AGROPECUARIA

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) BAJO MODELOS SOCIOTECNOLÓGICOS LOCALES COMO ESTRATEGIA DE SOBERANÍA ALIMENTARIA

CARROT SEED PRODUCTION (*Daucus carota* L.) UNDER LOCAL SOCIO-TECHNOLOGICAL MODELS AS A STRATEGY FOR FOOD SOVEREIGNTY

Autores:

Higuera, Caroly [1*]
ORCID: 0000-0002-1324-4333

Montilla, Marisol [2]
ORCID: 0009-0009-3691-7121

Romero, Raquel [3]
ORCID: 0009-0009-6971-9551

[1] Subdireccción de Educación Avanzada e Investigación. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR – Mucuchíes). Mérida Venezuela.
[2] Técnico de campo de la Corporación para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Venezuela (CODECYT-MINCYT-Mucuchíes). Mérida. Venezuela.
[3] Coordinación de la Maestría en Agroecología UNESR – Mucuchíes. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR - Mucuchíes). Mérida. Venezuela.

***Corresponding Author:** carolyunesr@gmail.com

RESUMEN

La producción hortícola en los valles altoandinos de Venezuela, enfrenta una severa dependencia de las semillas importadas, lo cual amenaza la soberanía alimentaria local. El objetivo de esta investigación, fue evaluar la producción de la semilla botánica de zanahoria (*Daucus carota* L.), bajo el enfoque de modelos sociotecnológicos locales de producción, en el Municipio Rangel, Estado Mérida. En lugar de un diseño experimental clásico homogeneizado, se adoptó un enfoque adaptativo territorializado, mediante el establecimiento de dos sistemas independientes, ajustados a nichos ecológicos específicos; el método Semilla-Semilla (SS) en Escagüey a 2.206 msnm, utilizando el cultivar Cenoura BRS Paranoá y el Raíz-Semilla (RS) en Apartaderos a 3.500 msnm, con el cultivar comercial Súper Flakker. Los datos fueron procesados mediante modelación lineal, en el software R; el análisis del rendimiento acumulado por planta individual, no mostró diferencias estadísticas significativas ($p = 0.393$) entre ambos modelos, evidenciando un potencial biológico equivalente de los cultivares. No obstante, el análisis de varianza para medidas repetidas, determinó un efecto altamente significativo del factor tiempo ($p=0.0070$), donde el sistema SS demostró una tasa de maduración y desprendimiento de semillas, significativamente más acelerada y homogénea en las primeras semanas. A escala poblacional, el método SS alcanzó una producción total de 430 g (59,72 Kg/ha), frente a los 320 g (46,78 Kg/ha) del RS, debido a una mayor tasa de supervivencia, y al óptimo establecimiento del cultivo en campo. Se concluye que la producción artesanal de semillas andinas, es viable y competitiva, demostrando que la soberanía alimentaria no depende de recetas tecnológicas homogéneas, sino de la diversificación de estrategias socio-tecnológicas, adaptadas a la heterogeneidad de los nichos ecológicos locales.

Palabras clave: Agroecología, enfoque sistémico, germoplasma, innovación local, manejo adaptativo.

ABSTRACT

Horticultural production in the high Andean valleys of Venezuela faces a severe dependence on imported seeds, threatening local food sovereignty. The objective of this research was to evaluate the production of botanical carrot (*Daucus carota* L.) seeds under the approach of local sociotechnical production models in the Rangel Municipality, Mérida State. Instead of a homogenized classical experimental design, a territorialized adaptive approach was adopted through the establishment of two independent systems adjusted to specific ecological niches: the Seed-to-Seed (SS) method in Escagüey (2,206 msl) using the cultivar Cenoura BRS Paranoá, and the Root-to-Seed (RS) method in Apartaderos (3,500 msl) with the commercial cultivar Súper Flakker. Data were processed using linear modeling in R software. The analysis of cumulative yield per individual plant showed no statistically significant differences ($p = 0.393$) between both models, evidencing an equivalent biological potential of the cultivars. However, the analysis of variance for repeated measures determined a highly significant effect of the time factor ($p = 0.0070$), where the SS system demonstrated a significantly faster and more homogeneous seed maturation and shattering rate during the first weeks. At the population scale, the SS method reached a total production of 430 g (59.72 kg/ha) compared to 320 g (46.78 kg/ha) for the RS method, due to a higher survival rate and optimal crop establishment in the field. It is concluded that small-scale artisanal Andean seed production is viable and competitive, demonstrating that food sovereignty does not depend on homogeneous technological recipes, but rather on the diversification of sociotechnical strategies adapted to the heterogeneity of local ecological niches.

Key words: Agroecology, systemic approach, germplasm, local innovation, adaptive management

Recibido: 15/07/2026 **Aprobado:** 09/10/2026

INTRODUCCIÓN

Las semillas constituyen el fundamento del sustento humano; más que un insumo básico para la producción de alimentos, articulan un entramado de valores socioculturales, políticos y territoriales esenciales para la reproducción social y la soberanía de las comunidades campesinas e indígenas (Sáenz-Torres et al., 2021). Las semillas y sus prácticas asociadas, configuran verdaderos sistemas sociotecnológicos locales (Thomas et al., 2020); donde las dimensiones biológicas de los cultivares, las restricciones bioclimáticas y los saberes tradicionales se entrelazan de manera indisoluble para dar respuesta a la heterogeneidad de los territorios. (Giraldo & Rosset 2021)

Bajo este enfoque sistémico, garantizar la soberanía alimentaria implica reconceptualizar la agricultura y sus insumos clave empezando por la semilla más allá del valor mercantil. Las redes de guardianes de semillas custodian las variedades locales como patrimonio vivo, garantizando la soberanía alimentaria y la autonomía tecnológica en la agricultura familiar (Sáenz-Torres et al., 2021).

