

ESCALONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L*) SOBRE BASES AGROECOLÓGICAS EN DIFERENTES REGIONES DE CUBA^a

SCALING UP OF POTATO (*SOLANUM TUBEROSUM L*) PRODUCTION TECHNOLOGY ON AGROECOLOGICAL BASES IN DIFFERENT REGIONS OF CUBA

GIRALDO J. MARTÍN-MARTÍN^b, LEIDY CASIMIRO RODRÍGUEZ^{c*}, FRANK REYES- OCAMPO^b,
RAFAEL MEDINA-SALAS^b, KATERINE OROPESA-CASANOVA^b, WENDY RAMÍREZ-SUÁREZ^b,
GERTRUDIS PENTON-FERNÁNDEZ^b, JUAN CARLOS LEZCANO-FLEIRES^b, SARAY
SÁNCHEZ-CÁRDENAS^b, YUSEIKA OLIVERA-CASTRO^b, IRAN RODRÍGUEZ-DELGADO^d

Recibido 21-03-2025, aceptado 14-10-2025, versión final 01-12-2025.

Artículo Investigación

RESUMEN: El fomento de la transición agroecológica contribuye a la restauración de procesos ecológicos y sociales que permiten acercarse a la sustentabilidad. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los resultados productivos y su escalonamiento de la tecnología del cultivo de papa sobre bases agroecológicas a seis provincias y el municipio especial Isla de la Juventud. La estrategia desarrollada se enfocó en la reducción o eliminación de fertilizantes químicos y plaguicidas a través de cambios en el manejo agronómico, que aseguren la adecuada nutrición y protección de las plantas, con el empleo de fuentes de nutrientes orgánicos y un manejo biológico de las plagas mediante la utilización de bioproductos de producción nacional. Se obtienen resultados innovadores al utilizar variedades cubanas e importadas, con rendimientos que se encuentren entre las 10 y 22 $t\text{ha}^{-1}$. Se demuestra que se puede contribuir a la producción de *S. tuberosum* para el autoabastecimiento local, pues en los municipios donde se trabajó se pudo comercializar este alimento en niveles superiores a los que lo hacia la papa cultivada con prácticas convencionales, llegando algunos municipios a comercializar más de 5 kg percápita. La innovación se extendió a 95 fincas de 6 provincias del país y el municipio especial Isla de la Juventud, se logró una producción promedio de 13.27 $t\text{ha}^{-1}$. El trabajo constituye una solución innovadora que demuestra que la inclusión de *S. tuberosum* en fincas campesinas en transición agroecológica, es una opción viable y sostenible en Cuba, lo cual contribuye con la seguridad alimentaria; así como a elevar la calidad de vida de las comunidades rurales.

PALABRAS CLAVES: Agroecología; local; rendimiento; transición.

^aMartín-Martín, G. J., Casimiro-Rodríguez, L., Reyes-Ocampo, F., Medina-Salas, R., Oropesa-Casanova, K., Ramírez-Suárez, L., Pentón-Fernández, G., Lezcano-Fleires, J. C., Sánchez-Cárdenas, S., Olivera-Castro, Y. & Rodríguez-Delgado, I.(2026). Escalonamiento de la tecnología de producción de papa (*Solanum tuberosum l*) sobre bases agroecológicas en diferentes regiones de Cuba. *Rev. Fac. Cienc.*, 15 (1), 144–162. DOI: <https://10.15446/rev.fac.cienc.v15n1.119446>

^bEstación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), Universidad de Matanzas. Cuba

^cCentro Universitario Municipal de Taguasco. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” (UNISS). Cuba.

^{*} Autor para correspondencia: leidy7580@gmail.com

^dUniversidad de Machala, El oro, Ecuador.

ABSTRACT: The promotion of the agroecological transition contributes to the restoration of ecological and social processes that allow us to approach sustainability. The present study aimed to determine the productive results and scaling of potato cultivation technology based on agroecological principles in six provinces and the special municipality of Isla de la Juventud. The strategy developed focused on the reduction or elimination of chemical fertilizers and pesticides through changes in agronomic management, which ensure adequate nutrition and protection of plants, with the use of organic nutrient sources and biological management of pests through the use of bioproducts of national production. Innovative results are obtained by using Cuban and imported varieties, with yields ranging from 10 to 22 $t\ ha^{-1}$. This study demonstrates the potential for *S. tuberosum* production to contribute to local self-sufficiency. In the municipalities where the study was conducted, this food product was marketed at levels higher than those achieved with potatoes grown using conventional practices, with some municipalities marketing more than 5 kg per capita. The innovation was extended to 95 farms in six provinces and the special municipality of Isla de la Juventud, achieving an average production of 13.27 $t\ ha^{-1}$. This study constitutes an innovative solution that demonstrates that the inclusion of *S. tuberosum* on peasant farms undergoing agroecological transition is a viable and sustainable option in Cuba, contributing to food security and improving the quality of life of rural communities.

