



Producción de *Solanum tuberosum* L. en un contexto agroecológico en fincas familiares del municipio Jovellanos, Matanzas

Production *Solanum tuberosum* L. in an agroecological context on family farms in Jovellanos municipality, Matanzas

 Tania Sánchez-Santana*,  Maritza Rizo-Álvarez,  Miguel Benítez Álvarez,
 Giraldo Jesús Martín-Martín,  Yuseika Olivera Castro,  Hilda Beatriz Wencomo Cárdenas

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior, Central España Republicana, Matanzas, Cuba. CP 44280

RESUMEN: El estudio tuvo como objetivo caracterizar la producción de *Solanum tuberosum* L. (papa) en un contexto agroecológico en siete fincas familiares del municipio Jovellanos, Matanzas, Cuba. Se analizaron variables morfológicas, agronómicas y de manejo, incluyendo el tipo de suelo, cantidad de riego y aplicación de materia orgánica. Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para identificar las variables de mayor variación y el Análisis de Conglomerado para agrupar las fincas. Los resultados mostraron una alta variabilidad en las primeras cinco componentes, explicando el 93.9 % de la varianza. Los rendimientos variaron entre 6 y 17 t ha⁻¹ y los tubérculos tuvieron un 20,9 % de materia seca. Se formaron cuatro grupos, uno de los cuales representaba una sola finca con los mejores resultados en productividad. La inclusión de *S. tuberosum* en la rotación de cultivos de pequeños productores en Jovellanos es una opción viable y sostenible, contribuyendo a la seguridad alimentaria del territorio.

Palabras clave: papa, prácticas agronómicas, ecosistemas.

ABSTRACT: The present study was carried out with the objective of characterizing the production of *Solanum tuberosum* L. in an agroecological context in seven family farms in Jovellanos municipality, Matanzas province. The Principal Component Analysis was carried out to determine the variables that showed more variability and, on that basis, the farms were grouped by means of the Conglomerate Analysis. Morphological, agronomic and management variables (soil type, amount of irrigation and application of organic matter) were studied. High accumulated variability was found in the first five components, which explained 93.9 % of the variance. Yields varied between 6 and 17 t ha⁻¹, the tuber had 20.9 % of dry matter. Four groups were formed, one of them represented by a single farm, which showed the best results in the productive behavior of this species. The inclusion of *Solanum tuberosum* L. in the crop rotation of small producers in Jovellanos municipality is a viable and sustainable option, which contributes to the food security of the territory.

Key words: potato, agroecological practices, agrarian ecosystems.

INTRODUCCIÓN

La agroecología se basa en procesos territoriales, lo que ayuda a dar soluciones contextualizadas a los problemas locales (1). Las innovaciones agroecológicas se basan en la creación conjunta de conocimientos, combinando la

ciencia con los conocimientos tradicionales, prácticos y locales de los productores. La agroecología aborda las causas profundas de los problemas de forma integrada y aporta soluciones holísticas y a largo plazo. Para ello, es necesario centrarse explícitamente en las dimensiones social y económica de los sistemas alimentarios.

*Autor para correspondencia: tania@ihatuey.cu

Recibido: 25/09/2022

Aceptado: 15/01/2023

Conflicto de intereses: Autores declaran no tener conflicto de intereses entre ellos

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Tania Sánchez-Santana y Giraldo Jesús Martín Martín. **Investigación-** Maritza Rizo-Álvarez, Miguel Benítez Álvarez, Yuseika Olivera Castros, Hilda Beatriz Wencomo Cárdenas. **Metodología-** Hilda Beatriz Wencomo Cárdenas. **Supervisión-** Laura Elena Suazo-Torres, Marco Antonio Granadino-Urbina. **Escritura del borrador inicial-** Tania Sánchez-Santana, Maritza Rizo-Álvarez Yuseika Olivera Castros. **Escritura y edición final y Curación de datos-** Tania Sánchez-Santana.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



En este sentido, para lograr la eficacia en el propósito de que los sistemas agropecuarios contribuyan en la adaptación y mitigación del cambio climático, se necesita de la estimulación, la motivación y el reconocimiento a los productores para que cambien las tecnologías de altos insumos por otras con un enfoque agroecológico, menos dependientes de insumos externos y en consonancia con el medio ambiente.

Este es el caso de *Solanum tuberosum* L., cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia a escala mundial, después de los cereales (*Triticum aestivum* L., *Oryza sativa* L. y *Zea mays* L.). La producción anual de papa representa, aproximadamente, la mitad de la producción mundial de todas las raíces y tubérculos (2).