Por ello, la autonomía del germoplasma se sustenta en la validación de estos modelos locales, que asimilan e integran tecnologías sociales y apropiadas en función de las capacidades y potencialidades de cada comunidad (Thomas et al., 2020).

Como destaca IPES-Food (2023), la recuperación, reproducción y conservación de las semillas campesinas y criollas representa un acto de resistencia biopolítica que busca romper con la dependencia del oligopolio agrocorporativo transnacional (liderado por firmas como Bayer-Monsanto, Corteva y Syngenta), el cual ha llegado a controlar cerca del 60% del mercado mundial de semillas comerciales. Frente a esta hiperconcentración que privatiza la agrobiodiversidad, el resguardo comunitario de las semillas restablece la autonomía tecnológica del campesinado y garantiza la sostenibilidad de los agroecosistemas locales. Para Felicien (2021), la producción de semillas en Venezuela, enfrenta una crisis estructural y una alta dependencia de importaciones, debido a medidas coercitivas y fallas de infraestructura, profundizando la necesidad de buscar una soberanía nacional.

En el estado Mérida, particularmente en el Municipio Rangel, la siembra de la zanahoria (*Daucus carota* L.) es una actividad relevante, y un rubro estratégico de rotación después de la papa. Esta práctica tradicional, aprovecha los nutrientes remanentes y optimiza los costos, mediante la eficiencia en el uso de nutrientes (FAO 2019). Sin embargo, el inicio del ciclo de cultivo de la zanahoria se encuentra severamente condicionado por la adquisición de semillas importadas, lo que representa una carga económica considerable para los productores. Esta dependencia genera una doble problemática, por un lado, la limitada oferta restringe el proceso de selección de variedades idóneas para cada zona; por el otro, el material genético importado suele presentar fallas de adaptación a las condiciones edafoclimáticas locales. En consecuencia, esto se traduce en una progresiva reducción de los rendimientos por hectárea y en un incremento directo de los costos de producción. Desde la perspectiva agroecológica, superar esta limitante no depende de recetas homogéneas; por el contrario, requiere evaluar propuestas diversificadas y adaptadas a la heterogeneidad socioambiental de la región (Altieri y Nicholls 2020).

En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de semillas de zanahoria, bajo el enfoque de modelos sociotecnológicos locales de producción; como una estrategia de soberanía alimentaria en dos comunidades del Municipio Rangel. Esta estructuración metodológica, responde a un diseño adaptativo y participativo, que prioriza el acoplamiento agroclimático y cultural, preexistente de cada binomio método-genotipo, en su respectivo piso altitudinal.

MÉTODO

Área de estudio

El estudio se realizó en dos localidades geográficas, con diferentes condiciones agroclimáticas y pisos altitudinales. El método de siembra SS, se estableció en la finca El Estití, parroquia Mucurubá, en el estado Mérida, Venezuela, a 8° 41' 27" N y 70° 59' 56’ O; a una altitud de 2.206 *msnm*, con un clima frío de montaña y una temperatura promedio de 22ºC. Mientras que el método de siembra RS, se estableció en la finca La Vega, en la parroquia San Rafael, en el mismo estado, a 8°48'22" N y con una longitud de 70°50'41" O, altitud de 3.500 *msnm*, que presenta un clima de alta montaña tropical con una temperatura media de10ºC.

Tabla 1. Localidades donde fue evaluada la producción de raíces a partir de las semillas obtenidas en los dos métodos de siembra, RS y SS

Localidad	Ubicación Geográfica	*Altitud (msnm)*	Cultivar a Evaluar
Finca “Los Lirios”, municipio Rangel, estado Mérida.	8.7495018 N 70.9023146 O	2.870	*Daucus carota* “Super Flakker”
Finca “El Estití” municipio Rangel, estado Mérida.	8.6903314 N -71.0007101 O	2.212	*Daucus carota* “Cenoura BRS Paranoá”

Diseño de Experimentos

Para ambos casos, se estableció un diseño experimental de bloques al azar.

Dado el carácter sistémico y participativo de esta investigación, se optó por un diseño adaptativo territorializado, en lugar de un experimento clásico homogeneizado.

Las modalidades de siembra (SS y RS) se evaluaron como modelos sociotécnicos locales en las unidades de producción seleccionadas junto a las familias agricultoras. En este contexto real de manejo territorializado, se determinaron la viabilidad, el rendimiento y la dinámica temporal de cada método en las áreas de mayor adaptación técnica previamente identificadas.

El método SS, usó el cultivar Cenoura BRS Paranoá en Escagüey a 2.206 msnm, mientras que el método RS utilizó el cultivar Súper Flakker, en Apartaderos a 3.500 msnm. Esta asignación responde a criterios de optimización, agroecológica y a una adaptabilidad bioclimática preexistente, no a un diseño factorial aleatorizado.

El análisis estadístico no busco comparar genotipos de forma aislada, sino evaluar la viabilidad, el rendimiento y el comportamiento temporal de cada sistema en su contexto real; generando información aplicable para la soberanía alimentaria local. Este enfoque es coherente con los principios de la investigación-acción participativa, y la construcción de tecnologías apropiadas para el desarrollo inclusivo. (Thomas et al., 2020)

Manejo Agronómico

Se utilizaron dos cultivares de semilla de zanahoria, para el método de SS se usó, el cultivar Cenoura BRS Paranoá, suministrada por técnicos del Movimiento de los Trabajadores Sin Tierra de Brasil (MST), el mismo tiene su origen en el cultivar de Brasília. A lo largo de 28 años, se seleccionaron raíces con el mejor patrón comercial y se recombinaron, en un sistema de cultivo convencional, con el objetivo de obtener una población mejorada en cuanto a productividad, calidad de las raíces y resistencia a las enfermedades. El resultado fue una población estabilizada, con un patrón de raíces similar al del tipo «Nantes»; desde 2006, BRS Paranoá ha sido evaluada, en pruebas de validación en el sistema de producción ecológica en diferentes localidades de Brasil, destacando por su productividad y estabilidad (Carvalho 2020).