KEYWORDS: Agroecology; local; transition; yield.

1. INTRODUCCIÓN

Hace 10000 años, la agricultura como innovación tecnológica cultural, fue el proceso clave para crear la civilización y mediante el cual se domesticaron más de 600 especies de animales y vegetales, que pasaron a constituirse en la base de la mayoría de los sistemas alimentarios (Norgaard & Sikor, 1999). Hace apenas dos siglos, comenzó un proceso de transformación global que sentaría las bases de la llamada “Agricultura Moderna”: desarrollo del concepto de fertilización por medio de la agregación al suelo de productos químicos solubles en agua, el desarrollo de productos fertilizantes ad hoc y la selección genética y mejoramiento productivo del trigo y otros cultivos alimenticios (Andreu, 1998).

Esto permitió un incremento de la producción por superficie con niveles crecientes de fertilización soluble, la adopción de los patrones y lógicas productivas de la agroindustria (mecanización, economía de escala, estandarización), el desarrollo de posteriores avances tecnológicos en control de ambiente, la mecanización y desarrollo de pesticidas y la expansión de la “Agricultura Moderna” en los países industrializados (Toledo, 1992; Andreu, 1998).

Gran parte de las familias agricultoras, motivadas por el incremento de los rendimientos y apoyos financieros, adoptaron nuevas semillas y paquetes tecnológicos acompañantes, lo cual implicó un cambio desde la utilización de prácticas y conocimientos propios al uso de insumos, conocimientos y tecnologías importadas y costosas (Guzmán *et al.*, 2000); además, desde la ciencia positiva (convencional) se validó exclusivamente el conocimiento generado en el proceso de “modernización agraria” y se invalidaron los conocimientos y

prácticas tradicionales de la agricultura familiar.

Todo ello provocó la drástica homogenización de los modelos de producción y distribución de alimentos, lo cual a su vez ha modificado profundamente la cantidad, tipo de alimentos y sus modos de consumo, concentrándose el 80 % de la alimentación humana en cuatro especies de animales y 10 de plantas, dentro de las cuales se encuentra la papa (*Solanum tuberosum L.*), considerado el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia a escala mundial (Enríquez *et al.*, 2007).

Existen más de 4000 variedades de papa distribuidas por todo el mundo, con gran representación en las regiones tropicales y subtropicales, sin embargo, el comercio del cultivo se centra en 10 a 15 variedades pues los esfuerzos en el orden técnico y científico se han orientado a incrementar el rendimiento, la mecanización, resistencia a plagas y enfermedades, conservación e industrialización, sin valorar la pérdida de biodiversidad y los costos ambientales y culturales asociados (Enríquez *et al.*, 2007).

La producción anual de *S. tuberosum* representa aproximadamente la mitad de la producción mundial de todas las raíces y tubérculos. En Cuba ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, se llegaron a plantar cada año entre 10000 y 15000 ha, con un rendimiento medio entre 18 y 25 $t.ha^{-1}$, y una producción anual de unas 300000 t . (Enríquez *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 2022).

Tradicionalmente, en Cuba se destinan cuantiosas sumas para la producción del tubérculo y la importación de semilla procedente de Canadá y Europa (Salomón-Díaz *et al.*, 2010). En este sentido se considera un cultivo insostenible, dado por los costos de la semilla y el paquete tecnológico convencional empleado en las labores culturales de su manejo, además la gestión del cultivo es fundamentalmente estatal y no campesina, fomentándose la producción mecanizada y a gran escala a partir del monocultivo, aunque se reconoce que la producción de papa en Cuba es una de las más elevadas de América Latina y 50 % más alta que el promedio mundial con 24 toneladas por ha (Enríquez *et al.*, 2007).