En Cuba, diferentes instituciones se han dedicado a la producción de semilla original de papa para disminuir, en gran medida, las grandes inversiones por este concepto (3). En este sentido, el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas ha realizado diversas investigaciones relacionadas con la producción de tubérculos-semilla a través de semilla sexual (4), la caracterización morfoagronómica del germoplasma cubano de papa (5) y la obtención de nuevas variedades (6).

Uno de los aspectos fundamentales por los cuales se considera que la papa no es un cultivo sostenible es, precisamente, por el precio tan alto de los tubérculos-semilla y por la gran cantidad de insumos, fertilizantes y pesticidas que se emplean en este cultivo; sin embargo, al utilizar semilla producida en el país, la cantidad de insumos sería más baja, por lo que se ha comenzado a trabajar en la elaboración de un método de producción que haga de la papa un cultivo sostenible y de bajos insumos, pudiendo disminuirse los agroquímicos que actualmente se aplican cuando se plantan tubérculos-semilla importados (4).

Para revertir esta situación, se debe buscar la sustitución de las fuentes inorgánicas por fertilizantes orgánicos, como compost, estiércol o biofertilizantes que conlleven a un incremento de la fertilidad del suelo a través de la mineralización de la materia orgánica (7,8), lo cual origina una mayor actividad biológica y mejoras en las propiedades

físicas del suelo (9). De ahí que el objetivo es caracterizar la producción de *Solanum tuberosum* L. en un contexto agroecológico en siete fincas familiares del municipio Jovellanos, provincia Matanzas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en siete fincas del municipio Jovellanos, provincia Matanzas, durante la campaña 2020-2021.

En la [Tabla 1](#) se muestra la descripción general de las fincas, donde se refleja el nombre del propietario, la entidad productiva a la que pertenece, el área que se plantó, tipo de suelo y algunos datos de manejo como el tipo de riego empleado y la fecha de plantación y de cosecha.

Características de suelo

En las fincas que se plantó el cultivo, seis corresponden a suelo Ferralítico Rojo lixiviado y una a suelo Pardo con Carbonatos ([Tabla 1](#)).

Nutrición del cultivo

La primera fertilización se realizó en el momento de la plantación, con la aplicación de fertilizantes orgánicos según la disponibilidad de cada productor en el fondo del surco durante la preparación del suelo; en algunos casos utilizó el producto AGROMENAS-G, un fertilizante órgano-mineral de producción nacional, el cual se aplica en el fondo del surco antes de la plantación a razón de 3 t ha⁻¹. La segunda fertilización se realizó a los 50 días con el producto CBFERT.

Para la plantación se utilizaron tubérculos semilla de la variedad Romano, de producción nacional, recomendada por la Dirección Provincial de Agricultura; se seleccionaron los de calibre 35-45 mm. Se eliminó la brotación múltiple que tenía el tubérculo procedente del frigorífico y se realizó una selección para la eliminación del tubérculo dañado. En el momento de la plantación, se realizó otra selección para eliminar los tubérculos no aptos.

Tabla 1. Características de las áreas de siembra de papa por finca, campaña 2020-2021

Finca	Productor	Entidad productiva	área	Suelo	Riego	Fecha de siembra	Momento de cosecha
F1	Carlos Cruzata	CCS Leonel Fraguela	0,9	Ferralítico Rojo lixiviado	Superficial	22 diciembre 2020	25 marzo 2021
F2	Rodrigo Rodríguez Rodríguez	CCS Leonel Fraguela	0,4	Ferralítico Rojo lixiviado	Aspersión	26 diciembre 2020	3 abril 2021
F3	Fernando Martínez Junco	CCS Leonel Fraguela	1,0	Ferralítico Rojo lixiviado	Superficial	22 diciembre 2020	25 de marzo 2021
F4	Yeni Mosquera Niño	CCS Leonel Fraguela	0,8	Ferralítico Rojo lixiviado	Aspersión	9 enero 2021	31 de marzo 2021
F5	Julio César Quinta Simón	CCS Massety	1,0	Ferralítico Rojo lixiviado	Superficial	9 enero 2021	31 de marzo 2021
F6	Arsenio Devora	CCS Massety	1,0	Ferralítico Rojo lixiviado	Superficial	26 diciembre 2020	23 de marzo 2021
F7	Héctor Correa Almeida	CCS Nicomedes Nodarse	0,4	Pardo con carbonatos	Aspersión	26 diciembre 2020	24 de marzo 2021

Preparación de tierra

Se preparó el terreno mediante labranza convencional realizando un pase de arado, grada y rotovator; donde posteriormente se realizó el surcado para la plantación. La materia orgánica ya descompuesta se aplicó en la base del surco donde se depositó el tubérculo antes de la plantación

Plantación

La plantación se realizó en surcos separados a 90 cm de camellón y se colocaron 4 tubérculos por metro lineal, es decir, 25 cm de separación entre los tubérculos; la profundidad de plantación fue de 10 cm. Posteriormente, se tapó conformando el cantero de forma mecanizada y se realizó el retape manual cuando fue necesario. Todas las atenciones culturales se realizaron según las normas técnicas para este cultivo.