De igual manera, para el método RS, se utilizaron raíces del cultivar Super Flakker; de acuerdo con la ficha técnica Vilmorin (2020), debido a que es un tipo de zanahoria de raíz de gran tamaño, con forma levemente cónica y truncada, tiene un suave color naranja y un alto contenido de sólidos solubles. También es altamente resistente a las heladas, siendo muy usada para el almacenamiento en estado natural, en la agroindustria de congelación y conservación. Este tipo de zanahoria es gruesa, de unos 18-20 cm de largo y posee buen sabor; es de siembra anual, con follaje robusto y vigoroso, de alta calidad y con pureza al 98%. Destaca por su excelente coloración tanto interna como externa, sus raíces cilíndricas, largas y de buena germinación.

Como precisan Saavedra del R. et al. (2019), la variedad de polinización abierta Super Flakker presenta atributos sobresalientes como buen calibre, alto potencial de rendimiento, notable homogeneidad de color y una excelente inserción foliar en rangos de alta montaña (1.800 y 2.900 m s. n. m.).

Etapas de la investigación

(1) Establecimiento de las parcelas según los métodos de siembra (SS y RS), concebidos como modelos sociotécnicos locales.

(2) Gestión agronómica de los ensayos:
   a. Para el método de siembra SS, se utilizó un área de 72 m², usando 18 gr de semilla del cultivar Cenoura BRS Paranoá; para tal objetivo, se establecieron 8 camas de 80 cm de ancho y una altura de 20 cm, donde se distribuyeron uniformemente las semillas, que posteriormente fueron tapadas con una capa espolvoreada de suelo, y por último se les aplicó un riego suave. Posterior a la germinación de las semillas, se realizó la práctica de entresaque, para establecer una población final de 160 plantas.

   b. Con respecto al método RS, inicialmente fueron cosechadas una población de 400 raíces del cultivar Super Flakker, con una edad fisiológica de 150 días desde su establecimiento; para ello se realizó una preselección del material garantizando la sanidad de las raíces, cuyas dimensiones fueron de 20 cm de largo x 3.5 cm de diámetro aproximadamente, y un peso promedio de 200 g, las raíces fueron sometidas a una limpieza, retirando con un paño todos los residuos de tierra (sin lavar), para luego cortarle a cada raíz alrededor de 12 cm de follaje desde la parte apical, el corte se realizó con una tijera, previamente esterilizada en una solución de alcohol al 70%. Posteriormente, se procedió a colocarlas bajo refrigeración en una nevera a 7ºC, por un lapso de 40 días; esta acción se realizó con el objetivo de activar el proceso de hibernación o dormancia. Luego que las raíces, cumplieron con este tiempo se procedió a sacarlas y establecerlas en campo, para ello fue considerado un área disponible de 72 m², utilizándose una población de 160 raíces. Para la siembra se acondicionó el terreno, eliminando las arvenses de forma manual, se removió el terreno humedecido previamente, para que a continuación se abrieran huecos, a una profundidad de 30 cm y un diámetro de 5 cm, se tomó como densidad de siembra 45 cm en la hilera y 100 cm entre hilera. Al momento de la siembra, las raíces fueron previamente desinfectadas con cenizas, esto con el objeto de asegurar que ningún patógeno se alojara en la parte apical de las mismas, seguidamente se procedió a la siembra de las raíces, colocando les abundante tierra y eliminando cámaras de aire. El manejo agronómico, que se le dio a ambos métodos establecidos en las parcelas fue el mismo, caracterizándose por un enfoque agroecológico; para ello se utilizó un referencial de manejo de semillas, evaluado y validado previamente en campo, por los productores agroecológicos de la Asociación de Productores Integrales del

Páramo (PROINPA), que contempló el plan nutricional y fitosanitario. Las evaluaciones técnicas de observación, para ambas parcelas se realizaron inicialmente cada 15 días, los primeros 6 meses y estuvieron orientadas al desarrollo vegetativo y sanidad del cultivo. Cuando inició la cosecha de la semilla, las evaluaciones se realizaron cada 8 días, en ambos métodos de siembra.

c. Para ambos casos fue seleccionada una muestra de 30 plantas.

(3) Con respecto a la cosecha de las semillas obtenidas bajo el método de siembra, SS, establecido en la Finca El Estití, este se inició a los 284 días, comparado con el método RS en la finca la Vega, el cual fue a partir de los 291 días. Para ambos métodos, la cosecha se realizó cortando con la ayuda de una tijera, previamente desinfectada, las inflorescencias de las plantas pertenecientes a la muestra (umbelas), que presentaban las características propias de maduración de semilla (color marrón oscuro). Estas fueron colocadas en bolsas de papel, con medidas de 35 cm de largo x 25 cm de ancho, identificando cada una con la fecha de cosecha; posteriormente las umbelas, se colocaban al sol por una hora, para eliminar los restos de humedad, seguidamente se procedía a trillarlas, (separar las semillas de la umbela); luego se colocaban en un tamiz, para retirar las impurezas de las semillas (restos de tallos), seguidamente las semillas eran pesadas; todo el proceso antes descrito, se repitió de forma manual e individual, para cada planta que formó parte de la muestra, en ambos métodos de producción.

(4) Una vez obtenida la semilla, en ambos métodos, se le realizaron las pruebas de germinación y se evaluó el comportamiento del rendimiento, en diferentes pisos altitudinales, según el cultivo. En la tabla 1, se muestra información sobre las parcelas de evaluación de las semillas obtenidas.