Si bien se ha logrado mantener esta productividad agrícola durante años, ha incidido en el deterioro de la calidad ambiental, ocasionando problemas de compactación, acidificación, salinización y erosión de los suelos (Zamora *et al.*, 2008), así como la pérdida del conocimiento tradicional campesino asociado al cultivo. Desde el 2019 disminuyeron las áreas a plantar y los rendimientos por área (ONEI, 2023), debido a los altos costos por la dependencia de importaciones de semillas, fertilizantes y plaguicidas.

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 (Benedetti *et al.*, 1998; Ierna & Distefano, 2024), lo cual provoca una mayor actividad biológica y mejoras en las propiedades físicas del suelo (Altieri & Nicholls, 2008; Hassan *et al.*, 2021).

Además, se requiere un cambio tecnológico y no la simple sustitución de insumos, ya que son productos que se pueden autogestionar en los propios territorios a la par de fomentar nuevas prácticas culturales y contextuales, que contribuyan a la transición y empoderamiento agroecológico.

En este contexto, en Cuba se han utilizado los abonos orgánicos en la producción de tubérculos semilla a partir de semilla de papa (Hernández, 2001). Este autor, logró resultados superiores con el uso combinado de sustrato con estiércol vacuno y el uso de biofertilizantes.

De igual forma en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH) se ha experimentado en la producción de *S. tuberosum* para consumo humano como cultivo de rotación con maíz (*Zea mays* L.), boniato (*Ipomoea batatas* L.), vigna (*Vigna unguiculata* L.) y canavalia (*Canavalia ensiformis* L. DC) en las fincas de campesinos con el empleo de abonos orgánicos en el suelo y el uso de microorganismos nativos (IHPPLUS®BF - Biofertilizante registrado y autorizado su comercialización en el país, que constituye la base del paquete agroecológico de la papa); además de otros bioproductos de elaboración nacional para el control de las plagas.

En la campaña 2016 – 2017 se sembraron cinco *ha* de papa en nueve fincas familiares de seis municipios, dos de la provincia Sancti Spíritus y cuatro de Matanzas. Teniendo en consideración los resultados, se procedió en la campaña 2020 – 2021 a la transferencia de dicha tecnología a 44 fincas de la provincia de Matanzas y en la campaña del 2021 – 2022 se transfirió a 95 fincas de seis provincias y el municipio especial Isla de la Juventud. De ahí que el objetivo de la propuesta es determinar los resultados productivos y su escalonamiento a seis provincias y el municipio especial Isla de la Juventud.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

Localización. Se evalúo en la campaña 2020 – 2021 la variedad de papa Romano de producción nacional en 44 fincas de la provincia de Matanzas, mientras que en la campaña 2021 – 2022, se evaluaron cinco variedades importadas (Metro, Espectra, Manitou, Paradiso y Alouette) en 95 predios de seis provincias y el municipio especial Isla de la Juventud.

Todas las fincas estudiadas están manejadas por familias campesinas que nunca antes habían realizado el cultivo de la papa. Estas familias responden en su planificación y orientación productiva a las necesidades propias de cada territorio y orientaciones del Ministerio de la Agricultura de cada municipio (MINAG).

La inserción del cultivo de la papa en sus agroecosistemas estuvo dada por solicitud de la Estación Experimental Indio Hatuey que había realizado experimentos a pequeña escala y expuso la necesidad de extender

estos resultados con campesinos, lo cual se aprobó y conllevó a un acuerdo con el Ministerio de la Agricultura y las asociaciones campesinas. En el acuerdo se asumieron como requisitos básicos que las fincas tuvieran disponibilidad de materia orgánica, agua y sistemas de riego, así como acceso a insumos orgánicos. Las fincas fueron seleccionadas por los MINAG locales.

Características de suelo. Las fincas tenían diferentes tipos de suelos, pero predominaron los Ferralítico Rojo lixiviado en los municipios de Matanzas, Los Palacios en Pinar del Río, en la Isla de la Juventud y en Yateras Guantánamo y los Pardo con Carbonatos en los municipios de Sancti Spíritus y Santiago de Cuba.

Semilla. En la campaña 2020 – 2021, se utilizaron tubérculos semilla de producción nacional del cultivar de papa Romano, recomendada por la Dirección Provincial de Agricultura de Matanzas; se seleccionaron los de calibre 35 – 45mm. Se eliminó la brotación múltiple que tenían los tubérculos procedentes del frigorífico y se eliminaron los dañados. En el momento de la plantación, se realizó otra selección para eliminar los tubérculos no aptos para la plantación. En la campaña 2021 – 2022, se utilizaron semillas importadas, con variedades procedentes del resultado de la evaluación realizada en el jardín de variedades de la campaña 2020 – 2021, pues no existían semillas de esas variedades producidas en el país. Se esperó por la brotación y se realizó una selección de la papa por calibres, las de mayor diámetro se picaron para completar la cantidad de semilla necesaria para las siembras planificadas.

