, 2012).

2.1.2.2 Producción nacional de zanahoria

- Oferta estacional

La zanahoria del país cuenta con una oferta estacional desde finales de marzo hasta fines de invierno, conviviendo con las zanahorias importadas, principales abastecedores de la demanda estival (CAMM, 2005). Según Aldabe (2000) en verano y comienzos de otoño es el momento del año en el cual la producción nacional de zanahoria se hace más escasa pues finalizan las cosechas de los cultivos de primavera y la instalación de cultivos en pleno verano es difícil, obteniendo cultivos desparejos de los cuales se obtiene bajo rendimiento.

De los tipos cultivados en Uruguay se encuentran los cultivares importados de ciclo bienal entre las que se encuentran las tipo Scarlet, Colmar, Flakee, Platina, Chantenay y Nantes. Entre las zanahorias anuales podemos encontrar las criollas y las importadas Kuroda, New Kuroda y Brasilia (Aldabe, 2000).

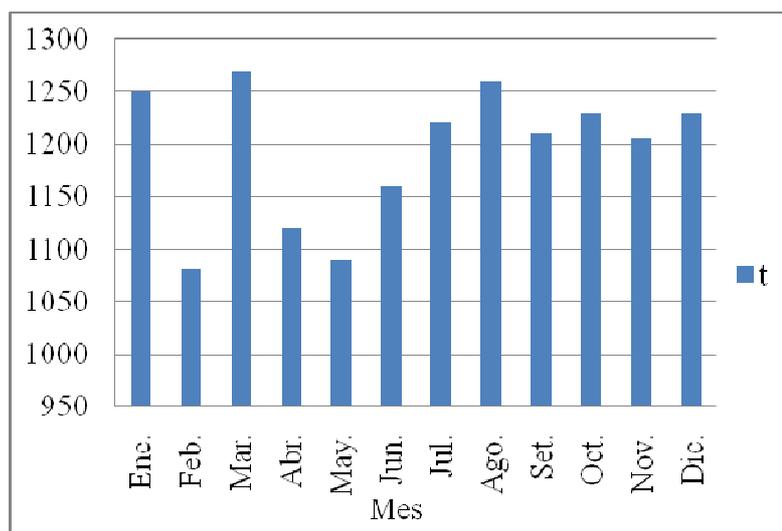
Las siembras de los cultivos anuales se realiza en los meses que van desde noviembre hasta marzo con ciclos de 90 a 110 días, siembras más avanzado el otoño corren riesgo de acumular horas de frío en invierno y florecer hacia la primavera. Las zanahorias bienales se siembran en los meses que van desde abril hasta octubre, la cosecha va desde julio hasta enero, con un ciclo entre 120 y 160 días. Algunos cultivares híbridos son mantenidos por los productores hasta los meses de febrero y marzo (Aldabe, 2000).

- Volumen total comercializado mensualmente

Se estima que en el Mercado Modelo se comercializa alrededor del 50% de las frutas y verduras vendidas en el país. Las principales limitantes que presentan las variedades criollas o del país se centran en su calidad interna, coloración y presencia de “palo” que desmerece su valor y dificulta su comercialización¹ (Figura No.2).

¹ Pacheco, P. 2013. Com. personal.

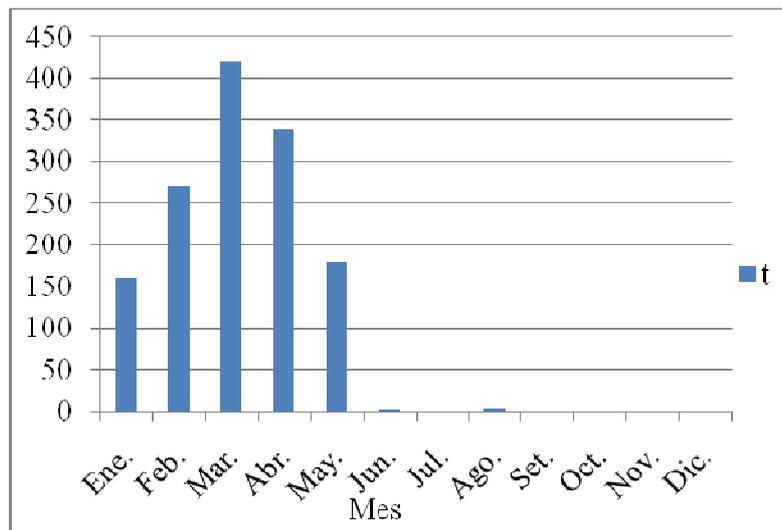
Figura No.2. Volúmenes totales de zanahoria ingresados al Mercado Modelo, promedio del periodo 2003-2012 (t)



- Volumen total importado mensual

Los mayores ingresos de zanahoria al país se realizan desde Argentina y Brasil en los meses de febrero, marzo y abril, coincidiendo con el periodo de cosecha y comercialización de las poblaciones locales (Figura No.3). Esto indica que la producción nacional de zanahorias anuales no es suficiente para satisfacer la demanda interna durante estos meses. En este mismo periodo no se han realizado exportaciones (CAMM, 2012).

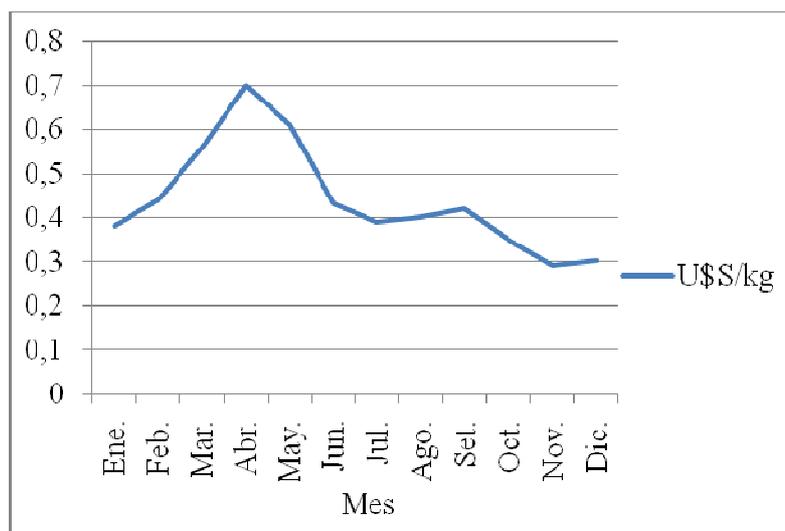
Figura No.3. Importación mensual de zanahoria, promedio del periodo 2008-2012 (t)



- Evolución mensual del precio de la zanahoria

Según datos proporcionados por la CAMM (2012), los precios obtenidos a lo largo del año sufren variaciones, observándose un pico de alza en los meses de marzo, abril y mayo, momento en que la oferta es escasa debido a las dificultades que ofrecen las siembras de verano (Figura No.4).

Figura No.4. Evolución mensual del precio de la zanahoria en el Mercado Modelo, promedio del periodo 2003-2012 (U\$\$/kg)



- Caracteres relacionados a la calidad comercial de la raíz

En el mercado nacional, en base a las pautas de comercialización del producto, se ha enfatizado aspectos que hacen a la calidad visual y nutritiva de la zanahoria. La calidad comercial se haya determinada netamente por la apariencia homogénea y uniforme del producto, el calibre, piel de textura lisa y coloración interna y externa anaranjada. Dentro de los atributos principales es el color interno y externo, naranja intenso, altamente demandado por el consumidor CAMM (2007). Se considera que una zanahoria de buena calidad es aquella que tiene un corazón pequeño y color naranja intenso uniforme en floema y xilema (Ventrera et al., 2013).

Comparando las PL con las variedades comerciales de tipo Kuroda, estas son elegidas por su mayor calidad comercial, para la cual el color de su médula constituye la principal diferencia (Galván et al., 2005). Según Rachetti (2005) las PL presentan variabilidad en los atributos que determinan la calidad externa de la raíz como ser largo, forma, color y tipo de punta. Las variedades Kuroda, Bonanza y Brasilia presentan menores diámetros de médula, y colores más fuertes.

La CAMM (2012) define para la zanahoria como defectos críticos podredumbres y diferentes tipos de heridas como ser rajaduras o grietas y daños por insectos (*Lystronotus sp* y nematodos) y como defectos no críticos a manchas, crecimientos secundarios, heridas o lesiones leves, deformaciones y áreas leñosas. Este define a las distintas categorías comerciales según su diámetro, se toma como calibre extra grande a las raíces mayores de 50 milímetros, grandes de 35 a 50 milímetros, medianas de 25 a 35 milímetros y chicas menor a 25 milímetros. Para el largo de raíz se admiten diferencias siempre que no superen los 150 milímetros. Para Aldabe (2000), las raíces de mayor calidad son las que tienen un diámetro entre 2,5 y 5 centímetros y un largo entre 15 y 18 centímetros.

García de Souza (2002) señala que la zanahoria se clasifica de forma manual en tres categorías, llegando a cinco en clasificación mecánica. Este mismo autor indica diferentes formas de comercialización en función de su destino. Atados de planta entera, conteniendo 10 a 12 unidades, cajones de madera conteniendo 20 kilos, bolsas de polipropileno de entre 10 y 20 kilos y en los últimos años como respuesta a la demanda de los supermercados bandejas conteniendo 600 a 800 gramos de zanahoria

2.1.3 Efecto de los factores ambientales en la fisiología de la planta de zanahoria

El ambiente influye en el crecimiento de la planta de zanahoria. Puede crecer en casi todos los climas, presentando preferencias por climas templados, húmedos y con poca variación de temperaturas (Imparatta, 1996). Es posible aumentar la capacidad productiva de los cultivos a través de la selección de formas y tamaños adecuados, sin embargo, estos caracteres están altamente influenciados por el ambiente, especialmente por la temperatura y la humedad, y la interacción que ocurre entre ellos (Oliva, citado por Schäfer, 2002).

2.1.3.1 Efecto de la temperatura

La temperatura regula la velocidad de las distintas reacciones metabólicas, las temperaturas óptimas del cultivo van de los 15 a los 24 °C, encontrándose diferencias entre distintos autores. García de Souza (2002) señala diferentes rangos de temperaturas óptimas para las diferentes partes de la planta; desarrollo de parte aérea de 18 a 24 °C y desarrollo de la raíz de 15 a 21 °C. Oliva (1992) define un rango de temperatura óptima de crecimiento que va desde los 20 a 24 °C, obteniéndose raíces más largas por debajo de estos valores y más cortas, cónicas y puntiagudas por encima de estos. Imparatta

(1986) cita como temperaturas óptimas para el crecimiento de la parte aérea entre 18,2 y 23,9 °C, estas temperaturas en la etapa de crecimiento de las plantas, posibilita el desarrollo de un follaje abundante capaz de producir más fotoasimilados para la raíz. Posteriormente a este periodo, temperaturas de entre 15,5 y 21,1 °C, óptimas para el desarrollo radicular, permiten obtener raíces de buena calidad.

Según Sarli (1980), la temperatura afecta el tamaño y la forma de la raíz, cuanto más elevada sea la temperatura (mayor a 20°C), más cortas son las raíces y cuanto más bajas las temperaturas, más largas. Colafranceschi (1996) menciona que a temperaturas entre 10 y 20 °C predomina el crecimiento en longitud de la raíz dando raíces finas y largas, mientras que temperaturas entre 21 y 27 °C predomina el crecimiento en grosor de las mismas, formándose raíces gruesas y cortas. Del mismo modo Oliva (1992) destaca que bajas temperaturas de suelo produce raíces más largas, puntiagudas y pálidas que aquellas que crecen a mayor temperatura, manifestando un evidente estado de inmadurez. Este autor también destaca que las temperaturas por encima de las óptimas parecen ser más negativas sobre el color que las inferiores a esos niveles.

Uno de los principales factores para la germinación de la semilla de zanahoria es la temperatura del suelo, siendo la temperatura óptima de 26 °C, la mínima de 5 °C y la máxima de 35 °C (Vigliolo, 1986). Con temperaturas mayores a 25 °C la semilla entra en dormancia termo inducida, presente en siembras de noviembre a marzo, produciendo cultivos desperejados (Colafranceschi, 1996).

Sousa Pereira et al. (2007), mencionan como rango óptimo temperaturas entre 20 y 30 °C para una germinación rápida y uniforme. En los meses de junio y julio la emergencia se prolonga por las bajas temperaturas, no siendo recomendable la siembra. En condiciones de campo, la germinación se da en 10 días a una temperatura de 25 °C, a medida que desciende la temperatura la germinación tarda más tiempo (Imparatta, 1996).

En un ensayo de campo, cultivares comerciales sembrados a temperaturas de 20 a 36 °C, mostraron una disminución en la germinación a medida que la temperatura aumenta, a 36 °C germina el 36% de las semillas (Sousa Pereira et al., 2007).

Para la síntesis de pigmentos de las raíces la temperatura es un factor crítico, las más favorables oscilan entre 15 y 21 °C durante el periodo de desarrollo de la raíz, siendo siempre algo menor que la óptima para el crecimiento de hoja Oliva (1992). Las zanahorias en cultivos invernales tienen menos carotenoides que aquellas desarrolladas en otoño o verano. La carotenogénesis es beneficiada con temperaturas entre 13 a 21 °C (Madrid de Cañizalez y Chacín Lugo 2004, Rodríguez-Amaya 2008).

Banga et al. (1955) estudiaron el contenido de carotenos en cuatro cultivares de zanahoria creciendo a dos temperaturas diferentes, 8°C y 18°C. Encontraron que el contenido de carotenoides fue mayor cuando el crecimiento fue en condiciones de 18°C.

Existe además un efecto de la respuesta a la temperatura según el cultivar, encontrando que distintas variedades a igual temperatura tienen carotenogénesis diferente. El cultivar Amsterdam Forcing tuvo una alta tasa de acumulación de carotenos en las dos temperaturas evaluadas, sin embargo en los otros cultivares la cantidad de carotenos es aproximadamente un 50% menor a 8°C. Según este autor la producción de zanahorias de intenso color requiere temperaturas inferiores a 19°C en las últimas semanas de crecimiento.

Bradley et al. (1969) verificaron el efecto de la temperatura ambiental antes de la cosecha, en el color y contenido total de caroteno en zanahoria. Se cosecharon raíces de mejor color cuando la temperatura del suelo y aire oscilaron en el rango 13 – 18°C.

2.1.3.2 Efecto del contenido de humedad del suelo

La planta de zanahoria es afectada por el contenido de agua en el suelo, lo cual requiere un aporte constante durante todo su ciclo. En momentos de déficit se detiene el crecimiento, disminuye el rendimiento y la calidad de las raíces, afectando la coloración, forma y tamaño de las mismas (Imparatta 1996, García de Souza 2002). Aldabe (2000), define tres momentos críticos de consumo de agua, desde emergencia hasta que las plantas tengan de 4 a 6 hojas, periodo de elongación de las raíces, a partir de la semana 6 a 8 y engrosamiento de las raíces, semanas 7 y 8.

Junto a las altas temperaturas las condiciones de sequía al momento de la siembra, así como también los bajos tenores de oxígeno provocados por riegos excesivos al momento de la siembra, son las causas más frecuente de la baja germinación y emergencia (García de Souza, 2002). La época más crítica de déficit de agua para el cultivo de la zanahoria es el verano. Este factor sumado a las altas temperaturas en esos meses, hace que se deban tomar medidas especiales al momento de implantar los cultivos. Las siembras de verano requieren de riegos frecuentes, especialmente en la etapa inicial del cultivo desde la emergencia hasta 4 a 6 hojas desarrolladas, y coberturas orgánicas (pasto) para evitar la incidencia de las altas temperaturas en la germinación (Imparatta, 1986).

Según Aldabe (2000), la mayor parte de los cultivos de zanahoria se hacen en seco, solamente se riegan los cultivos tempranos de enero y febrero y los de finales de primavera y verano. En épocas de sequía, se producen raíces más largas y descoloridas. En cambio con excesos de humedad las raíces se rajan. Imparatta (1996), por su parte, recomienda mantener un nivel constante de humedad en el suelo, teniendo en cuenta su textura.

Suelos excesivamente húmedos y poco aireados ejercen una influencia negativa sobre el color (Oliva, 1992). Suelos aireados y con mayor temperatura dan raíces más coloreadas. Bang (1963), llevó a cabo una serie de experimentos para estudiar la interacción entre la humedad del suelo y la temperatura del mismo y cómo éstos afectan el contenido de carotenos de las raíces que crecían en esas condiciones. En macetas comparó un suelo arenoso (seco) que tenía menor capacidad de retener agua para las plantas en contraste con un suelo arcilloso (húmedo) con mayor capacidad de retener agua disponible. En las macetas con suelo arenoso el contenido de caroteno de la raíz siempre fue mayor a la maceta con suelo arcilloso. También se constató que la temperatura en las macetas con suelo arenoso fue ligeramente superior a las que tenían suelo arcilloso.

2.1.3.3 Efecto de la luz y el fotoperíodo

La luz influye directamente en las etapas de floración y desarrollo vegetativo, ejerciendo un efecto benéfico sobre el crecimiento del cultivo, siendo importante su intensidad y duración.

La acumulación de materia seca en la raíz es favorecida por altas tasas lumínicas y mayor cantidad de horas de luz, al favorecer la fotosíntesis aumenta la producción de carbohidratos que serán almacenados. Los días largos fomentan la síntesis de carotenos y su acumulación en la raíz (INVUFLEC, citado por García de Souza, 2002). Según Goncalves de Pauda, citado por Malán y Reyes (1997), el fotoperíodo afecta la calidad de las raíces, principalmente el tenor de carotenos, observándose que con largo de fotoperíodo entre 9 a 14 horas es mayor el tenor de carotenos que con 7 horas.

2.2 RECURSOS GENÉTICOS DE ZANAHORIA

Según FAO (2010) “*los recursos fitogenéticos son un recurso estratégico y el factor clave de la agricultura sostenible, es el material hereditario con valor económico, científico o social contenido en las especies, conformando parte de la biodiversidad*”. Las especies agrícolas derivan de la utilización de las especies silvestres, domesticadas y adaptadas al ambiente físico y biológico. Según Sarandón (2002) esta variabilidad genética presenta potencial de adaptación a condiciones ambientales desfavorables.

Rivas (2008) define como recurso genético al “*material genético y bioquímico de especies de la flora autóctona, de especies naturalizadas y de especies domesticadas en que exista diversidad genética propia. Los conocimientos tradicionales y culturales se encuentran asociados a los Recursos Fitogenéticos*”

Los recursos genéticos son parte de la diversidad biológica de un lugar y por tanto de los ecosistemas que se encuentran en la naturaleza y en las comunidades rurales en manos de sus agricultores y mujeres rurales (Quiroz, 1996).

La distribución de la diversidad a nivel mundial se clasifica según centros de diversidad primarios y secundarios, siendo Asia Central y Asia Menor el centro del origen primario de la especie *Daucus carota L. var. Sativus* (Oliva, 1992). Su mayor variabilidad genética se encuentra en la región mediterránea y más especialmente al norte de África (Camadro, 2008). Las raíces blancas se asocian a Europa Occidental derivadas de zanahorias púrpuras y amarillas originadas en Asia Central. Los colores anaranjados derivan de la selección de agricultores europeos a partir de las amarillas (Oliva, citado por Schäfer, 2002). Según FAO (2010), para aquellas economías basadas en la agricultura, las variedades locales producidas por los agricultores son aún la base de la producción y la seguridad alimentaria local, llegando a posicionarse con precios diferenciados en mercados especializados para productores regionales y locales.