(5) Finalmente, para el análisis estadístico, los datos registrados semanalmente de la producción de semilla (g/planta), se organizaron en una matriz digital. Dado que la investigación contempló, la evaluación de dos sistemas territoriales independientes (método SS y RS), se aplicó la prueba t-Student, para muestras independientes, con el fin de evaluar si existen diferencias significativas en el rendimiento promedio por planta, entre ambos sistemas de producción local. Los análisis se ejecutarán, mediante la modelación lineal, empleando el software estadístico R (versión ejecutable en el ambiente Google Collaboratory), verificando previamente, los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

RESULTADOS

1. Evaluación de la producción de semillas de zanahoria a partir de los métodos de siembra SS y RS (tabla 2)

Se aprecia primero que, al comparar el rendimiento en la producción de semillas de zanahoria con los dos métodos empleados, se comprobó que los mismos funcionan, para ambas localidades de estudio; considerando que las variedades de semillas empleadas se adaptan a las condiciones agroclimáticas, propias de cada piso altitudinal.

Así mismo, se observan datos del rendimiento como: producción promedio por muestra, producción total (acumulada) de la misma y producción total de la parcela, evidenciando que los valores más altos por parcela, se obtuvieron con el método SS en la Finca El Estití, con casi el doble de lo obtenido, a través del otro método RS en la otra localidad.

Previo a la comparación del rendimiento acumulado por planta, se verificaron los supuestos estadísticos de la modelación lineal, empleando las pruebas diagnósticas correspondientes de manera global. La normalidad de los residuos, se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, mientras que la homogeneidad de varianzas se constató, a través, de la prueba de Levene.

Tabla 2. Rendimiento de la producción de semillas de zanahoria (g/planta) obtenida bajo los métodos de siembra RS y SS

Localidad	Método de siembra	Población Total de plantas	Muestra	Producción Promedio en g/planta (muestra)	Producción Total (acumulada) de la muestra (g)	Producción Total de la Parcela (g)	Producción Total de la Parcela (kg)
Finca El Estití	SS	160	30	25,97	779,00	2.100,00	2,100
Finca La Vega	RS	160	30	22,97	689,00	1.315,00	1,315

Al confirmarse el cumplimiento de los supuestos básicos ($p > 0,05$), se procedió a ejecutar el análisis de varianza, para muestras independientes, a través, del modelo lineal en R, descartando la necesidad de aplicar la corrección de Welch, para varianzas desiguales. Este procedimiento, garantizó el rigor matemático y la confiabilidad de las comparaciones fenológicas subsecuentes, entre ambos sistemas territoriales.

Por su parte, al analizar la producción promedio en gramos por planta de la muestra, se encontró que fueron relativamente similares, como se refleja en el gráfico de la figura 1.

El diagrama de caja y bigotes (figura 1), describe la distribución del peso de semilla (g) por planta, al final del ciclo productivo. Desde una perspectiva analítica individualizada (por planta), la prueba estadística demostró, que no existen diferencias significativas entre ambos métodos ($p=0.393$). Esto significa que la capacidad biológica, intrínseca de una planta individualizada para generar biomasa de semillas, es estadísticamente equivalente, tanto para el cultivar Cenoura BRS Paranoá (método SS), como para Súper Flakker (método RS). Sin embargo, visualmente el gráfico de cajas revela que el modelo SS (Escagüey), presenta una dispersión más concentrada alrededor de la mediana, lo que se traduce en un comportamiento productivo más homogéneo y predecible, por planta en altitudes intermedias, mientras que el modelo RS (Apartaderos), exhibe colas de variabilidad más amplias, asociadas a la heterogeneidad ambiental de la alta montaña.

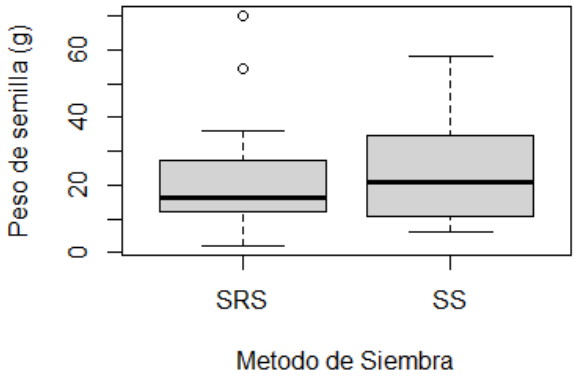

Figura 1. Comportamiento de la producción de semilla de zanahoria (g/planta)

Por otro lado, si se toma en cuenta el comportamiento de la producción de semilla, a lo largo de las semanas de muestreo (figura 2), donde la línea roja representa el método SS y la azul al método RS el modelo lineal para medidas repetidas, determinó un efecto altamente significativo del factor tiempo-sistema ($p=0.0070$). La curva de acumulación temporal, demuestra que el método socio-tecnológico de SS en Escagüey, mostró una velocidad de maduración y producción significativamente más acelerada, en las primeras semanas de evaluación, en comparación con el método RS en Apartaderos. Esta ventaja temporal del

modelo SS, confirma que las condiciones agroclimáticas de los valles intermedios, combinadas con la genética del material de Embrapa (Brasil), optimizan la tasa de llenado y secado de las umbelas, permitiendo una cosecha más eficiente y concentrada en el tiempo, reduciendo la exposición del germoplasma a riesgos climáticos tardíos; por su parte, en el método RS se da un incremento constante en la producción, hasta alcanzar su mayor valor en la semana 11.