Preparación del suelo. Para esta labor en la mayoría de las fincas se utilizó la tracción animal, solo en las fincas que poseían maquinaria se utilizó para las primeras labores de acondicionamiento del suelo y la plantación, los cultivos y cosechas se realizaron con tracción animal.

La plantación se realizó en surcos separados a 90 cm de camellón y se colocaron cuatro tubérculos por metro lineal; la profundidad de plantación fue de 10 cm. Posteriormente se tapó conformando el cantero en forma de meseta y se realizó el retape manual cuando fue necesario. Todas las atenciones culturales se realizaron teniendo en cuenta lo recomendado en el folleto Producción de papa *Solanum tuberosum* L. en un contexto agroecológico en fincas familiares (Martín & Sánchez, 2021).

Inoculación de las semillas. Para inocular las semillas al momento de la plantación se colocaron en un tanque de 200 L, con 20 L de microorganismos eficientes registrado con la marca IHPLUS®BF, 20 kg de micorrizas registrado con la marca EcoMic®y 25 mL de brasinoesteroides registrado con la marca BIOBRAS-16®. Después se completó el tanque con agua no tratada con cloro. Se sumergió el saco durante 10 minutos en esa solución y se puso a orear a la sombra y posteriormente se procedió a la plantación.

Atenciones culturales. Se realizaron labores de riego, cultivo, control de plantas arvenses manual y con tracción animal, nunca se utilizaron herbicidas y la aplicación de bioproductos según el ciclo de cultivo (Tabla 1).

Tabla 1: Aplicación de bioproductos en las fincas.

Número de aplicación	Bioproductos
Primera	IHPLUS®BF, 20 L ha ⁻¹ <i>Trichoderma harzianum</i> , 5 kg ha ⁻¹
Segunda	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	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	IHPLUS®BF, 20 L ha ⁻¹ FitoMas-E, 2 L ha ⁻¹ BIOBRAS-16®, 25 mL ha ⁻¹
Quinta	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	IHPLUS®BF, 20 L ha ⁻¹
Séptima	IHPLUS®BF, 20 L ha ⁻¹ <i>Trichoderma harzianum</i> , 5 kg ha ⁻¹
Octava	IHPLUS®BF, 20 L ha ⁻¹
Novena	IHPLUS®BF, 20 L ha ⁻¹ <i>Trichoderma harzianum</i> , 5 kg ha ⁻¹

Nutrición del cultivo. La primera fertilización se realizó en el momento de la plantación, con la aplicación de fertilizantes orgánicos a razón de 20 t. ha⁻¹ en el fondo del surco antes de la plantación; algunos casos utilizaron la AGROMENA-G (solo o combinado con materia orgánica), un fertilizante órgano-mineral de producción nacional que tiene un contenido de materia orgánica superior a 5 % y de P2O5 superior a 12 mg. 100 g⁻¹ de suelo, el cual, además posee calcio, magnesio, potasio y sodio (González *et al.*, 2023); se aplicó en el fondo del surco antes de la plantación a razón de 3 t ha⁻¹.

El rendimiento en cada finca fue determinado en el momento de la cosecha. Para ello se recogieron todos los tubérculos, se ensacaron y se pesó el total de la cosecha. Ello permitió determinar el rendimiento por unidad de área cosechada en cada finca.

Análisis estadístico. Los resultados logrados a escala experimental y sus validaciones en fincas campesinas fueron escalonados en la campaña 20 – 21 en 44 fincas de ocho municipios de la provincia Matanzas y en

95 fincas en la campaña 21 – 22, en esta última se trabajó con campesinos de seis provincias y el municipio especial Isla de la Juventud, en total 28 municipios.

Los rendimientos en $t ha^{-1}$ de ambas campañas se le determinaron los valores de estadística descriptiva de la variable numérica rendimiento agrícola.