Inoculación de las semillas

Para inocular las semillas al momento de la plantación se colocan en un tanque de 200 L, con 20 L de IHPLUS® BF, 20 kg de EcoMic® y 25 mL de BIOBRAS-16®. Después, se completa el tanque con agua no tratada con cloro y se sumerge en dicha solución el saco durante 10 minutos, se puso a arear en la sombra y, posteriormente, se procedió a la siembra.

Atenciones culturales

Se realizaron labores de riego, cultivo, control de plantas arvenses y la aplicación de bioproductos según el ciclo de cultivo (Tabla 2). Si después de la novena aplicación todavía el cultivo no había llegado a su madurez, entonces se proseguía realizando aplicaciones semejantes a la novena, todo ello hasta que el cultivo llegara a término, que fue alrededor de los 100 días.

Evaluaciones

A los 65 días de la plantación del cultivo; se hicieron las mediciones en las plantas que se encontraron en un 1 m² (4,5) y se replicó dos veces, excepto las plagas que se hizo una revisión diaria a la totalidad del campo.

Se evaluaron las siguientes variables:

- Número de tubérculos por planta: número de tubérculos totales entre el número de plantas.
- Masa promedio del tubérculo (kg): masa total de los tubérculos entre el número de tubérculos.
- Número de tallos por planta. Se contó el número de tallos en 1 m².
- Diámetro del tallo por planta (cm). Se midió a una altura de 10 cm del suelo.

Tabla 2. Secuencia de las aplicaciones de bioproductos en el cultivo de papa

Número de aplicación	Bioproductos
Primera	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹
Segunda	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Trichoderma harzianum</i>, 5 kg ha⁻¹ • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹ • FitoMas-E, 2 L ha⁻¹ • <i>Bacillus thuringiensis</i>, 26 o 24, 10 kg-L ha⁻¹ • BIOBRAS-16®, 25 mL ha⁻¹
Tercera	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹ • <i>Trichoderma harzianum</i>, 5 kg ha⁻¹ • <i>Bacillus thuringiensis</i>, 26 o 24, 10 kg-L ha⁻¹
Cuarta	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹ • FitoMas-E, 2 L ha⁻¹ • BIOBRAS-16®, 25 mL ha⁻¹
Quinta	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹ • <i>Trichoderma harzianum</i>, 5 kg ha⁻¹ • <i>Bacillus thuringiensis</i>, 26 o 24, 10 kg-L ha⁻¹
Sexta	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹
Séptima	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹ • <i>Trichoderma harzianum</i>, 5 kg ha⁻¹
Octava	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹
Novena	<ul style="list-style-type: none"> • IHPLUS® BF, 20 L ha⁻¹ • <i>Trichoderma harzianum</i>, 5 kg ha⁻¹

- Calibre del tubérculo. Conteo de la cantidad de tubérculos por calibre.
- Diámetro del tubérculo. Se hizo en la zona media transversal del tubérculo.
- Masa del tubérculo. Se pesaron los tubérculos por cada calibre.
- Rendimiento por planta (kg): masa total de los tubérculos entre el número de plantas.
- Rendimiento total (t ha⁻¹): rendimiento por planta multiplicado por el total de plantas de una hectárea y dividido entre mil (una tonelada).
- Longitud del tallo (cm). Se midió desde la base del suelo hasta la yema apical.
- Materia seca (%): Basada en la masa húmeda y masa seca a los 65 días.
- Largo de las hojas (cm). Desde la inserción del peciolo con el tallo hasta el ápice del foliolo central.
- Ancho de las hojas (cm). Se midió en el segundo par de foliolos.

Análisis matemático

Los resultados se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP) (10), en el cual se tomó como criterio de análisis aquellas componentes principales que presentaron valores propios superiores a 1 y factores de suma o de preponderancia mayor que 0,70.

Para agrupar las fincas y seleccionar aquellas que tuviesen características semejantes más prominentes, se empleó el Análisis de Conglomerados, a partir de los resultados obtenidos en el ACP. Como criterio de agrupación se utilizó la Distancia Euclídana y el método de Ward como forma de agregación jerárquica ascendente (11). La línea de corte para la formación de los grupos se basó en el criterio del investigador (12) y se determinaron

los estadígrafos media y desviación estándar para las variables analizadas en estas fincas.