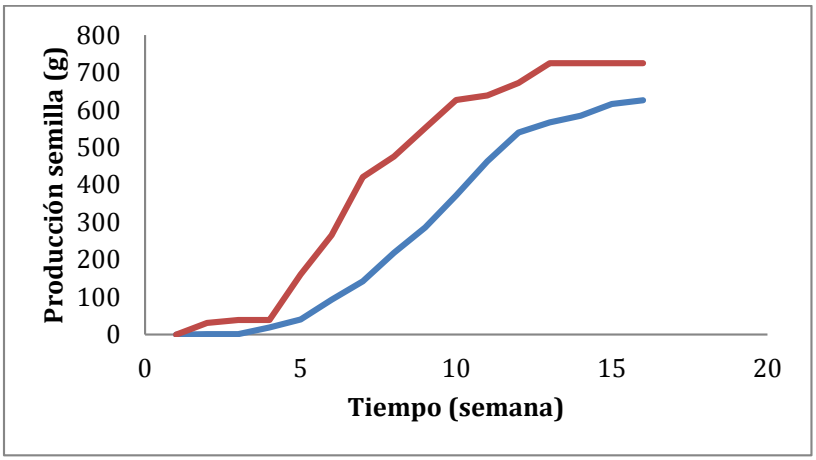

Figura 2. Producción temporal acumulada de la semilla en el tiempo

Por otra parte, al considerar el peso de la semilla en g y llevarlo al rendimiento total proyectado (Kg/ha), así como los totales de la parcela se observó que, a pesar de la similitud estadística en el rendimiento individual por planta, la evaluación del rendimiento global, proyectado por hectárea (figura 3) y la biomasa total cosechada, revelan la superioridad agronómica del método SS (430 g totales; 59,72 Kg/ha) sobre el RS (320 g totales; 46,78 Kg/ha). Esta divergencia a escala poblacional, se explica porque el enfoque sistémico de Escagüey (SS), garantiza una mayor tasa de supervivencia, y un establecimiento biológico más fuerte de la población vegetal en las camas de siembra. Mientras que en el sistema RS de Apartaderos, la densidad y la manipulación de las raíces, pudieron inducir pérdidas o fallas en la emergencia de los tallos florales; el sistema SS permitió un desarrollo ontogénico continuo desde la semilla botánica, maximizando el número de plantas efectivas para la cosecha, y consolidándose como la estrategia más eficiente, para el autoabastecimiento a gran escala.

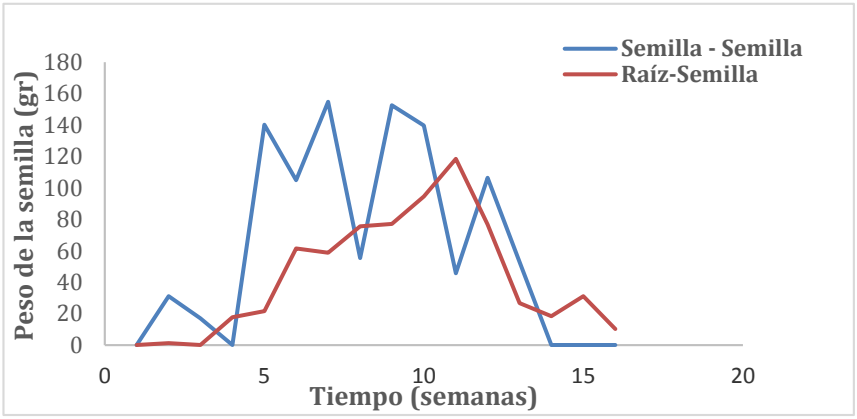

Figura 3. Producción (rendimiento) de la semilla de zanahoria por los métodos de siembra SS y RS

2. **Evaluación en campo de las raíces de zanahoria a partir de las semillas obtenidas por ambos métodos (tabla 3)**
   Al evaluar la producción de raíces a partir de la semilla obtenida mediante los dos métodos empleados, el comportamiento general en términos de rendimiento resultó óptimo para ambos materiales. Estos resultados sugieren que las condiciones altitudinales y agroclimáticas de la zona son altamente propicias para la producción tanto de semilla como de raíces de zanahoria en los cultivares evaluados. Dentro de este comportamiento, destaca de manera especial el cultivar *Super Flakker*, el cual alcanzó un rendimiento notablemente elevado de 3,75 kg/m² (equivalente a 37,5 t/ha), lo que evidencia una alta eficiencia en el uso del espacio bajo estas condiciones altitudinales. Cabe señalar que, aunque el método SS permitió obtener una mayor producción de semilla, esto no se tradujo en un incremento posterior del rendimiento de raíces en la siguiente generación. Este hallazgo sugiere que la calidad fisiológica de la semilla expresada en atributos como su tamaño, vigor y contenido de reservas ejerce una influencia significativamente más determinante sobre la productividad final de la raíz que la simple cantidad de semilla cosechada. En este sentido, como reportan Saavedra del R. et al. (2019), el establecimiento del cultivo mediante el método Raíz-Semilla (RS) favorece el vigor vegetativo inicial y el establecimiento del sistema radicular, aspectos clave para optimizar la respuesta agronómica del cultivo en zonas altas.

Tabla 3. Evaluación en campo del rendimiento de raíces comerciales, a partir de las semillas obtenidas bajo los dos métodos empleados (SS y RS).

Método	Cultivar	Gramos sembrados (g)	Área sembrada (m²)	Producción Total de raíces (kg)	Rendimiento total de raíces	
					kg/m²	t/ha
SS	Cenoura BRS Paranoá	60	214	230	1,07	10,70
RS	Super Flakker	22	4	15	3,75	37,50

Al interpretar las discrepancias biológicas y de rendimiento entre ambas parcelas, es imperativo resaltar, que los resultados reflejan la respuesta integral de sistemas de producción locales complejos y no una comparativa de variables puras en condiciones controladas. La superioridad del rendimiento de semillas en la Finca El Estití, mediante el método SS está ligada, tanto a la efectividad del método como a la resistencia al tizón foliar, siendo esta intrínseca del cultivar Cenoura BRS Paranoá, en un piso altitudinal intermedio (2.206 msnm). Por el contrario, el notable rendimiento de raíces comerciales de Súper Flakker (37,50 t/ha), en el método RS de la Finca La Vega, demuestra la robustez del material, y la ventaja fisiológica de utilizar la acumulación de carbohidratos de una mini-raíz vernalizada, en condiciones de alta montaña (3.500 msnm).