La descripción estadística de la variable numérica rendimiento agrícola en el cultivo de papa en las campañas 2020 – 2021 y 2021 – 2022 en las provincias de Matanzas, Santiago de Cuba, Guantánamo, Holguín, Sancti Spíritus, Pinar del Río; así como, en el municipio especial Isla de la Juventud se realizó mediante los cálculos de medidas de tendencia central (media aritmética) y dispersión (desviación típica o estándar de la media y error típico o estándar de los datos); las cuales fueron consideradas para construir las categorías por rendimiento agrícola (alto, medio, bajo y muy bajo).

Para determinar si se presentan o no diferencias estadísticas significativas entre las variedades de papa en función del rendimiento agrícola ($t ha^{-1}$) en la campaña 2021 – 2022, se realizó el análisis de varianza de un factor intergrupos previo cumplimiento de los requisitos de normalidad de datos (test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (test de Levene). Se utilizó un nivel de significación $alfa = 0.05$ (confiabilidad en la estimación del 95 %). Cuando se presentaron diferencias estadísticas significativas se realizó la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan para conocer entre cual se presentan similitudes y entre cual diferencias.

Para determinar la relación de independencia o dependencia entre los municipios y categorías por rendimiento agrícola (rangos) en la campaña 2020 – 2021 y en la 2021 – 2022 se realizó el Análisis de Correspondencias Simple (Fernández, 2002), además de la construcción de Figuras de dispersión biespacial donde se muestra la distribución de los puntos (municipios) en un espacio bidimensional.

El procesamiento estadístico de los datos se realizó con el software InfoStat (IS), versión estudiantil 2017.1.2. (UNC, 2008).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados productivos en las campañas 2020 al 2022

Los rendimientos en $t ha^{-1}$ de ambas campañas y los valores de la variable numérica rendimiento agrícola, aparecen en la Tabla 2.

Como se puede apreciar en las 44 fincas de Matanzas en la campaña 20 – 21 se alcanzó un valor promedio de $11.46 t ha^{-1}$ con una desviación estándar de la media que osciló entre $\pm 5.21 t ha^{-1}$ con una precisión de la información de $0.78 t ha^{-1}$. Ello significa que los rangos de rendimientos oscilaron entre 6.25 y $16.67 t ha^{-1}$.

Tabla 2: Estadística descriptiva para la variable numérica rendimiento agrícola ($t ha^{-1}$) por campañas y provincias.

Campañas	Provincias	n	Media	Desviación estándar de la media	Error estándar de los datos
2020-2021	Matanzas	44	11.46	5.21	0.78
	Total	44	11.46	5.21	0.78
	Matanzas	32.00	13.50	5.51	0.97
2021-2022	Santiago de Cuba	9.00	13.64	5.04	1.68
	Guantánamo	11.00	10.14	4.69	1.41
	Holguín	18.00	12.73	5.54	1.30
	Sancti Spíritus	11.00	15.60	3.16	0.95
	Pinar del Río	9.00	14.51	6.64	2.21
	Isla de la Juventud	5.00	12.70	6.21	2.78
	Total	95.00	13.27	5.34	0.55

En la campaña 21 – 22 las fincas de las 6 provincias y el municipio especial de La Isla de la Juventud, el valor promedio del rendimiento agrícola fue superior en casi $2t$ ($13.27 t ha^{-1}$) al logrado en las 44 fincas de Matanzas en la campaña anterior. Estos resultados demostraron que, aunque variaron las condiciones de suelo y clima entre las campañas y se utilizaron variedades diferentes, pues eran las disponibles en cada caso, se lograron resultados que obedecen a la tecnología desarrollada, pues los abonos orgánicos y los bioproductos sustituyeron de manera adecuada los fertilizantes y plaguicidas utilizados en la agricultura convencional.

Según datos disponibles no publicados en esas campañas el rendimiento de la papa convencional en Cuba fue de $417.5 t ha^{-1}$ en unas 10 mil ha , eso significa que aunque el rendimiento de la papa agroecológica es menor, pues aún los campesinos necesitan más tiempo para apropiarse de la tecnología, su utilización genera una menor carga tóxica en los suelos y el ambiente en general y garantiza una menor dependencia de insumos importados y soberanía tecnológica al utilizar bioproductos locales y nacionales.

Las cinco variedades estudiadas en las diferentes regiones durante 2021 – 2022, expresaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Las variedades Paradiso, Espectra y Manitou tuvieron un comportamiento intermedio entre Metro y Alouette, pues ellas no difieren de ambas. Metro y Alouette difieren significativamente con valores promedios más contrastantes equivalentes a casi $4 t ha^{-1}$ (Figura 1).