Según Ferrer y Clausen (2001) la diversidad ambiental en el Cono Sur ha determinado la existencia de centros de diversidad primarios (especies nativas) y centros de diversidad secundarios (variedades criollas). Estas últimas componen un importante número de razas locales de papa, maíz, porotos, maní, batata, ajíes, así como especies frutales, forrajeras, medicinales y aromáticas, conformando una amplia base genética utilizada en programas de mejoramiento.

Uruguay no forma parte de los centros de diversidad de las especies hortícolas, sin embargo los procesos migratorios de finales del siglo XIX y principios del siglo XX y el desarrollo y selección de sus cultivos hace de las variedades locales, los recursos genéticos de los principales cultivos hortícolas que se plantan en el país (González

Idiarte, 1998), siendo por tanto un centro de diversidad secundario para variedades criollas (Condon, 2001).

La diversidad genética permite tanto la evolución de los ecosistemas naturales como las modificaciones intencionadas de los sistemas de producción. Frente a situaciones cambiantes, naturales o impuestas por el hombre, la variabilidad genética existente permite la aparición de nuevos genotipos adaptados a las nuevas situaciones (González Idiarte, 1998).

La pérdida de estos recursos genéticos en la actualidad se ha acelerado, por la migración de las poblaciones rurales a los centros urbanos, la sustitución por variedades modernas, la presión de los consumidores por productos más homogéneos, los cuales, sumados a la escasez y debilidad de los programas de mejoramiento genético nacionales han llevado a la erosión genética de los cultivos, estrechando la base genética de los mismos y la pérdida de los conocimientos asociados (González Idiarte, 1998).

2.2.1 Poblaciones locales

Las poblaciones locales también llamadas variedades locales, criollas o landraces, son materiales genéticos, de especies cultivadas que surgen del resultado de los procesos de selección natural y dirigida, realizada por agricultores a lo largo de décadas. Resultan de la interacción entre su capacidad genética y el ambiente, el cual está constituido por el clima local, el tipo de suelo y el sistema de manejo (Dogliotti y Tomassino 1991, Galván 2005).

En el país estas variedades se originaron a partir de materiales genéticos introducidos por las corrientes inmigratorias que llegaron a Uruguay a partir del siglo XVIII, las cuales a lo largo de las décadas multiplicaron artesanalmente su semilla, aplicando criterios de selección al elegir las plantas progenitoras año tras año. Este proceso se mantiene dentro de la agricultura familiar, dando origen a las poblaciones locales con adaptación productiva a nuestras condiciones edafoclimáticas y ambientales (González Idiarte, 1998). Estos sistemas de multiplicación *“tiende al mantenimiento de la biodiversidad, por el espectro de ambientes y condiciones de cultivo en cada predio, y por la diversidad en los criterios de selección entre productores”* (Galván, 2005).

La conservación y multiplicación de las PL forma parte de prácticas productivas sustentables dada su baja dependencia de insumos externos al predio, lo que otorga una mayor autonomía al conformar un sistema generador de bienes múltiples (Ayala y Guerrero, 2009). La diversidad genética de los cultivos es una fuente potencial de resistencia a plagas, enfermedades y adaptación a condiciones locales, representando

una alternativa frente al uso de variedades genéticamente uniformes que aumentan la fragilidad del sistema (Sarandón, 2002).

Para la producción familiar estos mecanismos de adaptación, conviven con las tecnologías y manejos propios de este tipo de agricultura y por tanto tiene entre otros beneficios menores costo de producción. El desarrollo de variedades nacionales y el mantenimiento de las variedades locales se presentan como alternativa tecnológica apropiada para la producción familiar. En todos los casos la variabilidad genética de las poblaciones locales asegura una mejor respuesta a la variabilidad ambiental. Una población con mayor diversidad genética es más adaptable en su respuesta al ambiente que una población de individuos genéticamente mas uniformes (Allard, 1996).

2.2.2 Adaptación y mejoramiento de poblaciones locales

La potencialidad natural de una PL resulta en una alta adaptación al medio con capacidad de prosperar en sistemas más rústicos y ambientes menos favorables. Según Pérez de la Vega (1996), tanto el suelo como el clima, ambos componentes abióticos del ambiente, determinan la fertilidad y energía existente en el ecosistema, confiriendo características físicas y químicas, que determinan la adaptación evolutiva de las plantas.

Evidencia de esto es la distribución geográfica de especies y ecotipos y sus diferentes mecanismos fisiológicos y de desarrollo. Esta alta diversidad genética y adaptación, es medible en el resultado productivo, el rendimiento de los órganos cosechables y su resistencia, que a diferencia de las variedades comerciales mejoradas no requieren de un manejo exigente en altos niveles de insumos externos al predio requeridos para un correcto desempeño productivo (Dogliotti y Tomassino, 1991). Según Allard (1988), el desafío para las especies cultivadas, se centra en el equilibrio entre la optimización de la productividad, y por tanto su habilidad para vivir, y la capacidad de reproducirse, como es el caso de muchos de los cultivos hortícolas (Pérez de la Vega, 1996).

En zanahoria, Oliveira et al. (2008) indican que los genotipos tienen diferentes comportamientos según el ambiente en que se desarrollen. La variabilidad ambiental dado por las fechas de siembras y las localidades interfieren en la adaptación y estabilidad de los materiales, y por tanto en el desarrollo. El rendimiento de los mismos determina un comportamiento diferencial en función de la interacción genotipo ambiente, cultivares que evaluados experimentalmente con un buen desempeño productivo, pueden llegar a ser distinto según la localidad (Oliveira et al. 2008), dificultando identificar cultivares promisorios (Pereira y Costa, 1998).

En la región las restricciones asociadas a componentes productivos de la producción de zanahoria, han sido superadas por mejoramiento genético mediante mecanismos de selección. En Argentina el mejoramiento de color se hizo mediante selección visual de las raíces (Ventretera et al., 2013). Según Olegario y Vidal (2008) la heredabilidad es alta, por encima del 80%, para rendimiento, diámetro de raíz, diámetro de xilema y para la relación diámetro de xilema/ diámetro de floema; relativamente alta para largo de raíz, tipo de punta, en cambio determinó valores bajos para color de floema. A mayores coeficientes de heredabilidad de los caracteres mayor es la respuesta a la selección. Así mismo encontró que el ambiente determina la expresión del genotipo, dada por la respuesta al ambiente de cada genotipo, lo que determina la necesidad de evaluarlos en cada localidad.

En Uruguay las zanahorias del país o criollas presentan menor aceptación comercial, siendo el color de su médula la principal limitante. Rachetti (2006) indica que las PL presentan variabilidad en los atributos que determinan la calidad externa de la raíz como ser largo, forma, color y tipo de punta, principales caracteres de selección. Según Olivera (1987), las características externas de la raíz no son los únicos factores determinantes de la calidad comercial del producto, también existen otras características de importancia tales como el color interno, el cilindro central reducido (alta proporción floema/xilema), y las propiedades organolépticas. Se da mayor importancia a las características de calidad de la raíz, en especial aquellas que la hacen visualmente más atractiva (Rubatzky et al., citados por Rachetti, 2006).

Para Galván et al. (2005) estos materiales presentan ventajas “*respecto a rendimiento, resistencia a enfermedades, floración y atributos de calidad de la raíz, lo que demuestra la potencialidad de este germoplasma para la creación de variedades nacionales de verano*”. A pesar de las deficiencias en sus aptitudes comerciales tiene un comportamiento aceptable bajo condiciones climáticas extremas especialmente en períodos de déficit o excesos hídricos.

2.2.3 El uso de poblaciones locales hortícolas en Uruguay

En Uruguay existen varias experiencias de mejoramiento genético partiendo del germoplasma local, lo cual permitió el aprovechamiento de la adaptación de estos materiales y su mantenimiento en uso, como es el caso de la cebolla (*Allium cepa*), y ajo (*Allium sativum*) (Galvan et al., 2005). En el caso de zanahoria se ha desarrollado material avanzado en base a poblaciones locales.

En las últimas décadas disminuyó la superficie destinada al cultivo de zanahoria y por consiguiente la cantidad de semilla utilizada, existiendo una sustitución de

variedades locales por importadas. El número de explotaciones menores a 2 ha en producción y que cultivan zanahoria representan el 70% de los establecimientos, en tanto que la superficie que concentran este cultivo es del 25% (MGAP. DIEA, 2010).

Dogliotti y Tommasino (1991) realizaron una clasificación de las hortalizas según el origen de la semilla, para el caso del cultivo de zanahoria estimaron el uso de un 20 a 50% de semilla nacional, para el periodo 1980-1986. Posteriormente Galván (2005), señala que las siembras de zanahorias de verano se realizaron con un 20% de semilla propia. Para este trabajo tomando los datos de superficie sembrada y semilla importada se calculó la producción estimada de semilla nacional de zanahoria para el periodo 2004-2007 (Cuadro No.1).

Cuadro No.1. Producción de semilla nacional de zanahoria para los períodos 1980-1986 y 2004-2007

Años	Superficie sembrada promedio anual	Densidad de Siembra	Demanda Total de Semilla	Importación	Producción Nacional	% de semilla nacional
	(ha)	(kg/ha)	(kg)	(kg)	(kg)	
1980-1986*	2.588	3	7.764	5.629	2.135	27
2004-2007	1.994**	3	5.981	4.909 ²	1.072	18

* Elaborado a partir de Dogliotti y Tommasino (1991)

**MGAP. DIEA (2004, 2005, 2006, 2007)

Según datos de importación de semilla publicados por INASE y superficie cultivado publicados por MGAP. DIEA (2008), tomando una densidad de siembra de semillas de 3 kg/ha usada comúnmente y deduciendo los volúmenes importados, la cantidad de semilla propia utilizada en los predios disminuye al 18% desde 1986 a 2007, lo que estaría marcando la creciente sustitución de variedades locales por importadas.

² INASE (Instituto Nacional de Semillas). s.f. Importación anual de semilla de zanahoria (sin publicar).

2.2.4 Producción de semillas de poblaciones locales de zanahoria

Según Dogliotti y Tommasino (1991) en el país no se realizan cultivos destinados únicamente a la producción de semillas. En ese mismo estudio se determinó que las distintas poblaciones locales se mantenían entre 15 y 45 años dentro del predio. La selección masal realizada en los predios se hace bajo dos métodos de multiplicación, el método semilla- raíz- semilla donde las raíces son cosechadas, seleccionadas y plantadas nuevamente y el método semilla- semilla donde se deja el cultivo comercial semillar (Rachetti, 2006). De las siembras realizadas a fines de verano, llegado el momento de la cosecha se seleccionan algunas raíces que se vuelven a sembrar inmediatamente para producir semilla, o bien se dejan sin cosechar algunos canteros con este mismo fin. Los meses de siembra de la raíz son junio, julio y agosto. Los criterios de selección de raíz son por color externo anaranjado fuerte descartando raíces rojas o blancas. Para González Idiarte (2012), el color interno naranja sería el principal objetivo de selección; la forma preferida troncocónicas con punta roma o redondeada. Las bifurcadas, rajadas o con punta aguda son eliminadas. El tamaño buscado, es de aproximadamente 3 a 5 centímetros de diámetro y 15 centímetros de largo. Otras características que se buscan es que las raíces sean de piel lisa, sin hombros verdes, poco follaje e inserción fina de las hojas en el cuello.

Dogliotti y Tommasino (1991) describen el manejo del cultivo que los productores realizan para la producción de semillas: densidad de siembra de 25.000-30.000 plantas/hectárea, bajo niveles de insumos externos, algunos casos con fertilización nitrogenada durante desarrollo de follaje, control de malezas manual, prácticamente sin controles fitosanitarios, ni riego, sólo en ocasiones durante el periodo de floración y crecimiento de la semilla. Cosecha de la semilla en enero en dos o tres pasadas cortando las umbelas de color pardo con semillas de color oscuro. El secado, la trilla y la limpieza se realizan en forma artesanal. En las últimas décadas se verifica una intensificación en el método de producción de semillas de zanahoria.

Según González Idiarte (2012), en la producción de semilla de zanahoria las principales prácticas de manejo utilizadas son: densidades 31.000 y 39.200 raíces/ha a distancias entre 25 y 35 centímetros entre filas, 82% de los cultivos fertilizados, 55% con abonos orgánicos y 27% con fertilizantes químicos, control de malezas en todos los casos, de los cuales el 45% usa herbicida. La cosecha se realiza en forma escalonada entre mediados de diciembre a mediados de enero, priorizando las umbelas grandes. El 73% guarda las umbelas sin trillar en bolsas colgadas, y el 27% guarda la semilla trillada.

En ninguno de los dos sistemas de producción de semilla la coloración interna y diámetro de xilema son características preponderantes en la selección. En el método semilla- semilla no existe selección por características de raíz, mientras que en el método semilla- raíz- semilla, las raíces se evalúan principalmente por color externo, forma y calidad de la piel.

2.3 EL SUELO EN EL CULTIVO DE ZANAHORIA

2.3.1 Localización y características de las zonas de cultivo

Los cultivos hortícolas incluyendo a la zanahoria, históricamente fueron plantados en pequeñas chacras próximas a la ciudad de Montevideo, principal consumidor, migrando posteriormente a zonas con mejores condiciones agroclimáticas (González et al., 1989). En la actualidad, el cultivo está ampliamente difundido en la zona sur de Uruguay, según Aldabe (2000) el mayor volumen de producción en la zona sur, se realiza en los departamentos de Montevideo, Canelones y San José. Canelones, es el departamento con mayor producción y más número de productores, las principales zonas productoras son Pando, Rincón de Pando, San Jacinto, Pantanoso del Sauce y Sauce para los cultivos que se cosechan desde abril hasta octubre. San Antonio y Canelón Grande lo hacen hasta el mes de diciembre inclusive, aprovechando condiciones de suelo favorable.

2.3.2 Descripción de los suelos predominantes usados para el cultivo de zanahoria en la zona sur del país

La zanahoria para su crecimiento requiere suelos profundos, bien estructurados, ricos en materia orgánica, con buen drenaje pero que permitan una alta retención de agua. Suelos pesados con impedimentos físicos para el crecimiento de la raíz, o que se encostren fácilmente en superficie, son limitantes para el desarrollo del cultivo (Imparatta, 1996).

Canelones es el departamento de mayor concentración de producción y que alberga el mayor número de productores, con suelos predominantemente de textura arcillosa (Brunosoles y Vertisoles) con un alto grado de deterioro. Estos presentan un horizonte B textural que dificulta la evacuación del agua especialmente en los meses de invierno (Aldabe, 2000). Como ventajas estos suelos presentan una buena fertilidad,

estructura estable, alto contenido de materia orgánica, buena profundidad y alta capacidad de retener agua. Como desventajas, existe una dificultad en la penetración radicular que produce una pérdida de potencial productivo (García de Souza, 2002).

Según García de Souza (2002), los suelos livianos, de textura areno- arcilloso o franco- arcilloso obtienen mejor desarrollo de raíces, mientras que suelos pesados, con alto contenido de arcillas es imprescindible que posean una buena estructura para el buen desarrollo radicular. Los suelos arcillosos mal estructurados o compactados, inducen a la formación de raíces cortas, gruesas y bifurcadas, aumentando el porcentaje de descartes.

2.3.2.1 Vertisoles

“Los Vertisoles son suelos muy oscuros o negros, de texturas finas o muy finas, de diferenciación textural mínima o nula, que poseen una alta capacidad para contraerse y expandirse con los cambios de humedad. Tienen una alta capacidad de retención de agua y una elevada capacidad de intercambio catiónico, junto con un alto contenido de materia orgánica” (Durán y García Préchac, 2007b).

2.3.2.2 Brunosoles

“Los Brunosoles son suelos oscuros, con contenidos elevados de materia orgánica, texturas medias en los horizontes superficiales, alta saturación de bases en todo el perfil y diferenciación textural variable aunque predominantemente media a alta” (Durán y García Préchac, 2007b).

2.3.3 Principales problemas de los suelos utilizados y sus consecuencias sobre el cultivo

Las recomendaciones para el cultivo de zanahoria se basan en suelos con buena textura y estructura para obtener buena performance del cultivo en rendimiento y calidad de raíces (Malán y Reyes, 1997). Suelos muy pesados o compactados producen una significativa reducción del rendimiento comercial, dada la alta resistencia que opone el suelo al crecimiento de las raíces. Sin embargo esta resistencia del suelo se encuentra relacionada al contenido de humedad del mismo, explicando que es posible producir

zanahorias largas y finas en suelos pesados con adecuada humedad (Oliva, 1992). Estos adecuados niveles de humedad mejoran la absorción de nutrientes. Por otro lado el estado de saturación del suelo en etapas tempranas deprime el crecimiento y daña las raíces (García de Souza, 2002).

Tamet et al., citados por García de Souza (2002), señalan como causa de disminución del porcentaje de emergencia y su enlentecimiento, al aumento en la profundidad de siembra y la presencia de obstrucciones mecánicas en la superficie. Varía del 94% de germinación, cuando no existe capa encostrada y sembrada a una profundidad de 1 cm, al 34% de germinación con una costra superficial de 5 mm de espesor y una profundidad de siembra de 3 cm.

Mann y Mac Gillivray, citados por García de Souza (1993), señalan que la variación de tamaño de la raíz está relacionada al periodo de germinación de la semilla. Cuanto mayor sea la velocidad de germinación, mayor será la ventaja comparativa en anticipar su crecimiento y una mejor calidad. La velocidad de germinación es directamente afectada por las condiciones físicas del suelo, regulando la dinámica del aire y del agua.

Se destacan como mayores problemas en la zona sur la erosión y la degradación de suelos, debido al manejo inadecuado del suelo y la pobre incorporación de restos orgánicos. La erosión es la *“pérdida de material del suelo en un lugar concreto del paisaje y su correspondiente deposición en otra, siendo en nuestro país el agente de erosión el agua, principalmente el golpeteo de las gotas de lluvia”*. Al quedar desnudo el suelo por el laboreo, se rompe el equilibrio, disminuyendo la protección de la cobertura vegetal que la protege y la cantidad de restos orgánicos que se incorporan a éste, cambiando los regímenes hídricos, térmicos y gaseosos. La degradación del suelo es la *“pérdida o empeoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, las cuales actúan como medio de crecimiento de las plantas. Estos cambios además de acelerar la erosión, generan otros cambios que determinan degradación, cuyo indicador más evidente es la disminución del contenido de materia orgánica de los suelos”* (Durán y García Préchac, 2007b).

Según García de Souza (1993), los problemas de mayor importancia que resultan en menores rendimientos son la existencia de grandes extensiones de suelos degradados y muy erosionados, con un horizonte superficial poco profundo que presenta disminuido su contenido de materia orgánica, afectando su productividad, debido al agravamiento de las propiedades físicas del suelo, provocados por un manejo extractivo que no contempla la reposición de la misma. Estudios realizados en distintos suelos del Departamento de Canelones, mostraron variaciones en la disponibilidad de agua, que limita el crecimiento de cultivos durante el periodo desde diciembre a marzo. Para cultivos que se desarrollan en invierno, los factores limitantes son la fertilidad natural, el riesgo de erosión, exceso de agua y la dificultad de laboreo.

La materia orgánica es sustrato de la actividad biológica del suelo, la cual es origen de sus propiedades biológicas. Éstas son determinantes del desarrollo de estructura y porosidad. La materia orgánica desde el punto de vista físico interviene en la dinámica del agua, del aire y por lo tanto del calor, así como en la resistencia a la erosión del suelo. Aporta nutrientes, entre los que se encuentran el nitrógeno y el azufre y actúa como regulador del pH del suelo (Durán y García Préchac, 2007a).