Esta diferenciación sistémica, lejos de restar validez al estudio, enriquece la investigación desde la perspectiva agroecológica, demostrando que la soberanía alimentaria en el Municipio Rangel, no se ve condicionado por una receta especializada única, sino de la diversificación de las estrategias tecnológicas, adaptadas a la heterogeneidad de los nichos ecológicos andinos.

Por su parte, la evaluación de modelos sociotecnológicos territorializados, permite reconocer que la eficiencia productiva no depende de la homogeneización de las variables, sino de la capacidad de adaptación y resiliencia de los cultivares a sus nichos ecológicos específicos (Altieri y Nicholls 2020). Así mismo, la construcción de la soberanía alimentaria y la autonomía de semillas se sustenta en modelos locales de producción que asimilan e integran tecnologías apropiadas según las restricciones y potencialidades de cada piso altitudinal (Sáenz-Torres et al., 2021)

A continuación, se presentan, en las figuras 4, 5 y 6, imágenes que resumen las actividades realizadas durante el desarrollo de la investigación.



Figura 4. Acondicionamiento del terreno, establecimiento de parcelas, siembra, seguimiento y evaluación de las semillas obtenidas a partir del método SS. Finca El Estiti.



Figura 5. Acondicionamiento del terreno, establecimiento de parcelas, siembra, seguimiento y evaluación de las semillas obtenidas a partir del método RS. Finca La Vega.



Figura 6. Evaluación en campo de las raíces de la zanahoria a partir de las semillas producidas en los dos métodos, RS y SS.

DISCUSIÓN

1. Evaluación de la producción de semillas de zanahoria a partir de los métodos empleados

Como señalan Saavedra y Kehr (2019), la zanahoria posee la capacidad de adaptarse de buena manera a diferentes ambientes, aunque depende del tipo y cultivo que se use. En la presente investigación, se ha constatado que es correcta dicha afirmación y se ha logrado producir la semilla de zanahoria con éxito empleando los métodos de producción de SS y RS, con las variedades Cenoura BRS Paranoá y Super Flakker.

Sin embargo, entre los dos sistemas sociotecnológicos territorializados, el método SS ha demostrado ser el más idóneo en las condiciones evaluadas, debido a que produjo una mayor cantidad de semillas en un menor tiempo que el método RS; contrario a los esquemas agronómicos tradicionales reportados por Saavedra del R. et al. (2019), donde la producción a partir de raíces seleccionadas (RS) presenta un mayor techo productivo por unidad de superficie frente al método directo. Adicionalmente, se evidenció que puede implementarse el método SS, en las condiciones de montaña tropical presentes, en las localidades de estudio sin las limitaciones que imponen la estación de invierno, en otras latitudes, y las pérdidas de raíces que pueden darse durante el proceso de vernalización artificial, con el uso del método RS (Navazio *et al.,* 2010). Por su parte, el comportamiento de la producción de la semilla por el RS, al mostrar menor variabilidad en el tiempo, permitiendo una producción más progresiva y sostenida a lo largo del tiempo; alcanzando su punto máximo en las semanas posteriores. Este análisis puede ser útil, para planificar mejor los momentos de cosecha y optimizar la producción de semillas, según el método utilizado.

En relación con la producción promedio de semillas por planta, con el uso de ambos métodos y los dos cultivares empleados, los valores obtenidos estuvieron por debajo de los reportados por González Idiarte et al. (2012), quienes señalaron rendimientos potenciales de semilla comercial en rangos superiores según la densidad poblacional y la dominancia apical de las umbelas primarias y secundarias en sistemas de multiplicación. Sin embargo, la viabilidad de los modelos sociotecnológicos locales no solo se mide por el rendimiento volumétrico, sino por la calidad integral del germoplasma obtenido. La calidad de la semilla constituye un concepto multidimensional que trasciende la visión comercial para integrar atributos genéticos, fisiológicos, físicos y sanitarios vinculados a la autonomía de los bienes comunes (Bernal López & Amaya Castaño, 2023). En este estudio, la preservación de estas cualidades se viabiliza mediante la adaptación de los métodos de siembra a sus respectivos nichos ecológicos, garantizando que el proceso de maduración y cosecha artesanal preserve el vigor y el potencial germinativo del lote sin depender de infraestructuras industriales complejas.

En este estudio, la preservación de estas cualidades se viabiliza mediante la adaptación de los métodos de siembra a sus respectivos nichos ecológicos, garantizando que el proceso de maduración y cosecha artesanal preserve el vigor y el potencial germinativo del lote sin depender de infraestructuras industriales complejas.

2. Evaluación en campo de las raíces de zanahoria a partir de las semillas obtenidas por ambos métodos

Se pudo observar que, al comparar los rendimientos del cultivo de zonas bajas, Cenoura Paranoá (10,70 t/ha), los mismos están por debajo de los rendimientos promedios, que alcanzan los productores de la zona en el municipio Rangel, empleando un manejo convencional, el cual oscilan entre 20 y 25 toneladas por hectárea. Sin embargo, en el caso del cultivo de zonas de mayor altitud Super Flakker, se observó que el rendimiento (37,50 t/ha) alcanzó volúmenes que sobrepasan a los rendimientos promedios mencionados anteriormente; demostrando para este caso, la excelente adaptabilidad del cultivo en estudio, evidenciando que es factible la producción de raíces comerciales de zanahoria, bajo un enfoque agroecológico, por lo cual se hace necesario

seguir avanzando y haciendo énfasis en el manejo nutricional de manera agroecológica, con biofertilizantes producidos localmente.