Tabla 3: Rangos de rendimiento según valor de la media y su desviación estándar.

Grupo	Rangos de rendimiento ($t ha^{-1}$)	Categoría de los rangos
I	menos de 8	Muy bajo
II	8.1 – 10.9	Bajo
III	11.0 – 14.0	Medio
IV	Mayor de 14	Alto

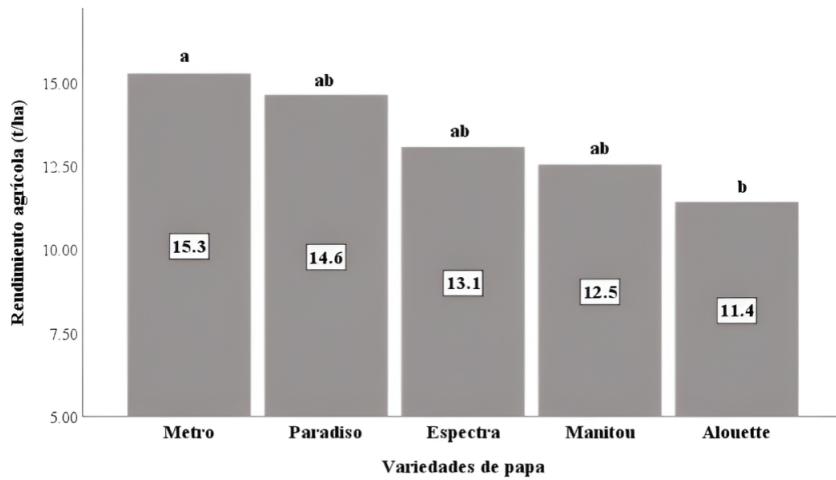


Figura 1: Representación gráfica del análisis de varianza realizado al comportamiento de las variedades. Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre variedades de papa en función del rendimiento agrícola para un $p - valor \leq 0.05$ (según la prueba de Duncan). Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados demuestran que es importante realizar estudios de regionalización de variedades ya que las condiciones edafoclimáticas pueden influir en sus comportamientos y ello nos permite seleccionar las mejores adaptadas en cada región del país (Martín & Jerez, 2017; Quispe *et al.*, 2021).

El Ministerio de la Agricultura en Cuba definió que la producción de papa en sistemas en transición agroecológica, debe alcanzar un rendimiento de $14 t ha^{-1}$, por tanto, se realizó una agrupación por rangos según los rendimientos medios obtenidos y la desviación estándar de la media general en cada campaña, para ello se definieron cuatro rangos o niveles aplicables a cada campaña (Tabla 3).

El análisis de correspondencia simple (ACS) permitió la representación biespacial (Figuras 2 y 3) para municipios y categorías (rangos) de la variable numérica rendimiento agrícola en las dos campañas estudiadas, lo cual permitió definir cuan cerca o distante están los resultados de cada municipio de los rangos previamente definidos.

En la Figura 2 se destacan con los más altos rendimientos, según la clasificación por rangos, los municipios de Colón y Martí, seguidos estos por Unión de Reyes, Calimete y Jaguey Grande, aunque estos últimos su

representación no está tan bien definida, debido a la variabilidad de los rendimientos en las fincas en el caso de Calimete y en Jaguey por haber una sola finca, lo cual afecta la definición del vector que se representa el gráfico bioespacial.

En la Figura 3, los municipios con mayores rendimientos y ubicados cercanos al rango alto fueron; Fomento, Jatibonico, Taguasco, Cabaiguán (provincia Sancti Spíritus), Unión de reyes, Calimete (provincia Matanzas), Los Palacios (Pinar del Río) y La Maya (Santiago de Cuba). En todos estos sitios donde se realizó el escalonado tecnológico en ambas campañas, el suelo predominante es el Ferralítico rojo, el cual reúne excelentes características físicas, por tener buen drenaje interno y suficiente agua para el riego, que unidos a la fertilización orgánica, crearon el espacio más favorable para este cultivo. Como se puede apreciar el agrupamiento en torno a los rangos definidos depende de la frecuencia con que se presenten los valores inherentes a cada rango en las fincas de los diferentes municipios. Por otra parte, el número de fincas en cada municipio no es el mismo y hay municipios que tienen solo una finca, ello significa que la agrupación de los municipios en torno a los rangos expresa tendencias del comportamiento de la variable rendimiento agrícola, cosa que es algo diferente cuando reflejamos la media del rendimiento de todas las fincas en cada municipio (Tabla 3).