2.4 USO DE DESCRIPTORES DE LA ZANAHORIA

Las características morfológicas observables y medibles de las plantas son atributos claves para la caracterización y evaluación de los cultivos. Estos rasgos medibles son definidos como descriptores, *“un descriptor se define como un atributo, característica o rasgo medible que se observa en una accesión de un banco de germoplasma”* (Bioversity International, 2007). El uso de descriptores permite medir indirectamente la diversidad genética, vista como el resultado de la expresión fenotípica. Facilita la clasificación, almacenamiento, intercambio y uso del material genético (Puppo, 2008).

Los descriptores pueden clasificarse por categoría: pasaporte, manejo, sitio y medio ambiente, caracterización y evaluación, según IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute, 1998). Y según el tipo de información que brinda en cualitativos: expresan estados discontinuos y cuantitativos: medido con valores reales en una escala continua. A su vez los descriptores cualitativos se sub clasifican en nominales, que proveen números que corresponden a nombres o etiquetas de clases diferentes sin orden lógico y los ordinales donde la escala provee números a clases que siguen un orden (Bioversity International, 2007).

2.4.1 Descriptores de caracterización

“Permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos. Generalmente son caracteres altamente heredables, pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales considerados deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular” (IPGRI, 1998). Dentro de este descriptor podemos encontrar variables cuantitativas y cualitativas.

2.4.2 Descriptores de evaluación

La expresión de muchos de los descriptores de esta categoría depende del ambiente y, en consecuencia, se necesitan métodos experimentales especiales para evaluarlos. Este tipo de descriptores incluye caracteres como rendimiento, productividad agronómica y susceptibilidad al estrés (IPGRI, 1998).

2.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO

- Existe diversidad genética en las poblaciones locales de zanahoria colectadas, en cuanto a características agronómicas y de calidad externa e interna.
- Existe interacción entre el ambiente y el genotipo de poblaciones locales de zanahoria y selecciones avanzadas, un mismo material se comporta diferente al crecer en diferentes sitios; variando el manejo del predio, suelo y clima.
- Las poblaciones locales presentan mayor adaptación productiva que las variedades importadas en el ciclo de verano.
- Es posible avanzar en la coloración interna de la zanahoria a través del mejoramiento genético.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 POBLACIONES LOCALES, SELECCIONES AVANZADAS, LÍNEAS ENDOCRIADAS Y VARIEDADES UTILIZADAS

Se utilizaron 5 Poblaciones Locales (Becaría, González, Guarisco, Rodríguez y Vega), una selección avanzada (CRS), un cruzamiento de una línea endocriada (CRS 30) y una variedad comercial anual (Kuroda) como testigo (Cuadro No.2). La variedad testigo Kuroda fue utilizada por ser la variedad mas plantada por los productores en la siembra de marzo. Las poblaciones locales provienen de una colecta realizada en el año 2004, en los departamentos de Canelones y San José (Rachetti, 2005).

Cuadro No.2. Origen de los materiales genéticos utilizados

Población	Productor	Dirección	Sitio
Becaría	Níber Becaría	Ruta 86, km 51	Costas de Pando (Canelones)
CRS (a)	Centro Regional Sur	Camino Folle, km 35,500	Progreso (Canelones)
CRS 30 (b)	Centro Regional Sur	Camino Folle, km 35,500	Progreso (Canelones)
González	Mario González	Cno. Rincón de Pando	Rincón de Pando (Canelones)
Guarisco	Miguel Guarisco	Ruta 101, km 24,5 (Camino San Juan)	Carrasco (Canelones)
Rodríguez	Jorge Rodríguez	Ruta 1 vieja, km 32 (Calle Espínola)	Rincón de la Bolsa (San José)
Vega	Fabián Vega	Ruta 11, km 118	Costas de Pando (Canelones)

(a) Población con cuatro ciclos de selección masal, realizado en el Centro Regional Sur a partir de la Población Local de Juan Ángel Medina (Pantanoso del Sauce, Canelones).

(b) Material genético obtenido a partir de cruzamientos de líneas endocriadas de la Población CRS.

3.2 SITIOS UTILIZADOS

Los sitios se encuentran conformados por la interacción entre las localidades donde se encuentra cada uno de ellos, el suelo que presenta cada localidad, el manejo cultural que realiza cada productor en el cultivo y el clima. Estos factores son los que componen la variabilidad entre los sitios.

3.2.1 Descripción de las localidades

Los ensayos fueron instalados en cuatro localidades, representativas de las zonas de producción de zanahoria del sur del país, en los departamentos de Canelones y San José. Estos fueron el Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía, ubicado en camino Folle sin número (Canelones); los otros tres ensayos fueron realizados en distintos predios de productores, en las localidades de Costas de Pando (CP), Ruta 11 km 118 (Canelones); San Antonio (SA), Ruta 33, Km 55 (Canelones) y Rincón de la Bolsa (RB), Ruta 1 vieja, Km 32 (San José).

3.2.2 Características de los suelos presentes en cada localidad

- Centro Regional Sur

El ensayo se realizó en el Campo Experimental de Horticultura del Centro Regional Sur, de la Facultad de Agronomía, ubicado en la zona de Juanico. El mismo se llevó a cabo sobre un suelo Brunosol Eutrítico Típico, con pendiente suave, alto contenido de materia orgánica, profundo y con una alta capacidad de retención de agua. El horizonte A es de color pardo grisáceo, de textura franco limoso, 20 cm de profundidad y abundante presencia de raíces. A este le sigue un horizonte B textural, que dificulta el drenaje, con presencia de raíces. A partir de los 55 cm presencia de concreciones de carbonato de calcio, que aumentan en profundidad. A continuación se presenta la descripción del perfil de suelo utilizado en el ensayo (Cuadro No.3).

Cuadro No. 3. Descripción del perfil de suelo para el sitio Centro Regional Sur

Horizonte	Profundidad	Color	Textura	Estructura	Otros
A	0-20	Pardo grisáceo oscuro	Franco Limoso	Bloques subangulares	Raíces abundantes
Bt	20-25	Pardo grisáceo oscuro	Arcillo sos	Bloques angulares	Presencia de raíces
B	25-55	Pardo muy oscuro	Arcillo so	Bloques angulares	Moteado y películas de arcilla
B-C	55-80	Pardo	Arcillo so Limoso		Presencia de concreciones de CaCO ₃ , moteado
C	80-+	Pardo amarillento	Arcillo so Limoso		Concreciones CaCO ₃ abundantes

- Costas de Pando

Los suelos presentes en la zona Costas de Pando son de color negro, profundos, con alto contenido de materia orgánica y alta retención de agua. El ensayo se llevó a cabo en un suelo Brunosol Eutrítico Típico con pendiente suave. El horizonte A es de color pardo muy oscuro, de textura franca, 25 centímetros de profundidad y abundante presencia de raíces. Presenta un horizonte B textural de gran espesor con presencia de raíces y un horizonte C a los 60 cm con concreciones de carbonato de calcio. A continuación se presenta la descripción del perfil de suelo utilizado en el ensayo (Cuadro No.4).

Cuadro No. 4. Descripción del perfil de suelo para el sitio Costas de Pando

Horizonte	Profundidad	Color	Textura	Estructura	Otros
A	0-25	Pardo muy oscuro	Franco Limoso	Bloques subangulares medios	Raíces abundantes
Bt	25-60	Pardo oscuro	Arcillo Limoso	Bloques subangulares medios	Presencia de raíces
Cca	+60	Pardo	Arcillo Limoso	Bloques angulares medios moderado	Presencia de CaCO ₃

- Rincón de la Bolsa

Los suelos presentes en la zona de Rincón de la Bolsa tienen como características un mayor contenido de arena en su conformación, lo que resulta en suelos más livianos, de colores claros, con bajo contenido de materia orgánica y baja retención de agua. El ensayo fue realizado en un suelo Brunosol Subeutrico Típico en una ladera orientada al sur con pendiente media. El horizonte A es de color pardo grisáceo, de textura franca, 25 cm de profundidad y abundante presencia de raíces. Presenta un horizonte B de textura arcillo limosa con raíces y un horizonte C a partir de los 50 centímetros con concreciones de carbonato de calcio. A continuación se presenta la descripción del perfil de suelo utilizado en el ensayo (Cuadro No.5).

Cuadro No. 5. Descripción del perfil de suelo para el sitio Rincón de la Bolsa

Horizonte	Profundidad	Color	Textura	Estructura	Otros
A	0-25	Pardo grisáceo	Franco	Bloques angulares medios fuertes	Raíces abundantes
Bt	25-50	Pardo oscuro	Arcillo Limoso	Bloques angulares medios moderado	Presencia de raíces
Cca	>50	Pardo	Franco Arcillo Limoso	Bloques angulares medios moderado	Presencia de CaCO ₃

- San Antonio

La zona de San Antonio se caracteriza por presentar suelos profundos, con alta retención de agua y alto contenido de materia orgánica, los cuales en sus orígenes fueron muy fértiles. En la actualidad luego de décadas de agricultura con pocas o ninguna medida de conservación, los suelos se encuentran degradados viéndose disminuida su fertilidad natural. El ensayo se realizó en un suelo Vertisol Rúptico Lúvico, ubicado en una zona alta del terreno. El horizonte A es de textura franco arcillo limosa, de 20 cm de profundidad, con abundante presencia de raíces, al que lo sigue un horizonte B textural rico en arcilla el cual dificulta el buen drenaje. El horizonte C presenta concreciones de carbonato de calcio. A continuación se presenta la descripción del perfil de suelo utilizado en el ensayo (Cuadro No.6).

Cuadro No. 6. Descripción del perfil de suelo para el sitio San Antonio

Horizonte	Profundidad	Color	Textura	Estructura	Otros
A	0-20	Negro	Franco arcillo limoso	Bloques subangulares medios	Presencia de raíces abundantes
Bt	20-70	Negro	Arcillo limoso	Bloques angulares gruesos	Presencia de raíces
Cca	+70	Pardo oscuro	Franco arcillo limoso		Presencia de CaCO ₃ . Caras de deslizamientos

3.2.3 Características físico-químicas de los suelos presentes en cada localidad

En los Cuadros No.7 y 8 se presentan las características químicas y físicas de los suelos utilizados para los ensayos. Los suelos en los sitios CRS, Costas de Pando y San Antonio, ubicados en el departamento de Canelones pertenecen a la Unidad Taladro-Rodríguez, cuyo material generador son sedimentos limo-arcillosos de Formación Libertad, sobre Formación Raigón. El relieve es de lomadas suaves. La mayor parte de esta amplia zona está ocupada por suelos Vertisoles. Las laderas son ocupadas por Brunosoles. Las zonas aplanadas, y concavidades a ellas conectadas, están ocupadas respectivamente por Planosoles y Argisoles. El sitio Rincón de la Bolsa pertenece a la Unidad Angostura, su material generador son arenas recientes y sedimentos arenos-arcillosos cuaternarios. El relieve está compuesto por llanuras altas, medias, y lomadas suaves costeras. Los suelos dominantes son Planosoles, los cuales ocurren en las partes altas del terreno. También se encuentra en esta Unidad Arenosoles y Argisoles.

Cuadro No. 7. Propiedades químicas de los distintos suelos utilizados en los ensayos

Localidad	pH H ₂ O	pH KCl	MO (%)	P (ppm)	K *	Ca *	Mg *
CRS	6,2	5,5	3,7	>60	1,29	14,6	3,4
CP	5,0	4,4	3,0	>60	0,78	7,4	2,3
RB	5,6	4,5	1,2	>60	0,6	2,8	0,7
SA	7,4	6,5	2,6	32	0,89	30,3	3,9

*Meq/ 100 g de suelo

Cuadro No. 8. Propiedades físicas de los distintos suelos utilizados en los ensayos

Localidad	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
CRS	24	44	32	Franco Arcilloso
CP	42	31	27	Franco-Franco limoso
RB	63	22	15	Franco arenoso
SA	23	32	45	Arcilloso-Franco arcilloso

3.2.4 Manejo del cultivo y uso previo del suelo

Las parcelas fueron instaladas dentro de cuadros comerciales de productores, dentro de cada sitio, las cuales fueron manejados de la misma manera que el cultivo comercial.

La siembra se realizó en forma manual, ajustando la cantidad de semilla a sembrar por el porcentaje de germinación y el peso de semilla, obteniendo el mismo número de semillas/ha para las distintas poblaciones en los cuatro sitios. La siembra fue realizada en el mes de marzo de 2008. La cosecha de los ensayos fue manual y coincidió con la cosecha realizada por el productor para su cultivo comercial. El laboreo, fertilización, momento y cantidad de riego, manejo de malezas y el control de plagas y enfermedades fue realizado por cada productor de la misma manera que para el cultivo comercial. Los requerimientos de agua de los cultivos fueron determinados empíricamente por el productor.

- Centro Regional Sur

La siembra se realizó el 13 de marzo, en parcelas de 8 metros de largo y 1,5 metros de ancho. La cantidad de semilla sembrada por hectárea fue de 3,3 kilogramos. El laboreo de suelo consto de dos pasadas con arado, encanterado y una pasada de rastra previa a la siembra. La fertilización química y con abono de pollo se realizó al semillero de cebolla instalado previamente, los mismos entran en una rotación con cultivos hortícolas y abonos verdes. No se refertilizó con nitrógeno. Se rego al momento de la siembra para lograr una buena emergencia, no realizándose riegos posteriores. El control de malezas fue realizado con 1 litro/ ha de Linuron y 0,5 litros/ha de Metribuzin. No realizándose control de plagas ni enfermedades.

En este predio se realizan los ensayos con las distintas especies hortícolas en estudio. Los cultivos realizados en este predio son cebolla para guarda, semillero de cebolla, ajo, zanahoria y boniato, que rotan con abonos verdes de gramíneas. Para la mantención de las propiedades químicas y físicas del suelo además de la incorporación de abonos verdes se realizan enmiendas orgánicas con cama de pollo. Este manejo tiende a que el suelo permanezca el menor tiempo posible sin cobertura vegetal, disminuyendo la erosión. El cultivo previo a la instalación del ensayo fue semillero de cebolla.

- Costas de Pando

El ensayo fue sembrado el 10 de marzo, en parcelas de 8 metros de largo y 1,22 metros de ancho. La cantidad de semilla por hectárea fue de 4,09 kilogramos. El laboreo de suelo constó de una pasada de arado de reja, una pasada de disquera y encanterado. El cantero fue rebajado con una pasada de rastra inmediatamente antes de la siembra. La fertilización de base fue realizada con cama de pollo a razón de 20 t/ha. La re fertilización se realizo a mitad de ciclo con 80 kg/ha de urea. Se rego al momento de la siembra para lograr una buena emergencia, no haciendo riegos posteriores. El control de malezas se realizó con 1 litro/ha de Linuron y 0,5 litros/ha de Metribuzin.

En el predio se realiza horticultura en rotaciones cortas con abonos verdes de avena y aporte de cama de pollo, y rotaciones largas de cuatro años con praderas. Estos manejos de recuperación del suelo junto a largos periodos con el suelo cubierto permiten que el contenido de materia orgánica sea alto y que la estructura del suelo sea buena, lo que le confiere una alta fertilidad. Los principales cultivos hortícolas a los cuales se dedica el productor son zanahoria, tomate, puerro y cebolla, coexistiendo en el predio la producción hortícola con la ganadera. El cultivo previo realizado en la parcela donde se instaló el ensayo fue puerro.

- Rincón de la Bolsa

La siembra se realizó el 13 de marzo, en parcelas de 6 metros de largo y 1,7 metros de ancho. La cantidad de semilla por hectárea fue de 3,9 kilogramos. El laboreo de suelo consistió en una pasada con arado de vertedera, una pasada de disquera y encanterado, previo a la siembra se realizó una pasada con rastra. La fertilización de base fue con 90 kg/há de Cloruro de Potasio. En la re fertilización se utilizó Urea, en la mitad del ciclo a razón de 50 kg/há. Se regó al momento de la siembra para lograr una buena emergencia, no realizándose riegos posteriores. El control de malezas fue realizado con 1 litro/ ha de Linuron. No se realizó control de plagas ni enfermedades.

En el predio hace décadas que se realiza horticultura en forma continua. Existe un aporte continuo al suelo de materia orgánica en forma de cama de pollo y también se aprovecha la abundante rama que produce el boniato dejándola en el suelo como forma de aporte de materia orgánica. Los cultivos hortícolas más importantes que se realizan en el predio son zanahoria, papa y boniato. Previo a la instalación del ensayo había un cultivo de boniato.

- San Antonio

El ensayo fue sembrado el 12 de marzo, en parcelas de 6,5 metros de largo y 1,5 metros de ancho. La cantidad de semilla por hectárea fue de 4,1 kilogramos. El laboreo de suelo fue de dos pasadas de excéntrica y una de encanteradora, realizándose una pasada de rastra inmediatamente antes de la siembra. No se realizó fertilización de fondo ni re fertilización. No se regó el cultivo en ningún momento del ciclo. No se llevó a cabo el control de malezas ni control de plagas y enfermedades.

En el predio se realiza horticultura continua hace varias décadas, manteniéndose por largos periodos el suelo desnudo y sin aporte externo de abonos orgánicos. Este manejo provocó pérdida de materia orgánica y deterioro de las propiedades físicas y químicas del suelo, lo que provoca una pérdida de fertilidad y disminuye su potencialidad productiva. Los principales cultivos que se realizan en el predio son zanahoria, semillero de cebolla, cebolla para guarda y boniato. El cultivo previo realizado en la parcela donde se instaló el ensayo fue cebolla para guarda.

3.2.5 Clima

Los datos climáticos que fueron tomados en cuenta en este estudio fueron temperatura, precipitaciones y evaporación para el periodo marzo- octubre de 2008, los cuales fueron obtenidos en la Unidad GRAS (INIA), tomándose los datos de la Estación Experimental INIA Las Brujas, siendo ésta la más cercana a los sitios estudiados.

Para el análisis de la disponibilidad de agua se realizó un Balance Hídrico para cada sitio, con los datos de precipitaciones y evaporación del período. Para el mismo se llevó a cabo el cálculo del agua disponible (AD) para los primeros 25 cm de suelo, usando los contenidos de arena, limo y arcilla obtenidos de los análisis físico de cada suelo y las ecuaciones de Bodman y Mahmud y Silva (García Petillo et al., 2013) . Para lograr el máximo rendimiento, se fija como valor máximo de pérdida de agua del suelo, el 35% del AD. Por debajo de este valor de AD el cultivo no se encuentra con el contenido óptimo de agua para su mayor crecimiento, disminuyendo su rendimiento (Anexos No.2, 3, 4 y 5).

Para el análisis de la temperatura, se tomó como temperatura óptima de germinación 25 °C y como temperatura óptima de crecimiento de 15-21 °C. La misma fue comparada con los valores registrados mensuales teniendo en cuenta las distintas etapas fenológicas del cultivo.

Las características climáticas en el periodo de crecimiento se resumen en el siguiente cuadro (Cuadro No.9).

Cuadro No. 9. Precipitaciones, temperatura mínima, media y máxima por mes, periodo marzo- setiembre 2008

Mes	Precipitaciones (mm)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media 24 h (°C)	Temperatura máxima (°C)
Marzo	65	10	18	31,1
Abril	18,1	3,1	17	29,8
Mayo	52,8	0	13	28,2
Junio	62,1	-0,2	10,5	19,6
Julio	55,2	2,4	13	27,8
Agosto	65	-0,2	9	23,2
Setiembre	70	3,6	12,6	24,6

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado en cada sitio fue de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones (tres bloques) y ocho tratamientos, los que corresponden a ocho materiales genéticos diferentes, llegando a un total de 24 parcelas por sitio. Las parcelas fueron de 8 metros de largo. Los ensayos se realizaron en el mismo cuadro donde fue instalado el cultivo comercial para cada predio.