Se estableció, como principio, seleccionar la mejor o mejores fincas en términos de su comportamiento a partir de todas las variables estudiadas. De esta forma, se dispuso de grupos que permitieron hacer un análisis veraz del comportamiento de las fincas en los grupos formados. Todos los análisis se realizaron a través del programa estadístico SPSS® con la versión 11,5 para Microsoft® Windows® (13).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el ACP (Tabla 3), se constató la existencia de alta variabilidad acumulada en las primeras cinco componentes que explicaron el 93,9 % de la varianza, sobre la base de las variables incluidas en el estudio.

En lo que respecta a la varianza en las componentes principales (CP), la CP1 alcanzó valor de 28,58 % y las variables que más influyeron en la varianza extraída fueron el diámetro de tallo (**0,916**) el número de tubérculos (**0,961**) y el número de tallo (**0,698**), todas relacionadas positivamente entre sí.

En la CP2, con 22,43 %, de varianza, intervinieron más el tipo de riego (**-0,961**), el diámetro del tubérculo (**0,967**) y el rendimiento (**0,699**), estas últimas variables relacionadas positivamente entre ellas, pero de forma inversa con el tipo de riego. Ello significa que el tipo de riego, que como se mostró en la Tabla 1, fueron de diferentes formas (superficial y aspersión), tuvo influencia en el rendimiento y diámetro de los tubérculos.

En la CP3, los mayores valores fueron para la aplicación de materia orgánica (**-0,965**), aunque se relacionó de forma inversa con las demás variables, excepto con el tipo de suelo, ello se traduce en que no importó cual fuera la clasificación del suelo, la materia orgánica lo benefició y la varianza que explicó esta componente fue de 16,32 %; mientras que en la CP4 y CP5, las variables que más

Tabla 3. Resultados del ACP y relación entre los componentes y las variables evaluadas

Variable	Componentes				
	1	2	3	4	5
Tipo de suelo	-0,501	0,307	-0,118	0,606	-0,500
Aplicación de materia orgánica	-0,001	-0,073	-0,965	0,008	-0,090
Tipo de riego	-0,033	-0,961	0,093	-0,161	0,180
Longitud del tallo	0,458	0,593	0,397	-0,095	0,447
Diámetro del tallo	0,916	0,276	0,025	0,140	0,041
Número de tallos	0,698	-0,032	0,627	0,111	0,284
Largo de la hoja	0,178	0,034	0,026	0,947	-0,041
Ancho de la hoja	0,454	0,059	0,475	0,632	0,351
Número de tubérculos	0,961	0,062	0,153	0,097	0,182
Número de titinas	0,526	-0,175	0,600	0,157	-0,229
Diámetro del tubérculo	0,058	0,967	0,027	0,007	0,101
Masa del tubérculo	0,106	0,024	0,042	-0,001	0,940
Rendimiento	0,691	0,699	0,067	0,027	0,105
% de varianza	28,583	22,435	16,319	13,586	12,995
% acumulado	28,583	51,019	67,338	80,924	93,919

contribuyeron a la varianza total fueron el largo de la hoja (**0,947**) y la masa del tubérculo (**0,940**), con el 13,59 y 12,99 % de la varianza, respectivamente.

Los resultados descritos con anterioridad permiten considerar que hubo mayor diferenciación entre las fincas, en función de las variables que más se relacionaron con la CP1, CP2, CP3 y fue mucho menor para las variables que se relacionaron con las CP4 y CP5.

Ello significa que las variables que conforman las dos primeras componentes no deben dejar de ser estudiadas en experimentos similares a este, pues son las que contribuyen a la variabilidad del comportamiento del rendimiento, independientemente de la influencia de otros factores tanto bióticos como abióticos.

En correspondencia con el alto valor alcanzado por la varianza acumulada y el valor propio de las CPs, es posible asumir que la variabilidad fenotípica fue suficientemente propicia para que estos indicadores fuesen incluidos, en su totalidad, en el análisis de conglomerados, y de esta forma determinar la diferenciación o similitud entre las especies y accesiones.

El análisis de conglomerados sobre la base de los resultados del ACP, permitió la formación de cuatro grupos. Los productores pertenecientes a cada uno de ellos se muestran en la **Tabla 4**, al igual que la media y la desviación estándar de cada uno de los grupos formados.

Atendiendo a los resultados de la tabla, en el grupo I se hallaron tres productores; mientras que en el grupo II fueron dos y solo un productor en los grupos III y IV. Las fincas de los productores del grupo I se caracterizaron, en su mayoría, por tener el suelo Ferralítico Rojo; pero aplicaron materia orgánica, logrando que las plantas alcanzaran como promedio 4,7 tallos y 6,7 tubérculos, así como un rendimiento promedio de 9,0 t ha⁻¹.