De acuerdo a lo reportado por otros autores, los rendimientos del cultivo de zanahoria son bastante variables y dependen mucho del destino del cultivo (Saavedra y Kehr 2019); se puede considerar, que especialmente los valores obtenidos con el cultivar Super Flakker, son bastante aceptables tomando en cuenta que según datos de la FAO (2019), Sudamérica presentó un promedio de 23,5 t/ha, mientras que en el resto del mundo, el promedio de rendimiento fue de 37,3 t/ha, en el año 2017 (Saavedra y Kehr, 2019).

En el caso del cultivar Cenoura BRS Paranoá, aunque presentó los valores más bajos de rendimiento durante la evaluación de raíces; esta presenta la ventaja de ser una variedad especialmente desarrollada para producir raíces bajo manejo ecológico (Carvalho 2020); esto agrega un valor adicional a la producción y siembra de semillas de esta variedad con bajo impacto ambiental, con bajos costos de producción para la zona de estudio.

Resulta interesante que, en una primera etapa del estudio, la producción de la semilla fue mayor con el método SS, y en una segunda etapa del estudio los mejores rendimientos en la producción de raíces, fueron logrados a partir de aquellas plantas provenientes de semillas obtenidas mediante el método RS. A este respecto González *et al.* (201), indican que el tamaño o peso de la semilla, y el tamaño del embrión tienen un efecto en el rendimiento de raíz al final del ciclo, por tanto, en futuras investigaciones convendría evaluar las características de las semillas, y así establecer su relación con otras variables biológicas de las plantas.

La producción de semillas locales, puede contribuir a la resiliencia frente al cambio climático y a una reducción de la huella de carbono, asociada al transporte de semillas importadas, ya que las semillas multiplicadas localmente, bajo esquemas de manejo adaptativo, experimentan un proceso continuo de selección *in situ* y coevolución con las presiones de su propio entorno (como heladas altoandinas, regímenes hídricos variables y dinámicas locales de plagas) (Altieri y Nicholls, 2020). Esto dota al germoplasma de una memoria adaptativa y plasticidad fenotípica, muy superiores a las de las semillas comerciales importadas, las cuales son reproducidas en condiciones ultra estandarizadas y exóticas, que las hacen sumamente vulnerables a las anomalías climáticas locales (Gliessman, 2014).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten reconocer la relevancia que tiene para la soberanía alimentaria del país, la producción de semillas propias. Este enfoque no solo fortalece la autonomía del sector agrícola, sino que también contribuye a reducir la dependencia de semillas importadas y los altos costos asociados a ellas. En consecuencia, se promueve un modelo más sustentable y justo, donde los agricultores recuperan el control sobre sus prácticas productivas, a la vez que se fomenta la resiliencia del sistema alimentario local, regional y nacional.

Se logró demostrar que ambos métodos implementados, para la producción de semillas de zanahoria, resultaron efectivos en las dos comunidades estudiadas. Asimismo, las variedades utilizadas, mostraron una adecuada adaptación a las condiciones agro-climáticas específicas de cada territorio; lo que evidencia que el municipio Rangel posee áreas óptimas, y una notable diversidad de pisos altitudinales, favorables para la obtención de semillas de zanahoria; la cual no requiere grandes extensiones de terreno, es suficiente contar con áreas específicas dentro de las unidades de producción, siempre que se cumplan parámetros básicos de aislamiento y manejo. Esta condición permite que los agricultores, puedan abastecerse de su propia semilla, fortaleciendo así su autonomía productiva.

Queda confirmado el valor de la semilla local, el cual trasciende su función, como insumo

agrícola para convertirse en símbolo de la soberanía, resiliencia biocultural y autodeterminación de los pueblos. Por ello, resulta imprescindible, que los productores se empoderen de estas iniciativas de innovación tecnológica; que les permitan avanzar en la consolidación de sistemas locales de producción de semillas, orientados a satisfacer las necesidades de este rubro, como estrategia de diversificación territorial y fortalecimiento de la soberanía alimentaria.

Se evidenció la alta efectividad y complementariedad de los modelos, sociotecnológicos locales de producción bajo un enfoque sistémico; donde la aptitud biológica de los cultivares no depende de un manejo homogéneo o estandarizado, sino de la sincronización y articulación precisa, entre el componente tecnológico (Métodos SS/Cenoura y Método RS/Súper Flakker), con las potencialidades de sus respectivos pisos altitudinales (2.206 msnm y 3.500 msnm).
La evaluación de las raíces comerciales de la segunda generación, ratifica que estos modelos socio tecnológicos locales son capaces de igualar o superar, los rendimientos de los paquetes convencionales comerciales. Destaca el desempeño del cultivar Súper Flakker (37,50 t/ha) en la alta montaña, al tiempo que se revalorizan opciones de bajo costo y mínimo impacto ambiental, para valles intermedios como el cultivar 'Cenoura BRS Paranoá'.

A nivel bio-estadístico, se concluye que la adopción de este enfoque sistémico permite interpretar de forma integral, la dinámica del cultivo.

En definitiva, la articulación territorial en el Municipio Rangel, demuestra que la multiplicación autónoma de semillas hortícolas no es un hecho aislado, sino un avance concreto de la política de la Alianza Científico-Campesina. A través de una red de investigación-acción participativa, esta política se convierte en una fortaleza estructural, que empodera a las organizaciones sociales, para gestionar sus propios sistemas de producción de forma sustentable.

AGRADECIMIENTOS

A los productores involucrados en la investigación: Alonso Trejo, Gerardo Rivas, María Vicenta Dávila y José Gregorio Gíl.

A los compañeros del Movimiento de los Trabajadores sin Tierra (MST) de Brasil: Axil Costa y Deividi Zorzzi.