3.4 RENDIMIENTO

Los materiales genéticos utilizados fueron 5 poblaciones locales (Becaría, González, Guarisco, Rodríguez y Vega), una selección avanzada (CRS), un cruzamiento de una línea endocriada (CRS 30) y una variedad comercial (Kuroda) como testigo. Éstas fueron evaluadas en el Centro Regional Sur (Canelones), Costas de Pando (Canelones), Rincón de la Bolsa (San José) y San Antonio (Canelones), los cuales fueron detallados anteriormente.

3.4.1 Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron rendimiento total, rendimiento comercial y descartes, en t/ha, para los cuatro sitios mencionados, al momento de la cosecha. Para la misma se realizó la cosecha de 2 metros lineales de cada parcela. Luego de cosechadas, las raíces fueron etiquetadas, lavadas, pesadas, contadas y clasificadas en zanahorias comerciales y descartes. Las raíces de categoría comercial son las que tiene un diámetro ecuatorial entre 25 y 50 milímetros y piel lisa de color naranja homogéneo. Los descartes se clasificaron en bifurcadas, grandes, chicas, rajadas, raíces con prolongaciones y otros. En la categoría 'otros' se encuentran zanahorias podridas, anilladas, deshidratadas, compactadas, rugosas, torcidas, con hombros púrpuras, con daños mecánicos, blancas y rojas, existiendo muy pocas o ninguna raíz con estos defectos en las distintas poblaciones.

3.4.2 Análisis estadístico

Las variables rendimiento total, rendimiento comercial y descartes, se analizaron mediante un Análisis de Varianza, utilizando el siguiente modelo lineal general.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + \beta(S_i)_k + SP_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : variable de respuesta (rendimiento total, comercial o descarte) observada en el i-ésimo sitio, para la j-ésima población y en el k-ésimo bloque.

μ : media general.

S_i : efecto principal del i-ésimo sitio sobre la variable de respuesta.

P_j : efecto principal de la j-ésima población sobre la variable de respuesta.

$\beta(S_i)_k$: efecto del k-ésimo bloque anidado en el i-ésimo sitio sobre la variable de respuesta.

SP_{ij} : efecto de la interacción del i-ésimo sitio y la j-ésima población.

ε_{ijk} : error experimental de la k-ésima parcela plantada con la j-ésima población en el i-ésimo sitio.

Las comparaciones de medias de sitio, población y las combinaciones sitio*población se realizaron mediante test de Tukey ($p < 0.05$).

3.5 CRECIMIENTO Y DESARROLLO

Los materiales genéticos utilizados fueron 5 poblaciones locales (Becaría, González, Guarisco, Rodríguez y Vega), una selección avanzada (CRS), un cruzamiento de una línea endocriada (CRS 30) y una variedad comercial anual (Kuroda) como testigo. Estas fueron evaluadas el Centro Regional Sur (Canelones) y Rincón de la Bolsa (San José), los cuales fueron detallados anteriormente.

3.5.1 VARIABLES EVALUADAS

Se realizaron 4 muestreos de plantas, a los 74, 110, 147 y 183 días después de siembra (DDS), para ambos sitios, este último muestreo se realizó junto con la cosecha. Para ello se colectaron todas las zanahorias en una superficie de 0,16 m² (cuadrado de 0,4*0,4 metros) dentro de cada parcela, representativo de la densidad, desarrollo y el número de plantas de cada parcela. Posteriormente a la cosecha se realizó el lavado de las raíces y su etiquetado. Se separó la raíz de la parte aérea y se pesaron por separado, obteniéndose para cada individuo el peso fresco aéreo (PFA) y peso fresco raíz (PFR) en gramos. Para los análisis estadísticos se utilizó el promedio por parcela para cada una de las variables.

3.5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables peso fresco aéreo, peso fresco de raíz, se analizaron utilizando un modelo lineal mixto, de medidas repetidas en el tiempo.

El modelo experimental del ensayo es: $Y_{(ij)} = \mu + T_{(i)} + \beta_{(j)} + \varepsilon_{(ij)}$

Donde:

$Y_{(ij)}$: rendimiento observado en el i-ésimo tratamiento y en el j-ésimo bloque.

μ : media general.

$T_{(i)}$: efecto del i-ésimo tratamiento sobre el rendimiento.

$B_{(j)}$: efecto del j-ésimo bloque sobre el rendimiento.

$\varepsilon_{(ij)}$: error experimental asociado al i-ésimo tratamiento y al j-ésimo bloque.

i: número de tratamientos (poblaciones).

j: número de bloques.

3.6 CARACTERIZACIÓN

Los materiales genéticos utilizados fueron 5 poblaciones locales (Becaría, González, Guarisco, Rodríguez y Vega), una selección avanzada (CRS), un cruzamiento de una línea endocriada (CRS 30) y una variedad comercial anual (Kuroda) como testigo. Estas fueron evaluadas el Centro Regional Sur (Canelones) y Rincón de la Bolsa (San José), los cuales fueron detallados anteriormente.

3.6.1 Variables evaluadas

El muestreo fue realizado al momento de la cosecha, para ello se muestreo una superficie de 0,16 m² (cuadrado de 0,4*0,4 metros) dentro de cada parcela, representativo de la densidad, desarrollo y el número de plantas de cada parcela, de esa muestra se sacaron las 10 mejores raíces de zanahoria de cada población para realizar las determinaciones. Posteriormente a la cosecha se realizó el lavado de las raíces y su etiquetado. Las variables medidas en raíz fueron largo total (cm), diámetro total (cm), diámetro de xilema (cm), relación diámetro xilema/ diámetro total, forma de raíz, forma de punta, color de piel, color de xilema y color de floema.

- Longitud de la raíz (cm), utilizando regla con escala milimétrica.
- Diámetro de la raíz (cm), medido en el punto más ancho, usando calibre.
- Diámetro del xilema de la raíz (cm), medido en el punto más ancho, cortándose transversalmente la raíz para hacer la medición, utilizando regla milimétrica.
- Diámetro del xilema de la raíz con relación al diámetro total (% de xilema), hallado mediante la fórmula: [Diámetro del xilema de la raíz (cm) / Diámetro de la raíz (cm)] * 100

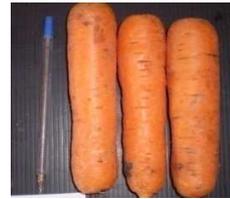
- Forma de la raíz: mediante escala de apreciación visual.



Cónicas



Cilindro-cónicas



Cilíndricas

- Forma de la punta de la raíz: mediante escala de apreciación visual:



Aguda



Redondeada

Los colores se determinaron mediante apreciación visual según escala construida descrita en términos de color e intensidad tomando como patrón de máxima coloración la variedad testigo.

- Color de la piel de la raíz: mediante escala de apreciación visual.



Naranja medio



Naranja intenso

- Color del xilema en el punto de diámetro máximo: mediante escala de apreciación visual.



Amarillo pálido

Amarillo intenso

Naranja pálido

Naranja intenso

- Color del floema en el punto de diámetro máximo: mediante escala de apreciación visual.



Naranja pálido

Naranja medio

Naranja intenso

3.6.2 Análisis estadístico

Para las variables largo total, diámetro total, diámetro de xilema y diámetro de xilema/ diámetro total, se realizó un Análisis de Varianza, utilizando el siguiente modelo lineal general.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + P_j + \beta(S_i)_k + SP_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : variable de respuesta (rendimiento total, comercial o descarte) observada en el i-ésimo sitio, para la j-ésima población y en el k-ésimo bloque.

μ : media general.

S_i : efecto principal del i-ésimo sitio sobre la variable de respuesta.

P_j : efecto principal de la j-ésima población sobre la variable de respuesta.

$\beta(S_i)_k$: efecto del k-ésimo bloque anidado en el i-ésimo sitio sobre la variable de respuesta.

SP_{ij} : efecto de la interacción del i-ésimo sitio y la j-ésima población.

ε_{ijk} : error experimental de la k-ésima parcela plantada con la j-ésima población en el i-ésimo sitio.

Las comparaciones de medias de sitio, población y las combinaciones sitio*población se realizaron mediante test de Tukey ($P < 0.05$)

Para el análisis del número de zanahorias con xilema amarillo, que es una de las principales causas de descarte, se utilizó un modelo lineal generalizado, asumiendo distribución binomial para cada uno de los sitios. El modelo utilizado fue:

$$Y_{(ij)} = \mu + T_{(i)} + \beta_{(j)} + \varepsilon_{(ij)}$$

Donde:

$Y_{(ij)}$: variable de respuesta (proporción de zanahorias con xilema amarillo por parcela) observada en el i-ésimo tratamiento y en el j-ésimo bloque.

μ : media general.

$T(i)$: efecto del i -ésimo tratamiento sobre la variable de respuesta.

$B(j)$: efecto del j -ésimo bloque sobre la variable de respuesta.

$\varepsilon(ij)$: error experimental asociado al i -ésimo tratamiento y al j -ésimo bloque.

Para las variables forma de raíz, forma de la punta de la raíz, color de piel y color de floema, se realizó un análisis descriptivo y los resultados se presentan mediante Figuras que muestran el perfil de distribución de frecuencia en cada nivel de la escala.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RENDIMIENTO

4.1.1 Rendimiento total

El rendimiento total presentó interacción sitio por población significativa ($p=0.0021$), demostrando un comportamiento diferente de los distintos materiales genéticos en los diferentes sitios (Figura No.5, Anexos No. 6, 7, 8 y 9). Sin embargo, podemos observar que las poblaciones que crecieron en el sitio CRS obtuvieron mayor rendimiento total que las crecidas en Costas de Pando y Rincón de la Bolsa, obteniéndose en San Antonio los menores rendimientos para todas las poblaciones en estudio, no encontrándose diferencias significativas entre las poblaciones crecidas en este sitio. El número final de plantas en San Antonio fue de 48 pl./m², siendo lo recomendado de 100 a 150 plantas/m² (Aldabe, 2000, Anexo No.18). El bajo número de plantas se debe a la baja germinación de las semillas, dado por el bajo contenido de humedad en el suelo en ese periodo, provocado por la falta de precipitaciones y la no utilización de riego por parte del productor. Según ISTA, citado por González Idiarte et al. (2012), una buena germinación requiere una temperatura de 20 °C y humedad constante durante 14 días.

La variedad Kuroda fue la que obtuvo menor rendimiento total en todos los sitios (excepto San Antonio), demostrando su baja adaptación a las condiciones ambientales de crecimiento de esta época, especialmente a las bajas temperaturas. En su origen Kuroda fue seleccionada por ser un material adaptado a crecer en momentos del año cálidos, siendo las bajas temperaturas del invierno desfavorables para su desarrollo³.

Los valores de rendimiento total obtenidos en los sitios CRS, CP y RB fueron similares a los encontrados por Rachetti (2006), al estudiar 16 poblaciones locales en un suelo Brunosol Éutrico Típico, en el Campo Experimental de Horticultura en el Centro Regional Sur, de la Facultad de Agronomía, con valores que van desde los 52,9 t/ha hasta los 21,8 t/ha.

³ Frachia, G. 2014. Com. personal.

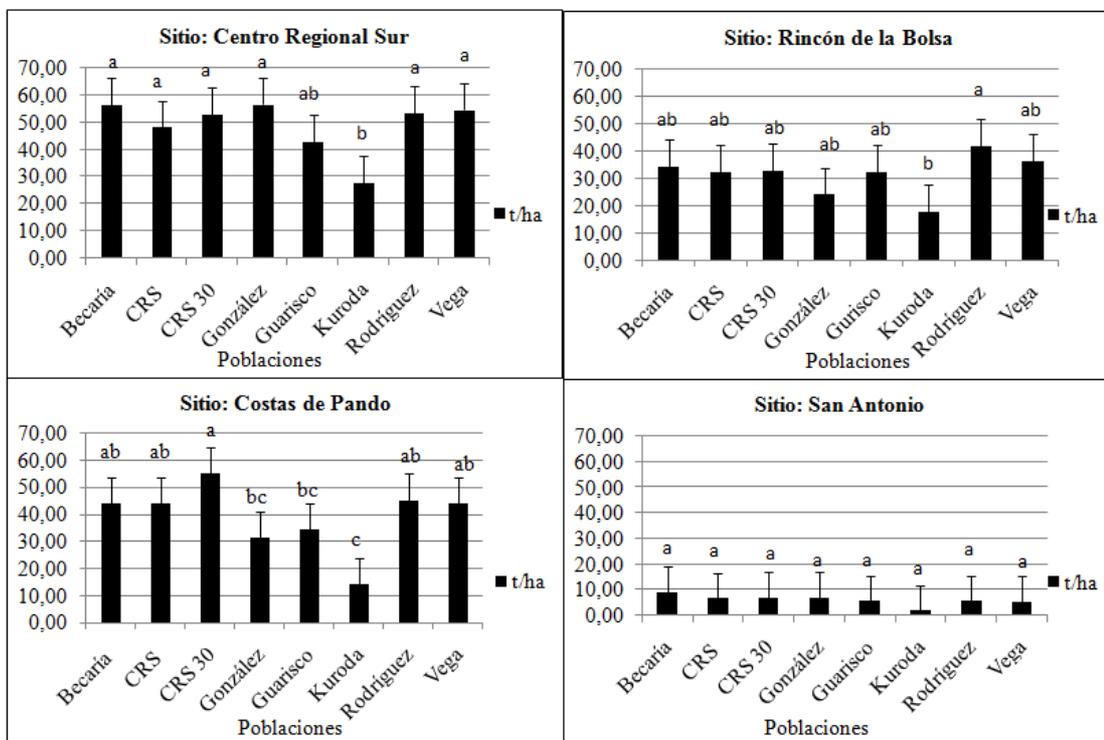


Figura No.5. Rendimiento total de los distintos materiales genéticos para los cuatro sitios (t/ha)

4.1.2 Rendimiento comercial

El rendimiento comercial presentó interacción sitio por población significativa ($p=0.0015$), demostrando un comportamiento diferente de los materiales genéticos en los distintos sitios (Figura No.6, Anexos No.10, 11, 12 y 13).

Si bien no se puede afirmar que existen diferencias entre las distintas poblaciones locales y los sitios, el mayor rendimiento se obtuvo para la selección avanzada CRS 30 en el sitio CP y las poblaciones locales González y Vega en el sitio CRS. La variedad Kuroda obtuvo el menor rendimiento en todos los sitios, el cual se explica por la baja adaptación de esta variedad a nuestras condiciones climáticas.

Los mayores rendimientos se obtuvieron para las poblaciones crecidas en los sitios CRS y CP, seguido por RB, mientras que SA obtuvo los menores rendimientos para todas las poblaciones. El menor rendimiento obtenido en el sitio Rincón de la Bolsa se explica por un menor aporte de nutrientes por parte del suelo, dado por su menor contenido de materia orgánica y menor aporte de agua por parte del suelo, debido a su

textura gruesa y bajo contenido de materia orgánica, sumado a una alta población de plantas las cuales compiten por estos recursos. El menor rendimiento comercial obtenido en el sitio San Antonio esta explicado por el alto porcentaje de zanahorias que no alcanzaron el tamaño comercial, descartándose como zanahorias chicas, debido a la baja fertilidad del suelo provocada por años de agricultura sin manejo de conservación del mismo.

El rendimiento comercial de algunas poblaciones en los sitios CRS, RB y CP estuvieron dentro del rango encontrado por Rachetti (2006), al estudiar 16 PL sobre un suelo Brunosol Éutrico Típico, en el Campo Experimental de Horticultura en el Centro Regional Sur, de la Facultad de Agronomía los cuales se encuentran entre 46.3 t/ha hasta 18,4 t/ha, mientras que para otras poblaciones se encontraron valores menores a los mencionados. Todas las poblaciones crecidas en el sitio SA obtuvieron menor rendimiento comercial que los encontrados por Rachetti (2006).

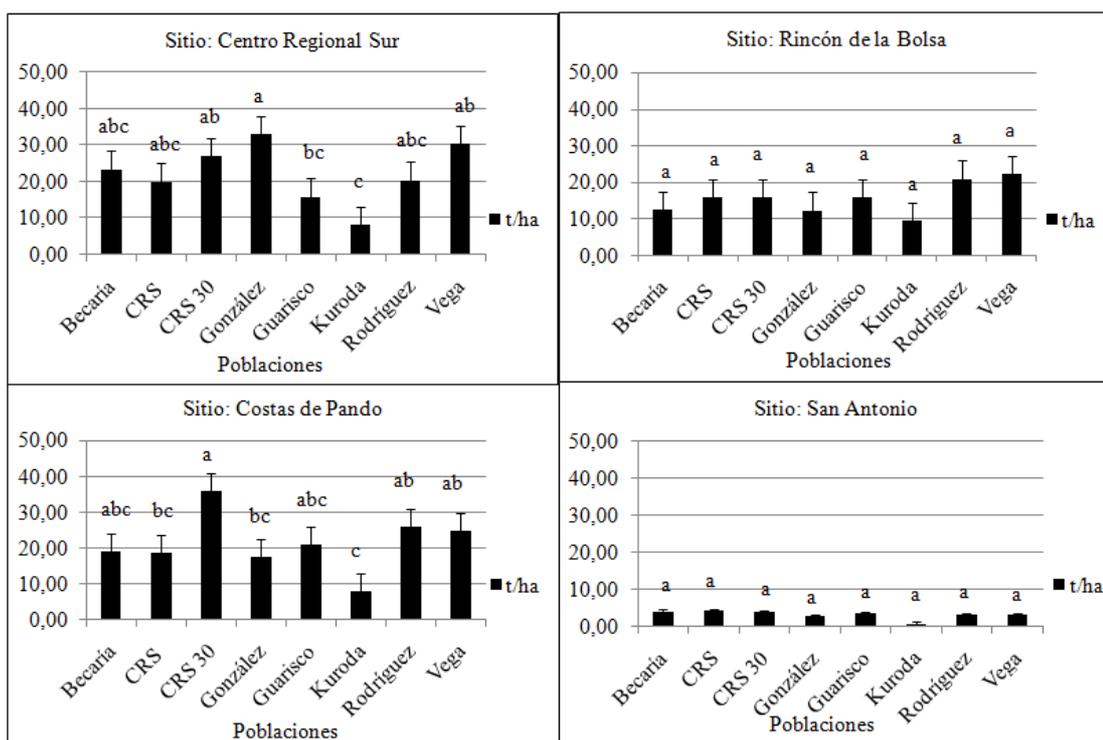


Figura No.6. Rendimiento comercial de los distintos materiales genéticos para los cuatro sitios (t/ha)

4.1.3 Descartes

El descarte presenta interacción sitio por población significativa ($p=0.0036$), demostrando un comportamiento diferente de los distintos materiales genéticos en los distintos sitios (Figura No.7, Anexos No.14, 15, 16 y 17).

Si bien no existen diferencias significativas en el total de descartes obtenidos en cada sitio para cada población, podemos observar que el sitio CRS presenta mayor cantidad de descartes para todas sus poblaciones, mientras que en el sitio San Antonio se obtuvo el menor volumen de descartes, explicado por un menor rendimiento total, mientras que Costas de Pando y Rincón de la Bolsa presentaron valores intermedios. La población Becaría presenta altos volúmenes de descartes en los diferentes sitios, no encontrándose diferencias significativas con otras poblaciones dentro de un mismo sitio. La variedad Kuroda fue la que obtuvo menor volumen de descartes para los cuatro sitios no diferenciándose con el resto de las poblaciones.