El grupo III, está conformado por un productor (Finca 4), con el mejor comportamiento en las variables morfoagronómicas evaluadas en el cultivo: número de tallos 5; 8,5 tubérculos/planta y rendimiento de 18 t ha⁻¹. Este productor aplicó materia orgánica y Agromenas-G, a razón de 8 y 4,5 t ha⁻¹; respectivamente. La cantidad de abonos orgánicos influyeron en el rendimiento del tubérculo. Este comportamiento se considera aceptable debido a la combinación de la materia orgánica con el fertilizante órgano-mineral usado. Al respecto, es válido mencionar que la Agromenas-G tiene propiedades nutricionales, y que con sus aplicaciones se ha logrado incrementos de los rendimientos de las cosechas y la sustitución como mínimo de hasta el 50 % de los fertilizantes químicos (14).

Por su parte, los abonos orgánicos aportan materia orgánica, nutrientes y microorganismos, lo cual favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas. Su aplicación también aumenta la actividad de las fosfatasa al estimular la biomasa microbiana y la secreción de las raíces (15); además de potenciar la biodiversidad del suelo y optimar las variables edáficas ligadas a su conservación.

En este contexto, estudios previos han demostrado que la adición de dosis crecientes de abonos orgánicos a la *S. tuberosum* resulta en incrementos significativos en el rendimiento, siguiendo una tendencia cuadrática. Específicamente, se observó un aumento de 20,8 t ha⁻¹ en el rendimiento entre el testigo absoluto cuando se aplicó 15,0 t ha⁻¹ de abono orgánico (16).

Por otra parte, el grupo IV estuvo conformado por un productor, el comportamiento de la variedad en esta finca fue el de menor respuesta de las variables morfoagronómicas, incluyendo el rendimiento que fue de 7,5 t ha⁻¹.

Tabla 4. Distribución de los productores y la media según el Análisis de Conglomerados

Variables	Grupos			
	I	II	III	IV
Tipo de suelo	1	1	1	2
Aplicación de materia orgánica	2	3	2	4
Tipo de riego	2,0	1,5	1,0	1,5
Altura, cm	36,5	41,6	54,1	29,4
Diámetro del tallo, cm	0,8	0,7	0,9	0,7
Número de tallos	4,7	3,9	5,0	3,2
Largo de la hoja, mm	20,9	19,5	21,0	20,3
Ancho de la hoja, mm	12,8	11,6	13,9	11,1
Número de tubérculos	6,7	4,8	8,5	4,3
Número de titinas	1,4	0,7	1,5	0,9
Diámetro del tubérculo, cm	3,9	4,1	4,3	4,0
Masa del tubérculo, kg	0,4	0,5	0,4	0,3
Rendimiento, t ha ⁻¹	9,0	9,5	18,0	7,5
Grupos	Cantidad de productores			Fincas
I	3			1, 3 y 6
II	2			2 y 5
III	1			4
IV	1			7

Al realizar el análisis de algunos indicadores morfológicos de la variedad Romano; se puede apreciar diferencias para la longitud del tallo, el diámetro del tallo, el largo y el ancho de las hojas. La mayor longitud del tallo se encontró en el grupo III, al que tributa la finca 4, el menor valor se obtuvo en el grupo IV en que se encuentra la finca 7. Al analizar el diámetro del tallo se mostró un comportamiento muy similar al descrito con anterioridad.

En sentido general, el diámetro del tallo varió entre 0,6 a 0,9 cm, valores inferiores a los obtenidos con la variedad Spunta (12 cm), cuando se evaluaron algunos de los componentes del crecimiento y el rendimiento en plantas de *Solanum tuberosum* L. sometidas a la aplicación foliar de diferentes dosis de QuitoMax® (17).

A su vez, estos resultados fueron similares a los que se obtuvieron cuando se evaluó el efecto de cuatro distancias de plantación y tres calibres de tubérculos-semilla, sobre algunas características morfoproductivas de la variedad Romano (0,7 y 1,1 cm) (18).

El número de tallos varió entre 3 y 5; sin embargo, el rendimiento productivo es también directamente proporcional al número de tallos por plantón, condición que se cumple en este estudio, ya que el mayor número de tallos fue en la finca que reportó el mayor rendimiento en la variedad en estudio (19).

El número de tallos coincidió con los obtenidos al estudiar alternativas de biofertilización en el cultivo de *Solanum tuberosum* L. cv. Superchola, en suelos Andisoles del Carchi, Ecuador (20). Además, fueron superiores a los hallados al evaluar el rendimiento del cultivo de *Solanum tuberosum* L. bajo tres dosis de fertilización química y dos de fertilización orgánica (21).

Existe una estrecha relación entre la longitud y el número de tallos, pues al incrementar estos en la planta se reduce la altura, lo cual, entre otros factores, está relacionado con las posibilidades que tiene el tubérculo semilla para proporcionarle a la nueva planta sus reservas; al tener que compartirlas con una menor cantidad de tallos, estos se verán favorecidos en su crecimiento (18).