A la Asociación de productores Integrales del Páramo (PROINPA) y el Centro Biotecnológico para la Formación en la Producción de Semillas Agámicas (CEBISA).

A la Subdirección de Educación Avanzada e Investigación del Núcleo Simón de Mucuchíes de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez y su Maestría en Agroecología.

REFERENCIAS

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable* (5.ª ed., pp. 15–28). Editorial Universidad de Antioquia. https://www.socla.co/wp-content/uploads/2020/Agroecologia-Altieri-Nicholls.pdf

Bernal López, L. A., & Amaya Castaño, G. C. (2023). Autonomía, soberanía y seguridad alimentaria de los pueblos: una mirada desde los bienes comunes. *Revista Guillermo de Ockham*, 21(2), 89–106. https://doi.org/10.21501/21454809.4520

Carvalho, A. (2020). Pesquisa desenvolve primeira cenoura para cultivo orgânico. Consultado en: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49976705/pesquisa-desenvolve-primeira-cenoura-para-cultivo-organico (14/01/26).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa]. (2020). Oferta de sementes da cenoura BRS Paranoá para produtores orgânicos. "Consultado en https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/51010372/embrapa-abre-oferta-de-sementes-da-cenoura-brs-paranoa-para-produtores-organicos" (17/11/2025).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2019).

Food and agriculture data, Faostat. "Consultado en: http://www.fao.org/faostat/en/#home". (18/12/25)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2019). Código Internacional de Conducta para el Uso y Manejo de Fertilizantes. Food and Agriculture Organization. "Consultado en: https://openknowledge.fao.org/items/62919af4-79fb-4054-b077-21464e90df0e" (07/11/2025).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). Informe: El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2021. "Consultado en: https://openknowledge.fao.org/items/76f12433-3709-4bbb-92b1-ebef6ca8b036" (02/11/2025).

Felicien, A. (2021). Resistencias y disputas alrededor de las semillas en Venezuela: Desafíos para la soberanía alimentaria en un contexto de crisis. *Rosa Lugsenburg. Stiftung. Oficina Región Andina.* https://rosalux.org.ec/pdfs/resistencias-y-disputas-semillas-venezuela.pdf. (09/11/2025).

Fergal, A. (2018). *Movimiento campesino internacional*. La Vía Campesina. "Consultado en: https://viacampesina.org/es/soberania-alimentaria-ya-una-guia-detallada/" (27/10/2025).

Fundación para la ciencia y la tecnología del estado Mérida [FUNDACITE-Mérida], (2014). Informe técnico o estudio agrícola sobre el cultivo de zanahoria en Venezuela. "Consultado en: https://es.scribd.com/document/427459272/zanahorias-municipio-Cardenal-Quintero" (15/12/2025).

Giraldo, O. F., & Rosset, P. M. (2021). Principios agroecológicos para la transformación de los sistemas alimentarios. *Agroecología*, 16(1), 13–25. https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/489001

Gliessman, S. R. (2014). Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems (3.ª ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b17881.

González Idiarte, H., Salvo, G., Gallo, A., Machado, S., Rocha, B., & García de Souza, M. (2012). Producción de semilla de zanahorias anuales (*Daucus carota* L.). Región sur de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 16(1), 68–78. https://doi.org/10.31285/ AGRO.16.551

IPES-Food. (2023). *Who's tipping the scales? The growing power of corporations, agribusiness, and big tech in global food governance*. International Panel of Experts on Sustainable Food Systems. https://www.ipes-food.org/img/upload/files/IPES-Food_Corporate_Concentration_2023.pdf.

Navazio J., M. Colley y J. Reiten (2010). Principles and Practices of Organic Carrot Seed Production in the Pacific Northwest. Organic Seed Alliance. "Consultado en: www.seedalliance.org". (02/02/2026).

Sáenz-Torres, J. P., Candela, Y., & Cárdenas, M. (2021). Semillas criollas y nativas: redes de vida, resistencia y autonomía territorial en Colombia. *Revista de Geografía Norte Grande*, (79), 115–136. https://doi.org/10.4067/S0718-34022021000200115.

Saavedra del R., G, Jana A., C & Kehr M., E. (2019) Hortalizas para procesamiento agroindustrial. Temuco: Boletín INIA, no. 411. https://hdl.handle.net/20.500.14001/6818.

Thomas, H., Becerra, L., & Biddlecombe, G. (2020). Tecnologías sociales, sistemas sociotécnicos y desarrollo inclusivo y sustentable. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 15(45), 109–137. http://www.revistacts.net/contenido/numero-45/tecnologias-sociales-sistemas-sociotecnicos-y-desarrollo-inclusivo-y-sustentable/

Vilmorin-Mikado. (2020). *Zanahoria Super Flakker: Ficha técnica de producto*. vilmorinmikado.com.



CAROLY HIGUERA. Inga. Agrónoma (UCLA). Especialista en Desarrollo Rural Integrado (ULA). MSc en Educación Universitaria (UNESR). Doctora en Ecología del Desarrollo Humano (UPTM-KR). Profesora Investigadora Agregado de la UNESR. Núcleo Simón de Mucuchíes. Docente de la Maestría en Agroecología. Subdirectora de Educación Avanzada.



RAQUEL ROMERO. Licenciada en Biología (ULA). Magister en Ecología tropical (ICAE-ULA). Profesora Investigadora del Núcleo Simón de Mucuchíes de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR). Coordinadora de la Maestría en Agroecología UNESR – Mucuchíes. Docente de la Maestría en Agroecología.



MARISOL MONTILLA. Licenciada en Educación. Mención Agroecología. (UNESR). Magister en Agroecología. (UNESR) Técnico de campo de la Corporación para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Venezuela (CODECYT-MINCYT).