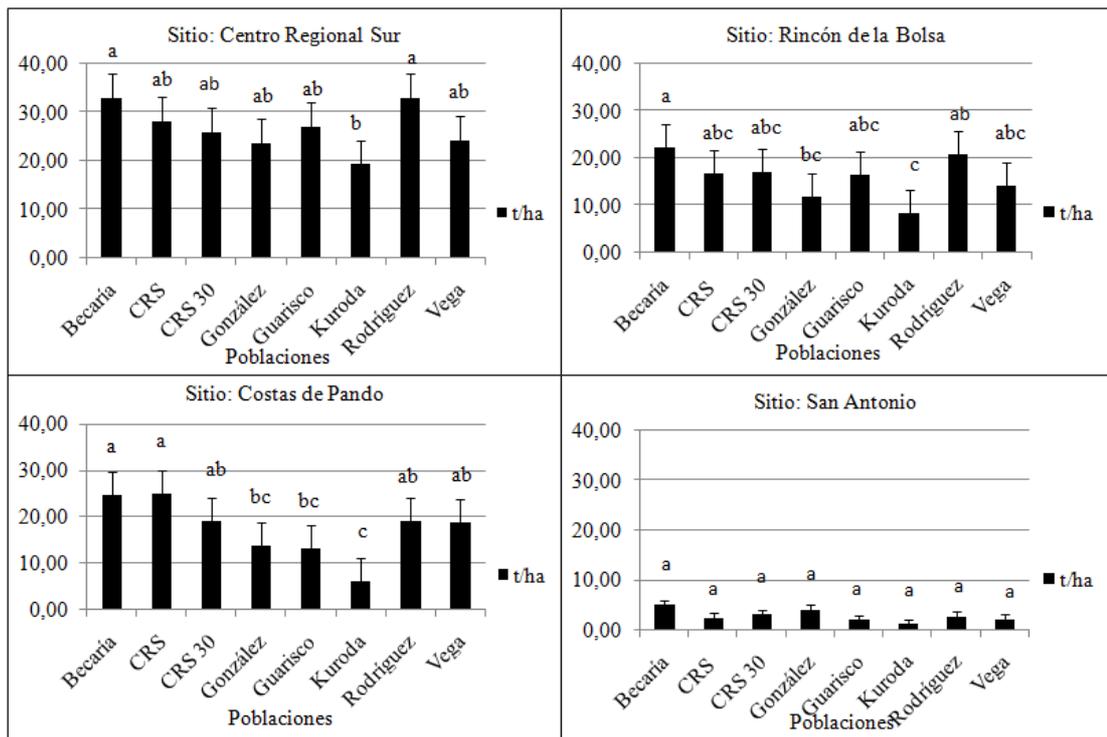


Figura No.7. Descartes de los distintos materiales genéticos para los cuatro sitios (t/ha)

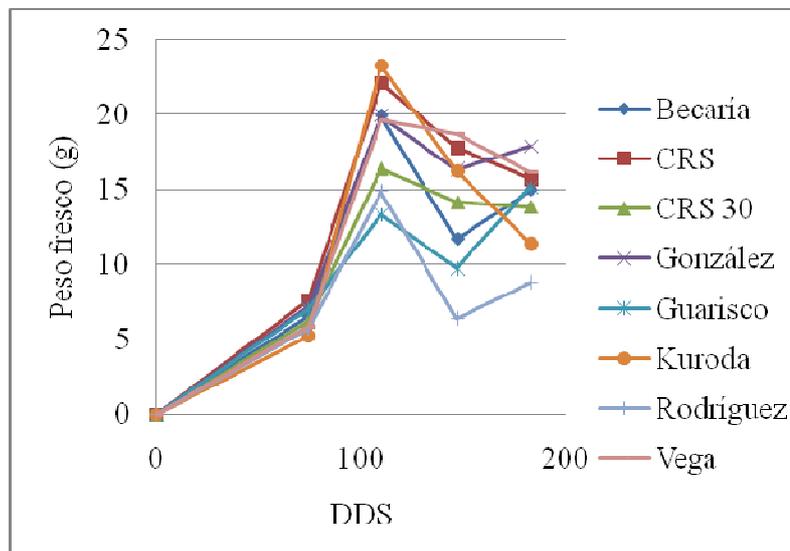
4.2 ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DEL CULTIVO

4.2.1 Evolución del peso fresco aéreo de las distintas poblaciones en los sitios Centro Regional Sur y Rincón de la Bolsa

En las Figuras No. 8 y 9 se presenta el peso fresco aéreo por planta a lo largo del ciclo de crecimiento para las distintas poblaciones, en los sitios Centro Regional Sur y Rincón de la Bolsa (Anexos No. 19 y 20).

El sitio CRS presenta un crecimiento inicial exponencial de la parte aérea para todas las poblaciones, alcanzando el mayor peso aéreo a los 110 DDS, esto se explica por las buenas condiciones físicas del suelo, un alto aporte de nutrientes, buen suministro de agua a lo largo del ciclo de crecimiento y temperaturas apropiadas para el crecimiento foliar. Posteriormente existe una detención del crecimiento, manteniendo su peso estable hasta el fin del ciclo en algunas poblaciones y disminuyendo en otras.

Figura No.8. Evolución del peso fresco aérea (g) de la planta para las poblaciones en el sitio CRS

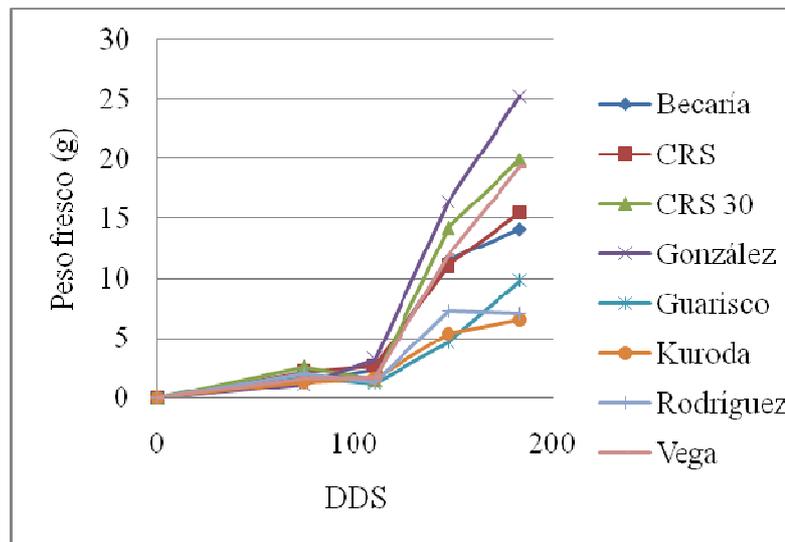


Las poblaciones que crecieron en el sitio RB muestran valores similares de peso aéreo en el primer muestreo, no encontrándose diferencias entre ellos. Las mismas presentan un crecimiento inicial lento que se extiende hasta los 110 DDS, seguido por un crecimiento exponencial de las mismas hasta los 147 DDS. Luego de este crecimiento exponencial existen poblaciones que continúan su crecimiento y otras que lo estabilizan. Este comportamiento es el mismo observado por Malán y Reyes (1997), al estudiar el

crecimiento de un cultivo de zanahoria en tres manejos de suelo diferente y tres fertilizaciones nitrogenadas diferentes, con un periodo de crecimiento inicial lento, seguido por un crecimiento exponencial y por último una fase de crecimiento más lenta hasta la estabilización del mismo.

A los 184 DDS se encontraron diferencias significativas entre el peso fresco de parte aérea de la población González y las poblaciones Becaría, Rodríguez, Guarisco y Kuroda, esto indicaría que la PL González en estas condiciones podría presentar un ciclo de crecimiento más largo que el resto de las PL.

Figura No.9. Evolución del peso fresco aéreo (g) para las distintas poblaciones en el sitio Rincón de la Bolsa



4.2.2 Evolución del peso fresco de raíz de las distintas poblaciones en los sitios CRS y RB

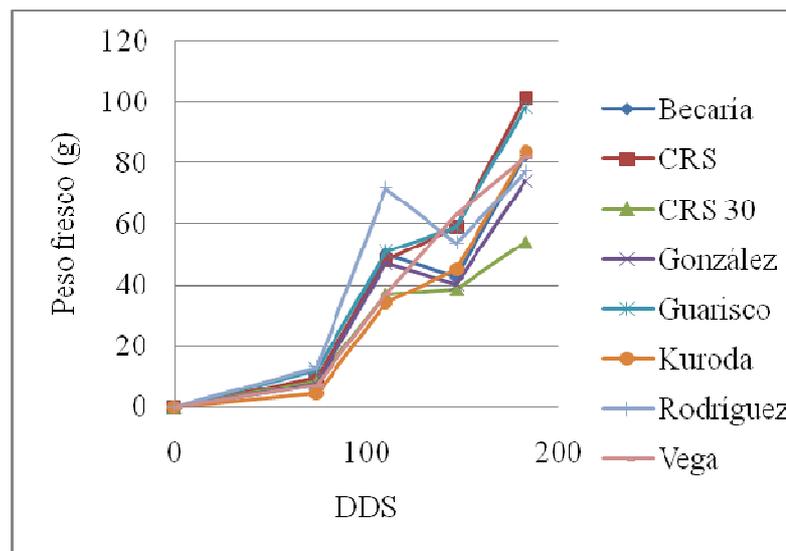
En las Figuras No.10 y 11 se presenta la evolución del peso fresco de raíz a lo largo del ciclo de crecimiento para las distintas poblaciones, en los sitios CRS y RB (Anexos No.21 y 22).

El sitio CRS tuvo mayor tasa de crecimiento para todas las poblaciones, a lo largo del ciclo, obteniendo mayor peso de raíz para todas sus poblaciones, comparadas con las crecidas en el sitio RB, esto se debe a una mejor estructura y fertilidad natural del suelo en el sitio CRS, como lo encontrado por Malán y Reyes (1997), al estudiar el

crecimiento de plantas de zanahoria con diferentes tratamientos de suelo y dosis de nitrógeno.

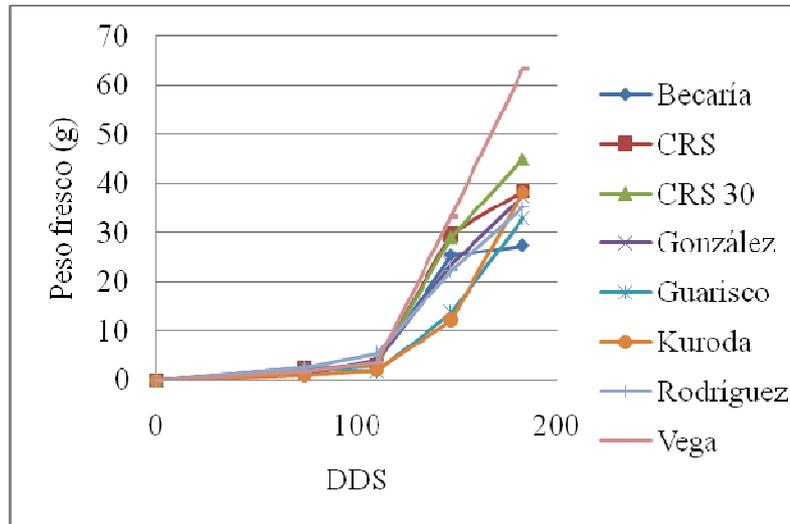
En el primer muestreo realizado a los 74 DDS, no se encontraron diferencias en el peso de raíz de las distintas poblaciones. Posteriormente existe un crecimiento exponencial de algunas poblaciones hasta los 110 DDS, correspondiente al alargamiento de la raíz, el cual se produce en la primera mitad del ciclo de crecimiento de la planta y donde la raíz llega al 80% de su largo total (Oliva 1992, García de Souza 2002). Luego de este periodo la raíz sigue aumentando de peso, correspondiendo este aumento al engrosamiento de la misma. Esto evidencia una alta traslocación de fotoasimilados desde las hojas hacia la raíz.

Figura No.10. Evolución del peso fresco de raíz (g) para las distintas poblaciones en el sitio CRS



Las poblaciones crecidas en el sitio RB no presentan diferencias en peso de raíz a los 74 DDS y 110 DDS, presentando un crecimiento lento en este periodo, a partir de este momento aumenta la tasa de crecimiento de las mismas hasta los 147 DDS, luego todas las poblaciones excepto Becaría continúan su crecimiento a menor velocidad hasta la cosecha, corriendo el riesgo de floración (Oliva, 1992). La población local Becaría, a los 147 DDS estabiliza su crecimiento demostrando una buena adaptación al ambiente presente en este sitio.

Figura No.11. Evolución del peso fresco de raíz (g) para las distintas poblaciones en el sitio Rincón de la Bolsa



4.3 CARACTERIZACIÓN

4.3.1 Análisis de variables cuantitativas

Las medias obtenidas para los distintos materiales genéticos fueron comparadas mediante test de Tukey ($p < 0.05$), se probó los efectos población, sitio y sitio*población, obteniéndose diferencias significativas para las poblaciones y los sitios para las variables Largo (L), Diámetro de xilema (DX) y Diámetro Xilema/Diámetro total (DX/D), mientras que en la variable Diámetro total (D) no se encontraron diferencias significativas (Cuadro No. 10).

Cuadro No.10. Largo, diámetro total, diámetro de xilema y diámetro de xilema/Diámetro de total para las distintas poblaciones de zanahoria

Población	Largo (cm)	Población	D. total (mm.)	Población	D. Xil.(mm)	Población	D.xil./D. T.
Guarisco	11,16 a	Becaría	34,28 a	Kuroda	13,19 a	Kuroda	0,36 a
Rodríguez	12,19 ab	CRS30	34,33 a	CRS30	15,15 ab	Vega	0,43 b
CRS30	13,19 bc	Rodríguez	34,53 a	Vega	16,11 b	CRS30	0,44 bc
Becaría	13,64 bed	Kuroda	35,89 a	Rodríguez	16,46 b	Guarisco	0,44 bc
Kuroda	14,02 cd	González	36,36 a	CRS	16,47 b	CRS	0,44 bcd
CRS	14,25 cd	Vega	36,98 a	Guarisco	16,52 b	González	0,47 bcd
Vega	14,57 cd	CRS	37,04 a	Becaría	16,54 b	Rodríguez	0,47 cd
González	14,87 d	Guarisco	37,19 a	González	16,95 b	Becaría	0,48d

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

4.3.1.1 Largo

Los valores de longitud de raíces van desde 14,87 a 11.16cm, similar a lo encontrado por Rachetti (2006). González es la PL con mayor largo de raíz y se diferencia significativamente de CRS 30, Rodríguez y Guarisco. La mayoría de las PL no se diferencia de la variedad testigo Kuroda, excepto Rodríguez y Guarisco que son más cortas.

4.3.1.2 Diámetro total

Los valores obtenidos para diámetro total de raíz fueron de 37,19 mm a 34,28 mm, no encontrándose diferencias significativas entre ellas. Éstas se encuentran por encima de los valores señalados por Rachetti (2005).

4.3.1.3 Diámetro del xilema

El diámetro de xilema encontrado oscilan entre 16.95mm a 13,19 mm. La variedad Kuroda posee menor diámetro de xilema, no diferenciándose estadísticamente con CRS 30, la cual no presenta diferencias significativas con el resto de las poblaciones.

4.3.1.4 Relación diámetro xilema/diámetro total

La relación Diámetro xilema/Diámetro total varía de 0,48 a 0.36, siendo inferiores a las encontradas por Rachetti (2006). La menor relación se presenta en la variedad Kuroda, la cual se diferencia estadísticamente del resto de las PL.

4.3.2 Análisis de variables nominales y ordinales

4.3.2.1 Forma de la raíz

Las frecuencias relativas de forma de raíz (Figuras No. 12 y 13) fueron clasificadas en cilíndricas, cilindro-cónicas o cónicas. La mayoría de las poblaciones locales presenta forma cilindro- cónica, aunque Rodríguez y Guarisco son mayoritariamente cilíndricas, siendo la variedad Kuroda cónica (Anexos No.23 y 24).

Figura No.12. Frecuencia relativa de forma de raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio CRS

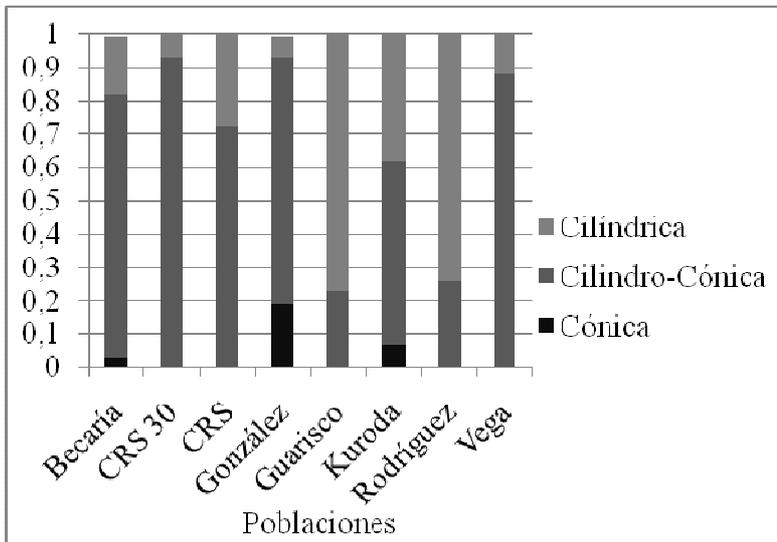
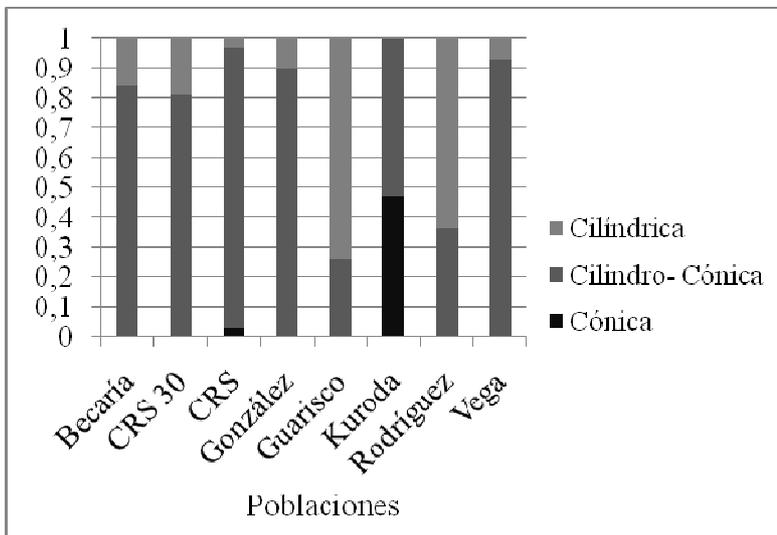


Figura No.13. Frecuencia relativa de forma de raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa



4.3.2.2 Forma de la punta de la raíz

La frecuencia de punta aguda y punta redondeada (Figuras No. 14 y 15) fueron similar en ambos sitios, los materiales genéticos Kuroda, Becarí y González presentaron una frecuencia relativa mayor a 0,6 en raíces con forma de punta aguda, ya sea en el sitio CRS como Rincón de la Bolsa. La población local Vega supera este valor de frecuencia relativa en el sitio CRS mientras que en Rincón de la Bolsa es notoriamente menor. Las poblaciones locales Guarisco y Rodríguez en ambos sitios presentan frecuencias relativas mayor a 0,8 de punta redondeada (Anexos No. 25 y 26).