Al analizar el largo y ancho de las hojas se hallaron diferencias entre las plantaciones; los mayores valores para el largo se obtuvieron en los grupos III, I y IV, mientras que los menores se reportaron en el grupo II. Por otro lado, para el ancho de la hoja los mayores valores se encontraron en el grupo III y I y los menores fueron para las fincas de los grupos II y IV.

Las variables antes analizadas son importantes, ya que forman la superficie foliar y esta es una de las variables importantes relacionadas con los estudios del crecimiento de las plantas, pues su magnitud se asocia con la capacidad de la planta para realizar el proceso fotosintético, ya que existe una relación directa en este sentido (22).

Para el número de tubérculos obtenidos en las fincas, se puede apreciar que el mayor número se obtuvo en la F4 (8,5) y los menores números de tubérculos fueron en las F2 y F5 y la F7, pertenecientes a los grupos II y IV, respectivamente.

El número de tubérculos varió de 4,0 a 8,5 y fueron similares a otras investigaciones, donde se estudiaron 288 accesiones cultivadas del germoplasma cubano de papa (23). Estos autores encontraron un número de tubérculos medio de 6,3 por planta, con un valor máximo de 15,0 y un mínimo de 2 para esta variable. También, hallaron una gran variabilidad con coeficiente de variación del 44,3 %.

Al evaluar el rendimiento del cultivo de *Solanum tuberosum* L. con tres dosis de fertilización química y dos de fertilización orgánica se hallaron resultados similares, al realizar el análisis de la variable número de tubérculos por planta se encontró un valor promedio de 7 tubérculos por planta con un coeficiente de variación de 22,05 % (21).

Al realizar un análisis puntual del rendimiento por hectárea, en cada una de las fincas, se puede observar en la Figura 1 que de las siete fincas en el estudio, el mayor valor se obtuvo en la F4 (18 t ha⁻¹), donde también se halló el mayor número de tallos (5) y tubérculos (8,5), como se mencionó con anterioridad; a su vez, el menor rendimiento se obtuvo en la F5 con rendimientos de 6 t ha⁻¹.

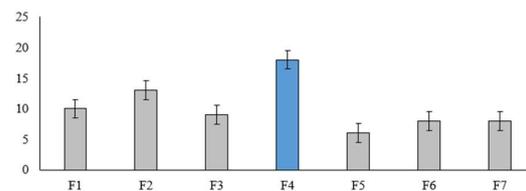


Figura 1. Rendimiento del cultivo de la papa por producto (t ha⁻¹)

En la finca de los productores 2 y 4 se obtuvieron valores superiores a los que hallaron en estudios similares, al evaluar las respuestas en el rendimiento a las variaciones de las temperaturas durante el ciclo del cultivo (24); se realizaron plantaciones de la variedad Romano y alcanzaron un rendimiento total y comercial de 12,5 t ha⁻¹ en el año 2015.

Las diferencias encontradas entre las fincas puede que se deban a las condiciones en que se ejecutaron las evaluaciones con diferentes atenciones culturales y manejo; ya que, aunque todas las fincas tenían condiciones ambientales óptimas para el desarrollo del cultivo, las cantidades de materia orgánica usada para la plantación no fue la misma. En el caso de la finca 4 se aplicó materia orgánica (excreta vacuna), además de Agromenas-G.

Es significativo señalar que la materia orgánica tiene efecto en el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo, además de liberar de forma gradual los diferentes nutrientes (25); y que se ha comprobado que el cultivo de la papa reacciona favorablemente a los abonos orgánicos.

En ocasiones, aun cuando las condiciones ambientales son adecuadas para el desarrollo del cultivo, también es posible encontrar bajos rendimientos, lo cual depende de las atenciones culturales (sobre todo la nutrición) que se le haya dado al cultivo (26), así como de la interacción genotipo ambiente.

En la **Figura 2** se observan algunos indicadores de la composición bromatológica del tubérculo de las siete fincas en estudio; el promedio de la materia seca fue de 20,9 %, con una humedad de 79,1 %; mientras que la masa del tubérculo fue de 358,9 g.

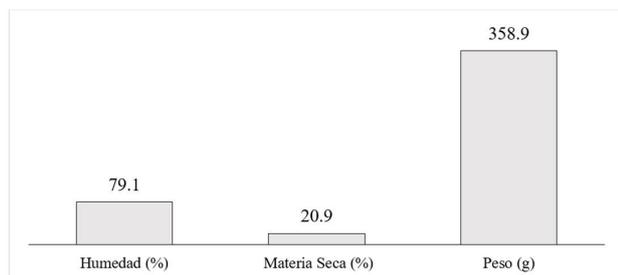


Figura 2. Valores de humedad, materia seca y masa de la papa agroecológica

Los valores de humedad son superiores a los hallados para la variedad Romano (74,0-65,7 %) al inicio del almacenamiento; las diferencias encontradas en este valor fueron a los 65 días de plantación (27).