El análisis por municipio obedece a que en Cuba, se está reforzando a partir de la Ley de soberanía alimentaria, seguridad alimentaria y nutricional la necesidad de transitar en los territorios a sistemas alimentarios locales de base agroecológica, valorar estas experiencias a nivel municipal puede contribuir a crear estrategias locales y contextualizar tecnologías apropiadas.

A partir de estos resultados es posible a futuro diseñar en cada provincia y municipio una evaluación más detallada del comportamiento de variedades en los diferentes tipos de suelos y las condiciones climáticas que caractericen a esos territorios, lo cual permitirá desarrollar metodologías que faciliten organizar mejor el proceso de su escalonamiento en las fincas en transición agroecológica.

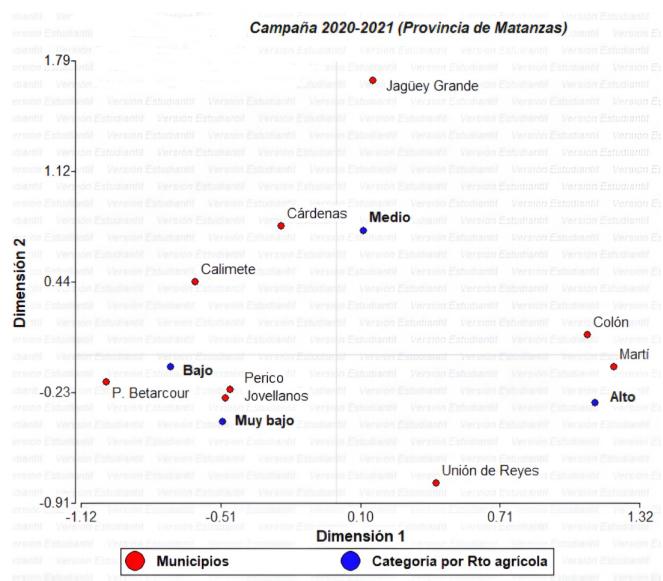


Figura 2: Gráfico de dispersión biespacial para municipios y categorías por rendimiento agrícola en la campaña 2020 – 2021 en la provincia de Matanzas. Fuente: Elaboración propia. Fuente: Elaboración Propia

En este sentido, Julio *et al.* (2018), demostraron que en la papa existen aún fuentes de resistencia a estreses abióticos y bióticos desconocidos que se pueden explotar para aliviar las amenazas del cambio climático, y seleccionar genotipos con ciertos niveles de resistencia y/o tolerancia a estos estreses. Ello nos brindaría la posibilidad de lograr resultados superiores en cuanto a la producción por área y en el aporte a la seguridad alimentaria local, propósitos que persigue la ley de soberanía y seguridad alimentaria y el decreto de agroecología en Cuba.