Figura No.14. Frecuencia relativa de la forma de la punta de la raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio CRS

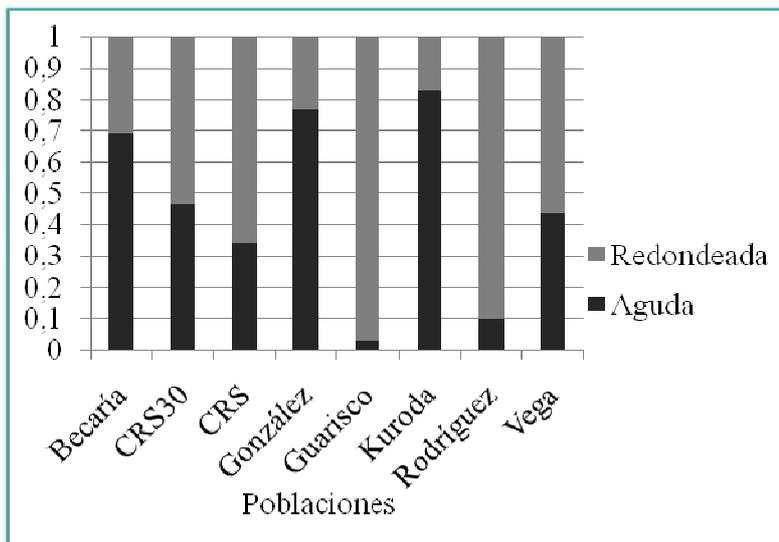
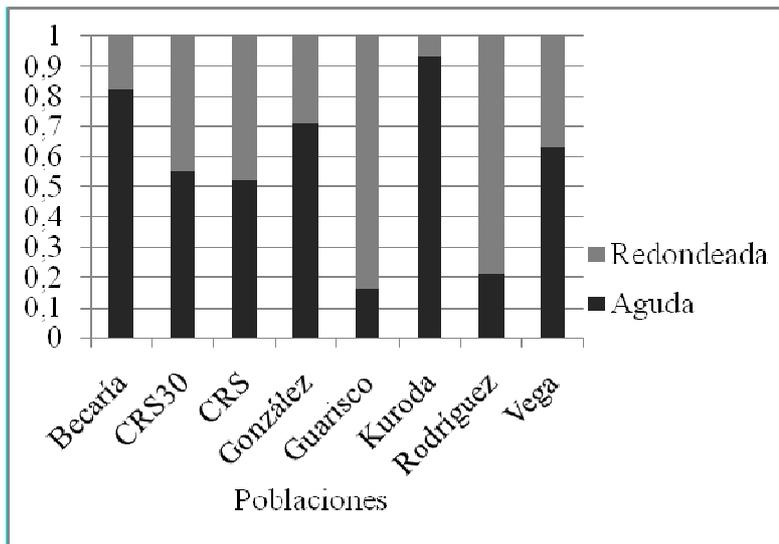


Figura No.15. Frecuencia relativa de la forma de la punta de la raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa



4.3.2.3 Color de piel

Todos los materiales genéticos utilizados presentan color de piel naranja y naranja intenso en una alta frecuencia relativa (Figuras No. 16 y 17), los cuales son los aceptados por los consumidores. Para el sitio CRS todos los materiales genéticos, excepto Becarí obtuvieron una frecuencia relativa de color de piel naranja intenso superior a 0,6, no presentando ningún material genético color de piel naranja pálido. Kuroda presenta la totalidad de sus individuos con color de piel naranja intenso, mientras que la población local González tiene una frecuencia relativa mayor a 0,8 de este color (Anexos No.27 y 28).

En el sitio Rincón de la Bolsa existen materiales genéticos con presencia de zanahorias con color de piel naranja pálido, color no aceptado por los consumidores. Para todos los materiales genéticos evaluados la frecuencia relativa de color naranja intenso son menores que las encontradas en CRS. González es la población local con mayor frecuencia relativa de zanahorias con color de piel naranja intenso, seguida por Guarisco y Kuroda.

Figura No.16. Frecuencia relativa de color de piel de los distintos materiales genéticos en el sitio CRS

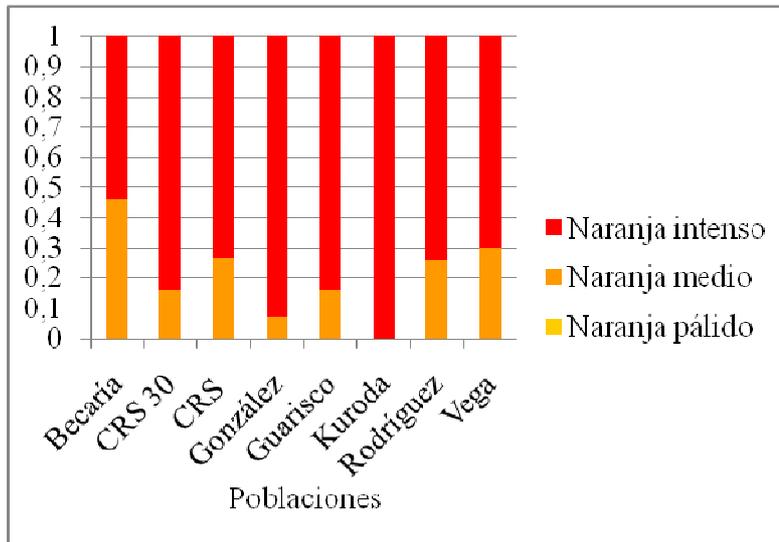
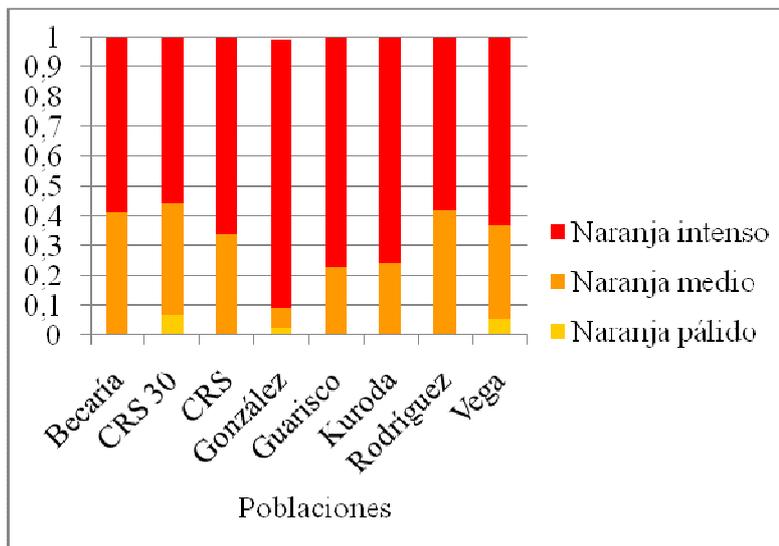


Figura No.17. Frecuencia relativa de color de piel de los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa



4.3.2.4 Color de floema

Todos los materiales genéticos presentaron color naranja intenso en su floema (Figuras No. 18 y 19). Las poblaciones locales con mayor frecuencia relativa fueron González, seguida por Guarisco, en el sitio CRS y Rincón de la Bolsa, encontrándose sus valores por debajo de la variedad testigo Kuroda. La población local Becaría es la que presenta menor frecuencia de color de floema naranja intenso para ambos sitios (Anexos No.29 y 30).

Figura No.18. Frecuencia relativa de zanahorias con color de floema naranja intenso para el sitio CRS

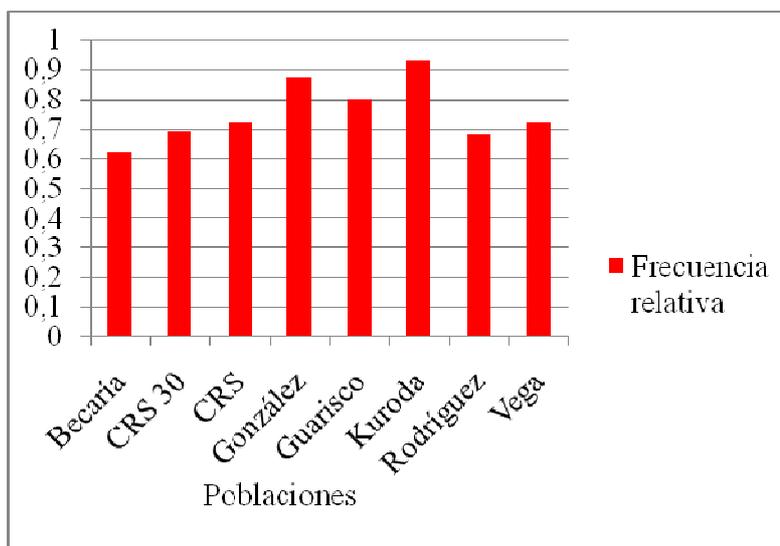
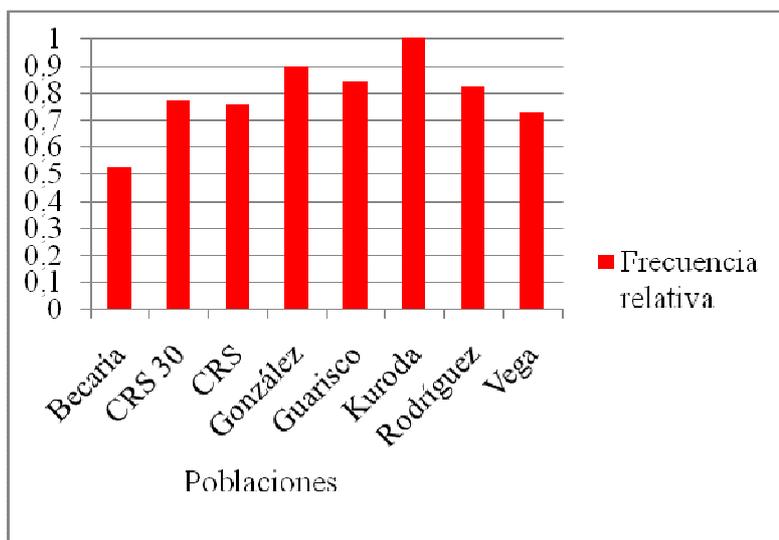


Figura No.19. Frecuencia relativa de zanahorias con color de floema naranja intenso para el sitio Rincón de la Bolsa



4.3.2.5 Color de xilema

Las PL presentaron toda la escala de colores en xilema (Figuras No. 20 y 21), evidenciando una amplia variabilidad interna. Las poblaciones locales Becaría y Rodríguez presentaron mayor frecuencia relativa de xilema de color amarillo, mientras que Guarisco y González presentan la mayoría de sus individuos con color de xilema naranja, Kuroda es la única que presenta el total de sus individuos con color de xilema naranja en el sitio Rincón de la Bolsa (Anexos No.31 y 32).

Figura No.20. Frecuencia relativa de color de xilema de los distintos materiales genéticos para el sitio CRS

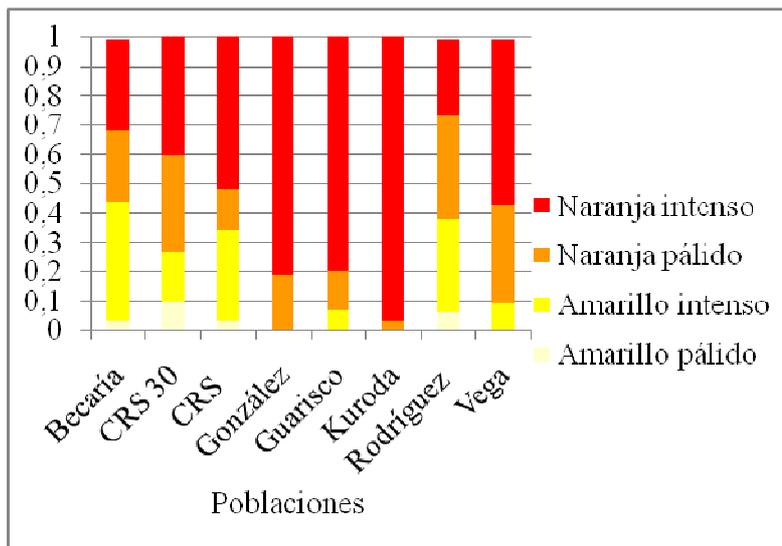
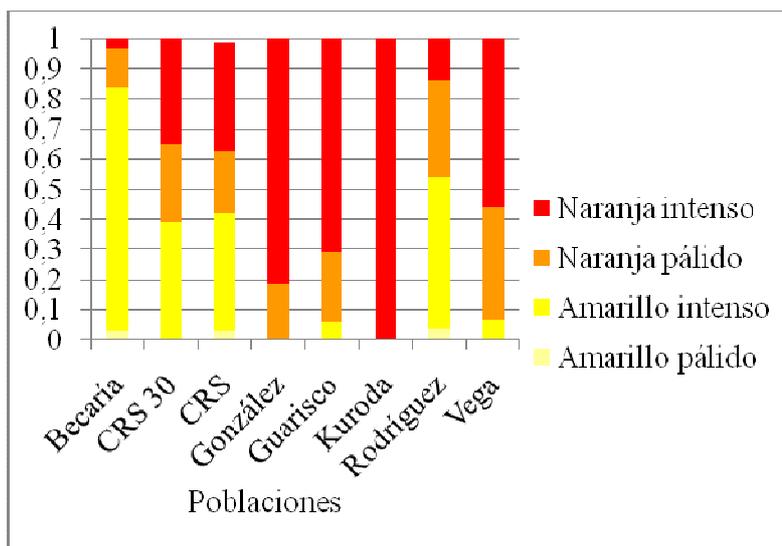


Figura No.21. Frecuencia relativa de color de xilema de los distintos materiales genéticos para el sitio Rincón de la Bolsa



Para el análisis de color de xilema también se analizó la frecuencia relativa de zanahorias con color de xilema amarillo (Figuras No. 22 y 23, Anexos No.33 y 34).

Figura No.22. Frecuencia relativa de zanahorias con color de xilema amarillo para los distintos materiales genéticos en sitio CRS

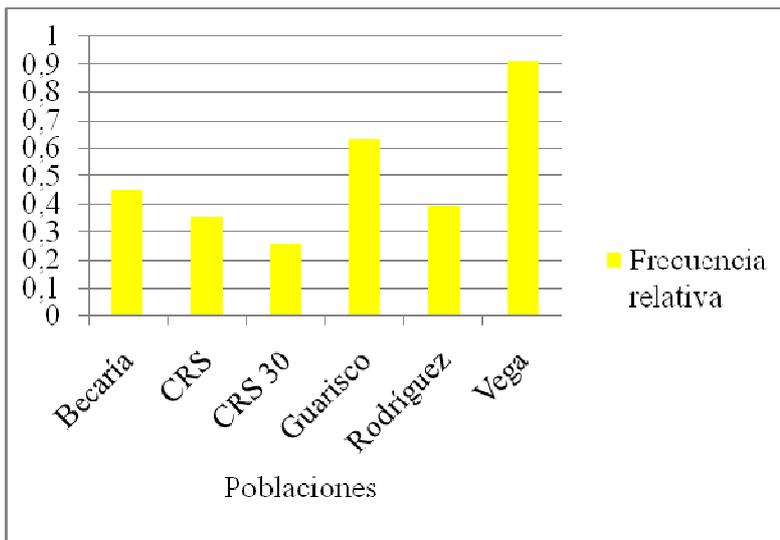
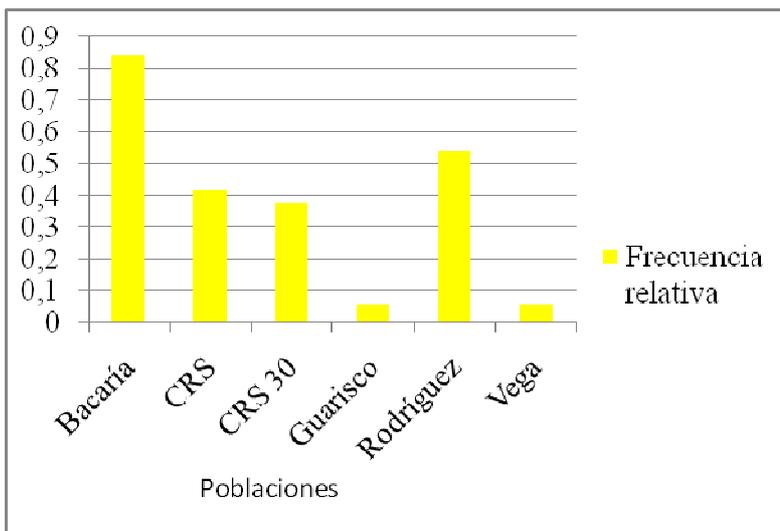


Figura No.23. Frecuencia relativa de zanahorias con color de xilema amarillo para los distintos materiales genéticos en sitio Rincón de la Bolsa



Para presencia de color de xilema amarillo no se encontraron diferencias significativas entre sitios aunque se observó frecuencias más altas de este color en el sitio Rincón de la Bolsa, esto puede estar explicado por presentar este sitio un suelo de textura más liviana el cual llega a temperaturas más bajas, afectando la carotenogénesis (Banga, 1958).

La PL González y la testigo Kuroda no presentan xilema de color amarillo. En el sitio CRS no se encontraron diferencias significativas entre los materiales genéticos. En el sitio Rincón de la Bolsa se encontraron diferencias estadísticas, Becaría tiene la mayor frecuencia relativa de zanahorias con color de xilema amarillo, diferenciándose estadísticamente de Vega, Guarisco y CRS 30.

A continuación se presenta una descripción de los materiales genéticos utilizados.

Cuadro No.11. Descripción de los materiales genéticos evaluados

		<p>Becaría: presenta raíces de longitud intermedia, con alta relación diámetro xilema/ diámetro raíz. Forma cilindro- cónica y punta aguda. Predominan coloraciones pálidas de piel, floema y xilema. Es la población local con menos color de las evaluadas.</p>
		<p>CRS: longitud intermedia a larga, relación de diámetro xilema/diámetro raíz intermedio. Forma cilindro- cónica, punta tendiendo a redondeada. Coloración xilema, floema y piel intermedia, un tercio de sus raíces con presencia de xilema amarillo</p>
		<p>CRS 30: longitud intermedia tiende a ser más corta que su antecesora, relación diámetro xilema/diámetro raíz intermedio. Forma cilindro- cónica, mayor proporción de punta aguda que su antecesor. Intensa coloración xilema y floema. Color</p>

		de piel intermedia pero mejor que CRS. Tiene menor presencia de xilema amarillo que CRS.
		Vega: longitud: larga, relación diámetro xilema/ diámetro raíz baja. Forma cilindro cónica, punta aguda a redondeada. Intensa coloración de xilema y floema. Baja proporción de xilema amarillo.
		González: es la población local más larga, relación diámetro xilema/diámetro raíz tiende a ser mayor que el resto. Forma cilindro-cónica, punta aguda. Intensa coloración xilema floema y piel alta.
		Guarisco: longitud: corta, relación diámetro xilema/diámetro total intermedia. Forma cilíndrica, punta redondeada. Intensa coloración floema y piel. Xilema anaranjado con baja presencia de xilema amarillo
		Kuroda: longitud intermedia. Relación diámetro xilema/diámetro total bajo. Forma cilindro- cónica, mayoritariamente punta aguda. Intensa coloración xilema floema y piel.