La masa seca obtenida fue similar a lo hallado al evaluar a los 40 y 70 días el comportamiento de la acumulación y distribución de masa seca entre los diferentes órganos de la planta de tres variedades de papa (Call White, Santana y Spunta) (24).

CONCLUSIONES

- La introducción de *S. tuberosum* en la mayoría de las fincas estudiadas demostró un comportamiento favorable, lo que no solo amplía las alternativas de cultivo, sino que también contribuye de manera significativa a la seguridad alimentaria del territorio. La versatilidad de *S. tuberosum* para adaptarse a diversas condiciones climáticas y su alto valor nutricional la convierten en un recurso invaluable para los pequeños productores.
- Por otro lado, se observaron bajos rendimientos en las fincas 5, 6 y 7, los cuales estuvieron directamente relacionados con un manejo agronómico inadecuado por parte de los agricultores. La aplicación de bajos contenidos de materia orgánica y la falta de experiencia en el cultivo de *S. tuberosum* fueron factores determinantes en los resultados desfavorables de algunas fincas.

BIBLIOGRAFÍA

1. FAO, 2018. Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles. Available from: <https://www.fao.org/in-action/capacitacion-politicas-publicas/cursos/ver/es/c/1412359/>.
2. Cuesta X, Rivadeneira J. Estado actual de la investigación de la papa en el Ecuador. [Internet]. In: Racines M, Cuesta X, Rivadeneira J, Pantoja JL, editor. Libro de Memorias IX Congreso Ecuatoriano de la Papa. Latacunga, Ecuador: INIAP-CIP; 2021. p. 15-7. Available from: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5744/1/iniapsc405.pdf>.
3. Quiñonez Y, Izquierdo H, Martínez O, Alcántara P, Rodríguez E. Métodos alternativos para la producción de semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum* L.). [Internet]. Cultivos Tropicales. 2004;25(2):23-7. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217832004.pdf>.
4. López-Ramos Y, Salomón-Díaz JL. La reproducción de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.), a partir de su semilla sexual [Internet]. Cultivos Tropicales. 2022;43(1), e13. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/viewFile/1649/3242>
5. Castillo JG, Salomón JL, Estévez A, Pérez A, Ortiz U. Caracterización morfoagronómica del germoplasma cubano de papa (*Solanum* spp.). Evaluación de las especies silvestres. Parte I. [Internet]. Cultivos Tropicales. 2007;28(1):63-8. Available from: <https://ftp.inca.edu.cu/revista/2007/1/CT28111.pdf>
6. Rodríguez-del Sol D, Morales-Rodríguez A, Rodríguez-Morales SJ, Armando-Herrera J, Ruiz-Días E, Jiménez-Medina A, Trujillo-Oviedo N, Ventura-Chávez V. Evaluación agronómica de 90 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). [Internet]. Rev. Agricultura Tropical. 2020;6(2):12-19. Available from: http://ojs.inivt.cu/index.php?journal=inivit&page=article&op=download&path%5B%5D=138&path%5B%5D=AT06022020_2MG12
7. Huerta AJ. Influencia del biocarbón elaborado con residuos sólidos orgánicos sobre la calidad y producción del cultivo de la papa en el centro experimental ecológico de Tuyu Ruri [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero ambiental]. Huaraz, Áncash, Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo; 2020. [cited 2022 Jun 22]. Available from: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4085>
8. De La Cruz C, Arone A. Efecto del estiércol de ovino y abono verde en suelos agrícolas para el cultivo de papa yungay (*Solanum tuberosum*) en el distrito de Soras-Ayacucho. [Internet]. [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental]. Perú: Universidad Peruana Unión; 2021. [cited 2022 Jun 22]. Available from: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4558/Cristina_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9. García-Ramírez Y, Simón V. El cultivo de la papa en el Perú. Estudio de caso de la región Puno. [Internet]. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria; 2019. [cited 2022 Jun 22]. Available from: https://www.academia.edu/41680934/El_cultivo_de_la_papa_en_el_Per%C3%BA_Estudio_de_caso_de_la_regi%C3%B3n_Puno
10. Pérez Quispe JO. Uso de biochar en cultivos de papa en los Andes peruanos. [Internet]. [Tesis de Maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2020. [cited 2022 Jun 22]. Available from: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/12994>
11. Torres V, Ramos N, Lizazo D, Monteagudo F, Noda A. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama

- agropecuaria. [Internet]. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 2006;42(2):133-9. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015494003>
12. Núñez CA, Escobedo D. Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. [Internet]. Agronomía Mesoamericana. 2011;22(2):415-27. Available from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000200018&lng=en&tlng=es
 13. Visauta, V. Análisis estadístico con SPSS para Windows: estadística multivariante. New York, USA: Mc Graw-Hill; 1998. 388 p.
 14. Laurel-Gómez M, Velázquez-Garrido M, Montejo Serrano E, Martín-Hervé D, Lozada-García Y, Hidalgo-Liriano E. Aprovechamiento de minerales industriales cubanos en producciones de alto valor agregado. [Internet]. INFOMIN, 2020;12 Available from: <http://www.infomin.co.cu/index.php/i/article/view/142/pdf>.
 15. Muñoz LG, Vallejo-Zapata CA. Sistema funcional de compactación de fertilizante orgánico para los cultivos de maíz, papa y hortalizas en el corregimiento de Genoy-Nariño. [Internet]. 2020. Available from: <https://sired.udenar.edu.co/7264/1/SISTEMA%20FUNCIONAL%20DE.pdf>.
 16. Bañez-Aldave HW, Salinas-Antonio D. Efecto del fraccionamiento de la fertilización de NPK y la aplicación del fertilizante orgánico líquido AjinoferNK sobre la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) cv. Canchán, Barranca-Perú. [Internet] [Tesis de titulación]. Universidad Nacional de Barranca, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Agronomía; 2020: 79p. Available from: <https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12935>.
 17. Morales-Guevara D, Torres-Hernández L, Jerez-Mompíe E, Falcón-Rodríguez A, Dell'Amico-Rodríguez J. Efecto del Quitomax en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). [Internet]. Cultivos Tropicales. 2015;36(3):133-43. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362015000300020&lng=es&nrm=iso.
 18. Almeida FM, Torres-de-la-Noval W, Cabrera-Rodríguez JA, Arzuaga-Sánchez J. Crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L. cv Romano), en la provincia de Huambo, Angola, bajo dos densidades de plantación. [Internet]. Cultivos Tropicales. 2018;39(3):31-40. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000300005&lng=es&tlng=es.
 19. Castillo-Cadenillas A. Respuesta del cultivar de papa (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) amarilla redonda, al abonamiento orgánico y foliar. [Internet]. [Tesis de titulación]. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Agronomía; 2019, 69p. Available from: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3382>.
 20. Mora-Quilismal SR, Cuaical-Galárraga ET, García-Bolívar J, Revelo-Ruales VW, Puetate-Mejía LM, Aguila-Alcantara E, et al. Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. [Internet]. Cultivos Tropicales. 2021;42(2):e02. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000200002&lng=es&tlng=es.
 21. Gomez-Tupacyupanqui JL. Agricultura urbana en sistema de bolsas: Fertilización química y orgánica con azolla y estiércol de cuy en el crecimiento, rendimiento y calidad de papa (*Solanum tuberosum* cv. Unica). [Internet]. [Tesis previa a la obtención del título de Bióloga]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología; 2021, 73p. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/13321>.
 22. Gervasio G, Jerez-Mompie E, Morales B, Nápoles MC. Selección de una rizobacteria promotora del crecimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.). [Internet]. Cultivos Tropicales. 2019;40(2):e07. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000200007&lng=es&tlng=es.
 23. Castillo JG, Estévez A, Salomón JL, Pérez A, Ortiz U. Caracterización morfoagronómica del germoplasma cubano de papa (*Solanum tuberosum* L.). Evaluación de las accesiones cultivadas. Parte II. [Internet]. Cultivos Tropicales. 2007;28(4):69-73. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217894010>.
 24. Jérez E, Martín R, Morales-Guevara D. Comportamiento de la acumulación y distribución de masa seca en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L.). [Internet]. Cultivos Tropicales. 2015;36(4):70-6. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243175009>.
 25. Mendoza-Dávalos K, Sanabria-Quispe S, Pérez-Porras W, Cosme-De La Cruz R. Enmiendas orgánicas y su efecto en las propiedades de suelos alto andinos cultivados con papa nativa (*Solanum goniocalyx* Juz.et Buk.). [Internet]. Agroindustrial Science. 2021;11(2):221-9. doi: <https://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.12>.
 26. Martín R, Jerez E. Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Romano. [Internet]. Cultivos Tropicales. 2017;38(1):75-80. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193250540009>.
 27. Ramos-Escalona M, Alarcón-Zayas A. Evolución de la calidad nutritiva en almacenamiento frigorífico de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). [Internet]. Redel Revista Granmense De Desarrollo Local. 2021;5(1):193-202. Available from: <https://revistas.udg.cu/index.php/redel/article/view/2217>.