5.CONCLUSIONES

El desarrollo de variedades nacionales a partir de PL y el mantenimiento de las mismas se presentan como una alternativa tecnológica apropiada a los predios familiares.

- Acerca del rendimiento, se puede concluir que:

Se encontró interacción de los sitios con las poblaciones para rendimiento total, rendimiento comercial y descartes, demostrando un comportamiento diferente de los materiales genéticos en los distintos sitios.

Todos los materiales genéticos obtuvieron mayor rendimiento total que la variedad testigo Kuroda, para todos los sitios, presentando mayor rendimiento en suelos con mejor estructura y alto contenido de materia orgánica. Estos aportan mayor cantidad de agua y nutrientes al cultivo, demostrando una mayor adaptación de las poblaciones locales a las condiciones edáficas.

- En relación al crecimiento y desarrollo, podemos concluir:

La evolución del crecimiento tanto de la parte aérea como de la raíz para los distintos materiales genéticos es igual dentro de cada sitio pero diferente entre ellos.

El sitio CRS presentó una mayor tasa de crecimiento para todos los materiales genéticos a lo largo del ciclo, obteniendo mayor peso de raíz que los crecidos en el sitio Rincón de la Bolsa.

- Con respecto a la caracterización, se puede concluir:

Los materiales genéticos probados contienen una variabilidad fenotípica con potencial comercial que cubre las pautas de calidad del mercado.

Coloración de las raíces muestra un efecto poblacional para color de piel, color de floema y color de xilema, presentando alta proporción de raíces con color de piel naranja intenso. Para color de xilema la población local González es la única que no presentó color de xilema amarillo.

Es posible mejorar el color interno de la zanahoria a partir de materiales promisorios que presenten las características adecuadas. La línea endocriada CRS 30 mostró tendencia a tener menor frecuencia de color amarillo en el xilema que su antecesora CRS.

6. RESUMEN

En Uruguay se cultivan poblaciones locales de zanahoria (*Daucus carota L.*), mantenidas por los productores desde hace décadas. El experimento que se reporta en esta tesis tuvo como objetivo comparar el rendimiento, forma de crecimiento y caracterización del potencial comercial de 5 poblaciones locales (Becaría, González, Guarisco, Rodríguez y Vega), una selección avanzada (CRS), un cruzamiento de una línea endocriada (CRS30) y una variedad comercial (Kuroda). Los ensayos fueron instalados en cuatro sitios: Centro Regional Sur (Canelones), Costas de Pando (Canelones), Rincón de la Bolsa (San José) y San Antonio (Canelones), entre los meses de marzo a setiembre de 2008. Los sitios se encuentran formados por la interacción entre localidad, el suelo que presenta cada localidad, el manejo cultural que se realiza en el predio y el clima. El diseño experimental utilizado en cada sitio fue de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones y ocho tratamientos, llegando a un total de 24 parcelas por sitio. La siembra y la cosecha fue realizada en forma manual. Para la variable rendimiento se encontró interacción sitio*población, demostrando un comportamiento diferente los distintos materiales genéticos dependiendo del sitio en el cual crezcan. El rendimiento alcanzado fue similar a los obtenidos en trabajos previos realizados con poblaciones locales en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía. El crecimiento aéreo y radicular de los materiales genéticos dentro de cada sitio fue similar, variando entre los sitios. Para las variables fenotípicas evaluadas, forma de raíz, forma de punta, coloración externa e interna se encontró efecto poblacional para todos los caracteres evaluados. Entre las poblaciones locales, selección avanzada y línea endocriada se encuentra una variabilidad de raíces que cumplen con los atributos de calidad demandados por el mercado. La mayor variación se da en la coloración interna principalmente en xilema con colores que van del naranja intenso al amarillo pálido, la población local González carece de xilema color amarillo, seguido por Guarisco. La línea endocriada CRS 30 presenta coloraciones más intensas respecto a su antecesora CRS, mostrando un avance en esta característica.

Palabras clave: *Daucus carota L.*; Poblaciones locales; Crecimiento; Caracterización sitios.

7. SUMMARY

Local populations of carrots (*Daucus carota* L.) are grown and maintained by small scale farmers for over decades. The experiment that is reported in this thesis is aimed to compare the performance, growing forms and characterization of the commercial potential of 5 local populations (Becaría González, Guarisco, Rodríguez y Vega), 1 advanced selection (CRS) and a commercial variety (Kuroda). Trials were installed at four places: Southern Regional Center (Canelones), Costas de Pando (Canelones), Rincón de la Bolsa (San José) and San Antonio (Canelones), between the months of March to September 2008. The sites are formed by the interaction between locality, the soil each one presents, cultural management techniques used at the sites and climate. The experimental design used at each site was of blocks completed randomly (DBCA), with three replicates and eight treatments, reaching a total of 24 plots per site. Planting and harvesting was manual. Interaction site*population was found for performance. Air and root growth of genetic material within the site had a similar growth, but varies between sites. For the phenotypic variables evaluated, root form, tip shape, external and internal color, population effects were found for all the traits evaluated. Between PL, advanced selection and inbred line, is a variability of roots that meet quality attributes demanded by the market. The greatest variation occurs in the internal coloration mainly in xylem with intense colors ranging from pale yellow to orange. The PL Gonzalez lacks xylem yellow, followed by PL Guarisco. The CRS inbred line 30 has more intense colorations with respect to its predecessor CRS, showing progress in this feature.

Keywords: *Daucus carota* L.; Local populations; Increase; Characterization.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Adabe, L. 2000. Producción de hortalizas en el Uruguay. Montevideo, Epsilon. 269 p.
2. Allard, R.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. 4ª ed. Barcelona, Omega. 498 p.
3. _____. 1996. Genetic basis of the evolution of adaptedness in plants. *Euphytica*. 92:1-11.
4. Ayala, D. Guerrero, H. 2009. Análisis comparativo de prácticas agrícolas sustentables en comunidades campesinas e indígenas de la Meseta Purépecha, México. (en línea). *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 13: 29-39. Consultado mar. 2015. Disponible en http://www.redibec.org/IVO/rev13_03.pdf.
5. Banga, O. 1955. Carrot yield analysis. *Euphytica*. 4 (2): 116-126.
6. _____.; De Bruyn, J. W.; Van Bennekom, J. L.; Van Keulen. H. A. 1963. Selection of carrots for carotene content. V. Effect of the soil moisture content. *Euphytica*. 12 (2): 137-146.
7. Berreta, A.; Rivas, M. 2001. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del cono sur. Montevideo, PROCISUR. 144 p.
8. Bradley, G.; Rhodes, B. 1969. Carotens, xanthophylls and color in carrots varieties and lines as affected by growing temperatures. *Journal of the American Society of Horticulture Science*. 94:63-65.
9. Camadro, E.; Cauhépé, M.; Simon, P. 2005. Geographical distribution of wild *Daucus* species in the natural grasslands of the Argentinian pampas. (en línea). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 54:855–863. Consultado nov. 2010 Disponible en https://www.researchgate.net/publication/43255896_Geographical_distribution_of_wild_Daucus_species_in_the_natural_grasslands_of_the_Argentinian_pampas
10. CAMM (Comisión Administradora del Mercado Modelo, UY). s.f. Ficha técnica de calidad de zanahoria. (en línea). Montevideo. 2 p. Consultado set. 2013. Disponible en <http://www.mercadomodelo.net/calidad>
11. _____. 2007. Calidad de la oferta de zanahoria en el Mercado Modelo. (en línea). Montevideo. 5 p. Consultado set. 2013. Disponible en <http://www4.mercadomodelo.net/observatorio/zanahoria2007.pdf>

12. _____. 2012. Caracterización de la calidad de la oferta de zanahoria en el Mercado Modelo. (en línea). Observatorio Granjero feb. 2012: 1-8. Consultado set. 2013. Disponible en <http://www4.mercadomodelo.net/zanahoria2012.pdf>
13. De Carvalho, C.; Kist, B. B.; Poll, E. 2013. Verde e amaréla. (en línea). Anuario Brasileiro de Hortaliças 2013: 68-71. Consultado set. 2014. Disponible en http://www.icna.org.br/sites/default/files/artigo/Anuario_hortalicas_2013_0.pdf
14. Dogliotti, S.; Tommasino, H. 1991. La semilla hortícola en el Uruguay. Montevideo, Agrodata. 60 p.
15. Durán, A. 1991. Los suelos del Uruguay. 2ª ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 398 p.
16. _____.; García Prechac, F. 2007a. Suelos del Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 358 p.
17. _____.; _____. 2007b. Suelos del Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. t. 2, 334 p.
18. FAO (Food and Agriculture Organization. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2010. Segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. (en línea). Roma. 372 p. Consultado jul. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/i1500s/i1500s00.htm>
19. Ferrer, M.; Clausen, A. 2001. Variabilidad genética en los recursos vegetales de importancia para la agricultura del Cono Sur. In: Carneiro, M.; Berretta, A.; Rivas, M. coords. Estrategias en recursos fitogenéticos para países del cono sur. Montevideo, IICA. PROCISUR. pp. 43-55.
20. Galván, G. 2003. Recursos genéticos. In: Rodríguez, A.; García de Souza, M. coords. Guía orgánica. Montevideo, PREDEG. GTZ. pp. 88-106.
21. _____.; González, H.; Vilaró, F. 2005. Estado actual de la investigación en poblaciones locales de hortalizas en el Uruguay y su utilización en el mejoramiento. Agrociencia (Montevideo). 9 (1-2):115-122.
22. García de Souza, M. 1993. Manejo da adubaçao orgânica e doses de nitrogenio na cultura da cenoura (*Daucus carota L.*) em solos da zona sul do Uruguai. Tesis

MSc. Río de Janeiro, Brasil. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomía. 74 p.

23. _____. 2002. El cultivo de zanahoria. Montevideo, Facultad de Agronomía. 39 p.
24. _____.; Galván, G.; Zaccari, F. 2010. Mejoramiento genético y comportamiento agronómico del cultivo de zanahoria de verano en distintos tipos de suelo; informe final. Montevideo, Facultad de Agronomía. Centro Regional Sur. Departamento de Producción Vegetal. s.p. (INIA. FPTA no. 246).
25. García Petillo, M.; Puppo, L.; Hayashi, R.; Morales, P.; Bentancor, L. 2013. Curso de riego y drenaje. Montevideo, Facultad de Agronomía. 266 p.
26. González Idiarte, H. 1999. Pérdida y recuperación de cultivos hortícolas en Uruguay. (en línea). Montevideo, GRAIN. s.p. Consultado mar. 2011. Disponible en <https://www.grain.org/es/article/entries/867-perdida-y-recuperacion-de-cultivos-hortícolas-en-el-uruguay>
27. _____.; Salvo, G.; Gallo, A.; Machado, S.; Rocha, B.; García de Souza, M. 2012. Producción de semilla de zanahorias anuales (*Daucus carota L.*) en la región sur de Uruguay. (en línea). Agrociencia (Montevideo). 16(1): 68-78. Consultado nov. 2014. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482012000100009&lng=pt.
28. Imparatta, J. 1996. El cultivo de la zanahoria. Montevideo, Facultad de Agronomía. 50 p.
29. INE (Instituto Nacional de Estadística, UY). 2006. Encuesta Nacional de Gastos e Ingresos de los Hogares; año 2005. (en línea). Montevideo. 209 p. Consultado abr. 2015. Disponible en <http://www.ine.gub.uy/documents/10181/36026/Encuesta+Nacional+de+Gastos+e+Ingresos+de+los+Hogares+2005+-+2006/83d8c75c-a0f7-49d3-b5c1-1cb9548ddf1a>.
30. IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute, IT). 1998. Descriptores de la zanahoria silvestre y cultivada, *Daucus carota L.* (en línea). Roma, IT. 65 p. Consultado feb. 2011. Disponible en <http://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptores-de-la-zanahoria-silvestre-y-cultivada-daucus-carota-l>

31. Madrid De Cañizalez, C.; Chacín Lugo, F. 2004. Efecto de la variedad, edad del cultivo, época del año sobre el rendimiento y calidad en zanahoria (*Daucus carota L.*). Revista Facultad de Agronomía (Maracay). 20:47-72.
32. MAG. DGP (Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Planificación, PY). 2010. Programa de Apoyo a la Producción y Comercialización de Hortalizas del Paraguay 2010 – 2014. (en línea). Asunción. 58 p. Consultado oct. 2015. Disponible en <http://www.mag.gov.py/dgp/PROGRAMA%20HORTICOLA%20MAG%202010%202014.pdf>
33. Malán Negrín, R. A.; Reyes Álvarez, C. A. 1997. Efecto de diferentes manejos de suelo en el rendimiento de un cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*) y en las propiedades químicas y físicas del suelo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 119 p.
34. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1982. Carta de reconocimiento de suelos de la República Oriental del Uruguay, departamento de Canelones y Montevideo. Montevideo. Escala 1:100.000.
35. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2002. Censo general agropecuario 2000. Montevideo. 2 v.
36. _____. _____. 2004. Anuario estadístico agropecuario 2004. Montevideo. 200 p.
37. _____. _____. 2005. Anuario estadístico agropecuario 2005. Montevideo. 201 p.
38. _____. _____. 2006. Anuario estadístico agropecuario 2006. Montevideo. 197 p.
39. _____. _____. 2007. Anuario estadístico agropecuario 2007. Montevideo. 190 p.
40. _____. _____. 2008. Anuario estadístico agropecuario 2008. Montevideo. 190 p.
41. _____. _____. 2009. Anuario estadístico agropecuario 2009. Montevideo. 215 p.

42. _____. _____. 2010. Anuario estadístico agropecuario 2010. Montevideo. 240 p.
43. _____. _____. 2011. Anuario estadístico agropecuario 2011. Montevideo. 246 p.
44. _____. _____. 2012. Anuario estadístico agropecuario 2012. Montevideo. 244 p.
45. _____. _____. 2013a. Anuario estadístico agropecuario 2013. Montevideo. 270 p.
46. _____. _____. 2013b. Encuesta hortícola 2012; zona Sur y litoral Norte. Montevideo. 19 p. (Serie Encuestas no. 314)
47. _____. _____. 2014. Anuario estadístico agropecuario 2014. Montevideo. 243 p.
48. _____. DIRENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, UY). s.f. Cartografía de suelos. (en línea). Montevideo. Escala 1:40.000. Consultado mar. 2014. Disponible en <http://www.cebra.com.uy/renare/estudios-basicos-de-suelos/cartografia-2/carta-de-suelos-140-000-6/Renare>
49. MINAGRI. DIMEAGRO (Ministerio de Agroindustria. Dirección de Mercados Agrícolas, AR). s.f. Perfil del mercado de zanahoria. Gacetilla informativa del sector agropecuario. (en línea). Newsletter. no. 71: s.p. Consultado set. 2013. Disponible en http://www.minagri.gob.ar/dimeagro/newsletters/nro72/nl_zanahoria.php
50. Olegario, G.; Vidal, J. 2008. Componentes genéticos e fenotípicos para caracteres de importância agrônômica em população de cenoura sob seleção recorrente. (en línea). Horticultura Brasileira. 26 (4): 481-485. Consultado abr. 2014. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362008000400011
51. Oliva, R. 1992. Producción de semilla de zanahoria. Mendoza, INTA. 76 p.
52. Oliveira, C. D.; Braz, L. T.; Banzatto, D. A. 2008. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de cenoura. Horticultura Brasileira. 26(1): 82-92.

53. Pereira, A. S.; Costa, D. M. 1998. Análise de estabilidade de produção de genótipos de batata no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 33: 405-409
54. _____.; Nascimento, W. M.; Vieira, J. V. 2007. Germinação e vigor de sementes de cenoura sob condições de altas temperaturas. *Horticultura Brasileira*. 25: 215-219.
55. Pérez De la Vega, M. 1996. Plant genetic adaptedness to climatic edaphic environment. *Euphytica*. 92: 27-38
56. Puppo Mackinnon, M. 2008. Prospección y caracterización de poblaciones silvestres de *Acca sellowiana* (Berg) Burret. (guayabo del país). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía 120 p.
57. Querol Lipcovich, D. 1988. Recursos genéticos, nuestro tesoro olvidado. Lima, Industrial Gráfica. 218 p.
58. Rachetti, M. 2006. Colecta, caracterización y evaluación agronómica de poblaciones locales de zanahoria (*Daucus carota L.*) cultivadas en el sur de Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 87 p.
59. Rivas, M. 2008. Los recursos fitogenéticos y las áreas protegidas. (en línea). In: Jornada Ambiental de RETEMA (6as., 2008, Montevideo). Ambiente y desarrollo; contribuciones universitarias a un debate imprescindible. Montevideo, Udelar. s.p. Consultado nov. 2013. Disponible en <http://www.universidadur.edu.uy/retema/archivos/Rivas.pdf>
60. _____. 2012. Curso fitotécnia. (en línea). Montevideo, Udelar/ProEVA. 30 p. Consultado nov. 2013. Disponible en http://eva.universidad.edu.uy/pluginfile.php/225941/mod_resource/content/0/Teorico/DIVERSIDAD_GENETICA_-_RECURSOS_FITOGENETICOS_2012.pdf
61. Rodríguez Amaya, D. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. (en línea). Washington, D. C., International Life Sciences Institute. 71 p. Consultado may. 2013. Disponible en http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacq929.pdf
62. Rubatsky, V.; Quiros, C.; Simon, P. 1999. Carrots and related vegetable Umbelliferae. New York, CABI. 294 p.
63. Ruiz, A. 2014. Recursos genéticos para la agricultura y la alimentación. (en línea). Centro de Biotecnología. 1 (1): 6-13. Consultado nov. 2014. Disponible en

http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-9-6/2_articulo_de_revision_6_-_13_b1.pdf

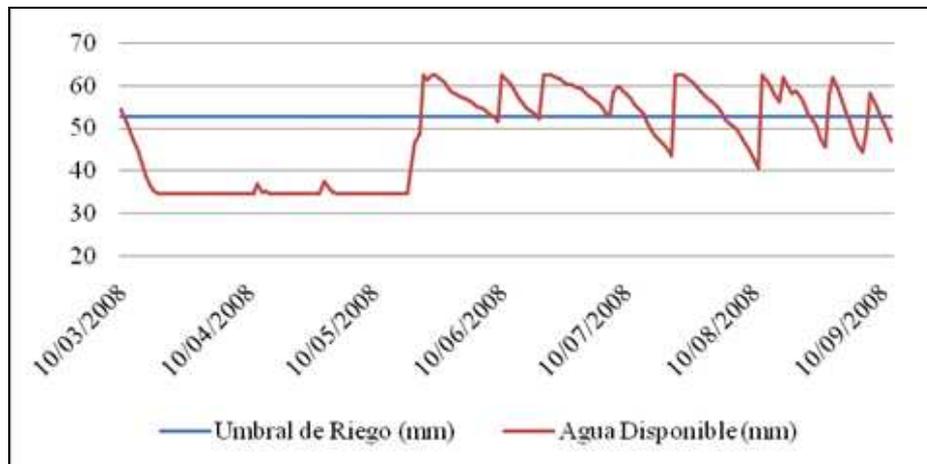
64. Sarandón, S. 2002. Agroecología; el camino hacia una agricultura sustentable Buenos Aires, Ediciones Científicas Americanas. 557 p.
65. Sarli, A. 1980. Tratado de horticultura. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 459 p.
66. Schäfer, C.; Gutiérrez, M.; Klemp, L.; Henne, G.; Müller, A. 2002 .The convention on biological diversity; ensuring gender-sensitive implementation. Eschborn, GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, DE). 44 p.
67. Ventrera, N.; Vignoni, L.; Alessandro, M.; Césari, M.; Césari, R.; Guinle, V.; Giménez, A.; Tapia, O. 2013. Caracterización por contenido de β -carotenos de ocho cultivares de zanahoria (*Daucus carota L.*) y su relación con el color. (en línea). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. 45(2): 211-218. Consultado nov. 2014. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652013000200016&script=sci_arttext
68. Vigliola, M. I. 1986. Manual de horticultura. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 235 p.

9. ANEXOS

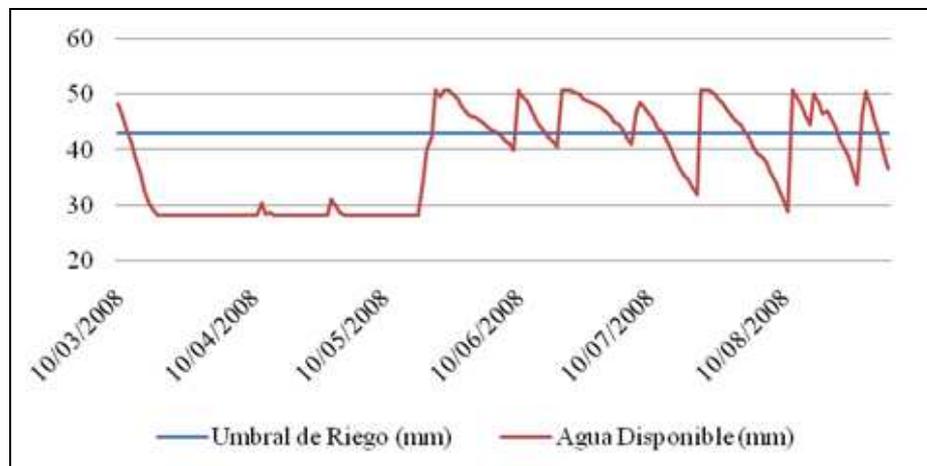
Anexo No.1. Número de productores, superficie cosechada, producción total y rendimiento de zanahoria para las zafras 2010 a 2014, en las zonas sur y norte de Uruguay.

Zona Sur				
Zafra	No.Productores	Superficie cosechada (has)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2014	275	656	10.062	15,3
2013	271	889	14.987	16,9
2012	347	1207	19.571	16,2
2011	397	1268	18.255	14,4
2010	397	1268	18.255	14,4
Zona Norte				
Zafra	No.Productores	Superficie cosechada (has)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2014	57	433	8.306	19,2
2013	40	247	4.567	18,5
2012	49	294	4.120	14
2011	47	303	3.838	12,7
2010	52	265	4.299	16,2

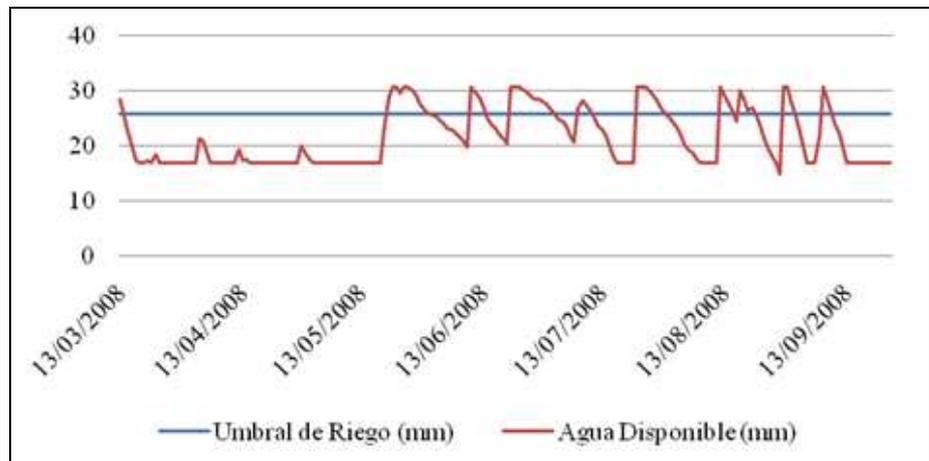
Anexo No.2. Contenido de agua en el suelo a lo largo del ciclo de crecimiento en el sitio Centro Regional Sur.



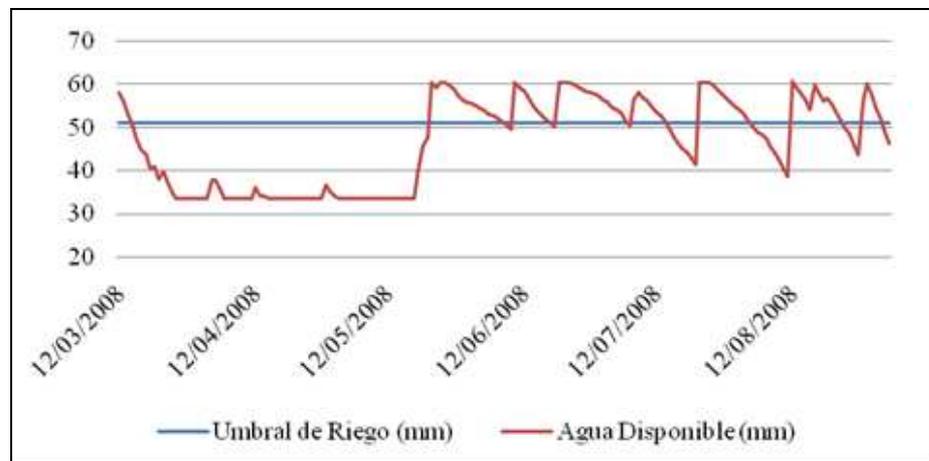
Anexo No.3. Contenido de agua en el suelo a lo largo del ciclo de crecimiento en el sitio Costas de Pando.



Anexo No.4. Contenido de agua en el suelo a lo largo del ciclo de crecimiento en el sitio Rincón de la Bolsa.



Anexo No.5. Contenido de agua en el suelo a lo largo del ciclo de crecimiento en el sitio San Antonio.



Anexo No.6. Rendimiento total en el sitio CRS para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento total (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	56,36	3,61	a
CRS	48,02	3,61	a
CRS 30	52,83	3,61	a
González	56,53	3,61	a
Guarisco	42,85	3,61	ab
Kuroda	27,43	3,61	b
Rodríguez	53,31	3,61	a
Vega	54,51	3,61	a

Anexo No.7. Rendimiento total en el sitio Costas de Pando para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento total (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	43,63	3,61	ab
CRS	43,70	3,61	ab
CRS 30	54,87	3,61	a
González	31,02	3,61	bc
Guarisco	34,16	3,61	bc
Kuroda	13,85	3,61	c
Rodríguez	44,84	3,61	ab
Vega	43,77	3,61	ab

Anexo No.8. Rendimiento total en el sitio Rincón de la Bolsa para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento total (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	34,48	3,61	ab
CRS	32,35	3,61	ab
CRS 30	32,84	3,61	ab
González	23,99	3,61	ab
Guarisco	32,08	3,61	ab
Kuroda	17,68	3,61	b
Rodríguez	41,64	3,61	a
Vega	36,44	3,61	ab

Anexo No.9. Rendimiento total en el sitio San Antonio para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento total (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	8,91	3,61	a
CRS	6,54	3,61	a
CRS 30	6,71	3,61	a
González	6,63	3,61	a
Guarisco	5,36	3,61	a
Kuroda	1,70	3,61	a
Rodríguez	5,49	3,61	a
Vega	5,07	3,61	a

Anexo No.10. Rendimiento comercial en el sitio CRS para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento comercial (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	23,28	2,96	abc
CRS	19,92	2,96	abc
CRS 30	26,84	2,96	ab
González	32,93	2,96	a
Guarisco	15,74	2,96	bc
Kuroda	8,13	2,96	c
Rodríguez	20,31	2,96	abc
Vega	30,33	2,96	ab

Anexo No.11. Rendimiento comercial en el sitio Costas de Pando para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento comercial (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	19,01	2,96	abc
CRS	18,57	2,96	bc
CRS 30	35,66	2,96	a
González	17,27	2,96	bc
Guarisco	20,88	2,96	abc
Kuroda	7,81	2,96	c
Rodríguez	25,74	2,96	ab
Vega	24,86	2,96	ab

Anexo No.12. Rendimiento comercial en el sitio Rincón de la Bolsa para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento comercial (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	12,30	2,96	a
CRS	15,72	2,96	a
CRS 30	15,86	2,96	a
González	12,19	2,96	a
Guarisco	15,68	2,96	a
Kuroda	9,37	2,96	a
Rodríguez	20,82	2,96	a
Vega	22,26	2,96	a

Anexo No.13. Rendimiento comercial en el sitio San Antonio para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Rendimiento comercial (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	3,9277	2,9591	a
CRS	4,2057	2,9591	a
CRS 30	3,661	2,9591	a
González	2,6277	2,9591	a
Guarisco	3,3833	2,9591	a
Kuroda	0,6053	2,9591	a
Rodríguez	2,9333	2,9591	a
Vega	2,9447	2,9591	a

Anexo No.14.Descartes en el sitio CRS para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Descartes (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	33,07	1,83	a
CRS	28,10	1,83	ab
CRS 30	25,99	1,83	ab
González	23,61	1,83	ab
Guarisco	27,11	1,83	ab
Kuroda	19,30	1,83	b
Rodríguez	32,99	1,83	a
Vega	24,17	1,83	ab

Anexo No.15. Descartes en el sitio Costas de Pando para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Descartes (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	24,62	1,83	a
CRS	25,13	1,83	a
CRS 30	19,21	1,83	ab
González	13,75	1,83	bc
Guarisco	13,28	1,83	bc
Kuroda	6,05	1,83	c
Rodríguez	19,10	1,83	ab
Vega	18,91	1,83	ab

Anexo No.16. Descartes en el sitio Rincón de la Bolsa para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Descartes (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	22,18	1,83	a
CRS	16,63	1,83	abc
CRS 30	16,98	1,83	abc
González	11,79	1,83	bc
Guarisco	16,40	1,83	abc
Kuroda	8,30	1,83	c
Rodríguez	20,82	1,83	ab
Vega	14,18	1,83	abc

Anexo No.17. Descartes en el sitio San Antonio para los distintos materiales genéticos utilizados (t/ha).

Materiales Genéticos	Descartes (t/ha)	Error Standard	Significancia
Becaría	4,98	1,8297	a
CRS	2,339	1,8297	a
CRS 30	3,0483	1,8297	a
González	4	1,8297	a
Guarisco	1,9723	1,8297	a
Kuroda	1,0943	1,8297	a
Rodríguez	2,561	1,8297	a
Vega	2,1223	1,8297	a

Anexo No.18. Población de raíces, para los distintos sitios (No.raíces/m²).

Sitio	No. raíces/hectárea	No. raíces/m ²
Rincón de la Bolsa	1.677.083 a	168
CRS	1.654.861 a	166
Costas de Pando	948.087 b	95
San Antonio	480.972 c	48

Anexo No.19. Evolución del peso fresco aéreo para los distintos materiales genéticos en el sitio CRS.

Materiales Genéticos	DDS				
	0	74	110	147	183
Becaría	0 a	6,6 a	19,9 a	11,7 ab	14,9 a
CRS	0 a	7,6 a	22,1 a	17,8 a	15,7 a
CRS 30	0 a	6,2 a	16,4 a	14,2 ab	13,9 a
González	0 a	7,2 a	19,9 a	16,3 ab	17,9 a
Guarisco	0 a	7,0 a	13,4 a	9,8 ab	15,2 a
Kuroda	0 a	5,3 a	23,3 a	16,3 ab	11,4 a
Rodríguez	0 a	5,7 a	14,9 a	6,4 b	8,8 a
Vega	0 a	5,9 a	19,6 a	18,6 a	16,1 a

Anexo No.20. Evolución del peso fresco aéreo para los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	DDS				
	0	74	110	147	183
Becaría	0 a	1,4 a	2,4 a	11,5 abc	14,1bc
CRS	0 a	2,2 a	2,7 a	11,1 abc	15,5 bc
CRS 30	0 a	2,6 a	1,5 a	14,2 ab	19,9 ab
González	0 a	1,2 a	3,3 a	16,4 a	25,3 a
Guarisco	0 a	1,8 a	1,2 a	4,7 c	9,8 bc
Kuroda	0 a	1,4 a	1,7 a	5,4 bc	6,5 c
Rodríguez	0 a	2,1 a	1,4 a	7,3 abc	7,1 c
Vega	0 a	1,7 a	1,8 a	11,9 abc	19,4 ab

Anexo No.21. Evolución del peso fresco de raíz para los distintos materiales genéticos en el sitio CRS.

Materiales Genéticos	DDS				
	0	74	110	147	183
Becaría	0 a	7,2 a	50,1 ab	42,6 a	82,5 ab
CRS	0 a	9,9 a	47,9 ab	58,9 a	101,3 a
CRS 30	0 a	8,4 a	36,9 b	38,7 a	54 b
González	0 a	7,6 a	47,4 ab	40,3 a	74,2 ab
Guarisco	0 a	12,3 a	51,1 ab	59,1 a	98,1 a
Kuroda	0 a	4,4 a	34,1 b	45,1 a	86,6 ab
Rodríguez	0 a	13,3 a	71,9 a	53,9 a	77,2 ab
Vega	0 a	7,3 a	37,1 b	63,1 a	81,9 ab

Anexo No.22. Evolución del peso fresco de raíz para los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	DDS				
	0	74	110	147	183
Becaría	0 a	1,5 a	3,7 a	25,4 ab	27,4 b
CRS	0 a	2,4 a	2,9 a	29,8 ab	38,4 b
CRS 30	0 a	2,3 a	2,9 a	29,1 ab	44,9 ab
González	0 a	1,3 a	4,0 a	23,6 ab	37,3 b
Guarisco	0 a	2,5 a	1,8 a	13,7 b	32,8 b
Kuroda	0 a	0,9 a	2,0 a	12,2 b	38,3 b
Rodríguez	0 a	2,5 a	5,4 a	22,4 ab	35,2 b
Vega	0 a	1,9 a	3,5 a	33,2 a	63,1 a

Anexo No. 23. Frecuencia relativa de tipo de forma de raíz de los distintos materiales genéticos en el sitios CRS.

Materiales Genéticos	Cónica	Cilindro-Cónica	Cilíndrica
Becaría	0,03	0,79	0,17
CRS 30	0,00	0,93	0,07
CRS	0,00	0,72	0,28
González	0,19	0,74	0,06
Guarisco	0,00	0,23	0,77
Kuroda	0,07	0,55	0,38
Rodríguez	0,00	0,26	0,74
Vega	0,00	0,88	0,13

Anexo No. 24. Frecuencia relativa de tipo de forma de raíz de los distintos materiales genéticos en el sitios Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	Cónica	Cilindro-Cónica	Cilíndrica
Becaría	0,00	0,84	0,16
CRS 30	0,00	0,81	0,19
CRS	0,03	0,94	0,03
González	0,00	0,90	0,10
Guarisco	0,00	0,26	0,74
Kuroda	0,47	0,53	0,00
Rodríguez	0,00	0,36	0,64
Vega	0,00	0,93	0,07

Anexo No. 25.Frecuencia relativa de la forma de la punta de la raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio CRS.

Materiales Genéticos	Aguda	Redondeada
Becaría	0,69	0,31
CRS30	0,47	0,53
CRS	0,34	0,66
González	0,77	0,23
Guarisco	0,03	0,97
Kuroda	0,83	0,17
Rodríguez	0,10	0,90
Vega	0,44	0,56

Anexo No. 26.Frecuencia relativa de la forma de la punta de la raíz de los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	Aguda	Redondeada
Becaría	0,82	0,18
CRS30	0,55	0,45
CRS	0,52	0,48
González	0,71	0,29
Guarisco	0,16	0,84
Kuroda	0,93	0,07
Rodríguez	0,21	0,79
Vega	0,63	0,37

Anexo No. 27. Frecuencia relativa de color de piel de los distintos materiales genéticos para el sitio CRS.

Materiales Genéticos	Naranja pálido	Naranja medio	Naranja intenso
Becaría	0,00	0,46	0,54
CRS 30	0,00	0,16	0,84
CRS	0,00	0,27	0,73
González	0,00	0,07	0,93
Guarisco	0,00	0,16	0,84
Kuroda	0,00	0,00	1,00
Rodríguez	0,00	0,26	0,74
Vega	0,00	0,30	0,70

Anexo No. 28. Frecuencia relativa de color de piel de los distintos materiales genéticos para el sitio Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	Naranja pálido	Naranja medio	Naranja intenso
Becaría	0,00	0,41	0,59
CRS 30	0,07	0,37	0,57
CRS	0,00	0,34	0,66
González	0,03	0,06	0,90
Guarisco	0,00	0,23	0,77
Kuroda	0,00	0,24	0,76
Rodríguez	0,00	0,42	0,58
Vega	0,06	0,31	0,63

Anexo No. 29. Frecuencia relativa de zanahorias con color de floema naranja intenso para el sitio CRS.

Materiales Genéticos	Frecuencia relativa
Becaría	0,62
CRS 30	0,69
CRS	0,72
González	0,87
Guarisco	0,80
Kuroda	0,93
Rodríguez	0,68
Vega	0,72

Anexo No. 30. Frecuencia relativa de zanahorias con color de floema naranja intenso para el sitio Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	Frecuencia relativa
Becaría	0,53
CRS 30	0,77
CRS	0,76
González	0,90
Guarisco	0,84
Kuroda	1,00
Rodríguez	0,82
Vega	0,73

Anexo No. 31. Frecuencia relativa de color de xilema de los distintos materiales genéticos para el sitio CRS.

Materiales Genéticos	Amarillo Pálido	Amarillo intenso	Naranja pálido	Naranja intenso
Becaría	0,03	0,41	0,24	0,31
CRS 30	0,10	0,17	0,33	0,40
CRS	0,03	0,31	0,14	0,52
González	0,00	0,00	0,19	0,81
Guarisco	0,00	0,07	0,13	0,80
Kuroda	0,00	0,00	0,03	0,97
Rodríguez	0,06	0,32	0,35	0,26
Vega	0,00	0,09	0,34	0,56

Anexo No. 32. Frecuencia relativa de color de xilema de los distintos materiales genéticos para el sitio Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	Amarillo Pálido	Amarillo intenso	Naranja pálido	Naranja intenso
Becaría	0,03	0,81	0,13	0,03
CRS 30	0,00	0,39	0,26	0,35
CRS	0,03	0,39	0,21	0,36
González	0,00	0,00	0,19	0,81
Guarisco	0,00	0,06	0,23	0,71
Kuroda	0,00	0,00	0,00	1,00
Rodríguez	0,04	0,50	0,32	0,14
Vega	0,00	0,07	0,37	0,57

Anexo No. 33. Frecuencia relativa de zanahorias con color de xilema amarillo para los distintos materiales genéticos en el sitio CRS.

Materiales Genéticos	Frecuencia relativa
Becaría	0,45 a
CRS	0,35 a
CRS 30	0,26 a
Guarisco	0,63 a
Rodríguez	0,39 a
Vega	0,91 a

Anexo No. 34. Frecuencia relativa de zanahorias con color de xilema amarillo para los distintos materiales genéticos en el sitio Rincón de la Bolsa.

Materiales Genéticos	Frecuencia relativa
Bacaría	0,84 a
CRS	0,42 ab
CRS 30	0,38 b
Guarisco	0,06 b
Rodríguez	0,54 ab
Vega	0,06 b