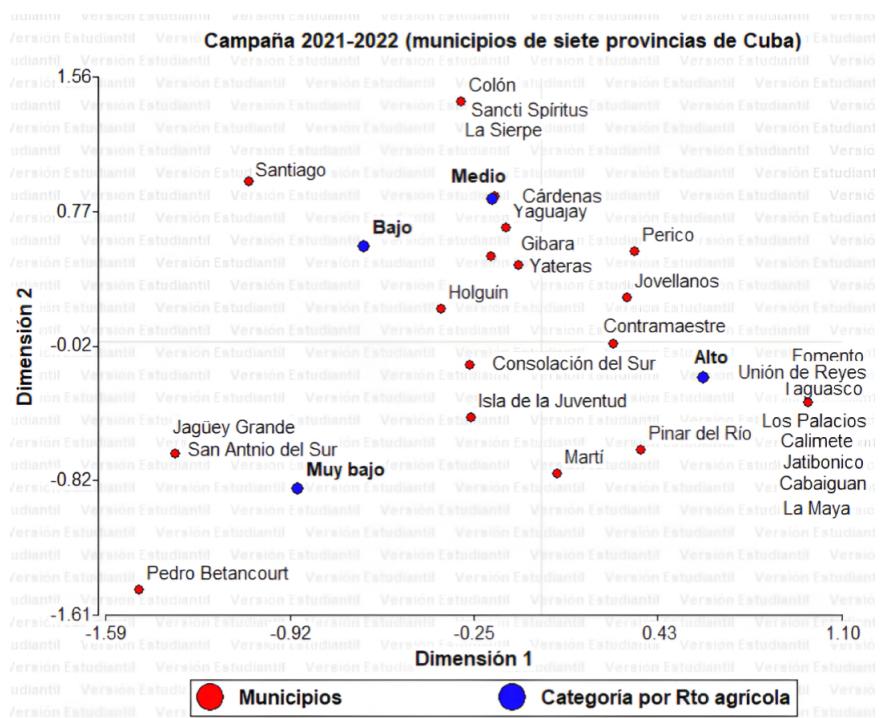


Figura 3: Gráfico de dispersión biespacial para municipios y categorías por rendimiento agrícola en la campaña 2021 – 2022 en las seis provincias y el municipio especial Isla de la Juventud. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se pueden apreciar los valores promedio del rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$). En la campaña 20 – 21 los municipios con mejores resultados fueron Colón (16,25), Martí (16,23), Unión de Reyes (15) y Calimete y Jagüey con 14, es decir, estos municipios tuvieron resultados de 14 o más toneladas por hectárea y alcanzaron el rango alto según lo establecido por el Ministerio de la Agricultura en Cuba.

En la campaña 21 – 22 un total de 15 municipios alcanzaron resultados muy cerca de 14 t ha^{-1} o por encima de ese valor, los municipios con resultados inferiores su principal problema estuvo relacionado con la fertilización orgánica y el manejo del agua para el riego.

Los trabajos realizados para escalar la tecnología de producir papa en sistemas de transición agroecológica, han demostrado que este cultivo, aun cuando no se han alcanzado rendimientos iguales o superiores a la papa convencional de forma general, sí existen fincas y municipios que lo han logrado, lo cual es una evidencia de que los campesinos mediante un proceso de adopción permanente pueden llegar a tener resultados superiores a los logrados en estas campañas, mejorando la cultura del cultivo en sus condiciones y transitando a etapas superiores de la transición agroecológica.

En la campaña 2020 – 2021 se produjeron algo más de 435 t de papa en unas 38 ha sin utilizar recurso importado que no fuera el combustible utilizado para algunas labores de acondicionamiento de suelo y cultivos. Es válido destacar que municipios como Martí y Perico que no son muy poblados, se comercializaron alrededor de 5 kg de papa per cápita, provenientes de solo 20 fincas, valor superior al logrado con la papa convencional,

Tabla 4: Comportamiento de los rendimientos promedios en los municipios en ambas campañas ($t ha^{-1}$).

Número de campesinos	Municipios	Rendimiento promedio campaña 20-21	Rendimiento promedio campaña 21-22	Número de campesinos	Municipios	Rendimiento promedio campaña 21-22
9.00	Jovellanos	9.28	13.17	1	El Salvador	3.08
12.00	Perico	9.01	14.08	8	Holguín	11.80
8.00	Martí	16.23	13.58	10	Gibara	13.46
5.00	Cárdenas	9.80	14.72	1	Sancti Spíritus	12.65
3.00	Colón	16.25	12.97	2	Taguasco	18.74
3.00	Calimete	14.00	18.50	3	Yaguajay	12.98
1.00	Jaguey Grande	14.00	6.05	2	Cabaiguán	18.44
1.00	Pedro Betancourt	8.11	4.60	1	Fomento	17.68
2.00	Union Reyes	15.00	17.61	1	Jatibonico	14.02
7.00	Contramaestre		13.50	1	Sierpe	13.94
1.00	Santiago		10.00	4	Pinar del río	13.87
1.00	La Maya		18.22	3	Consolación del Sur	12.54
3.00	SA Sur		6.40	2	Los Palacios	18.72
7.00	Yateras		12.76	5	Isla de la Juventud	12.70

lo cual es una evidencia del potencial de este tipo de producción aun cuando no se logren altos rendimientos.

Aunque existieron diferencias entre los suelos utilizados para plantar la papa, las diferencias encontradas entre las fincas se deben a las condiciones en que se ejecutaron las exigencias tecnológicas definidas para el cultivo; se pudo comprobar que las fincas con muy bajos o bajos rendimientos eran aquellas que no pudieron aplicar las $20 t ha^{-1}$ de materia orgánica o las $3 t ha^{-1}$ de Agromena G, sobre todo emplearon desiguales cantidades de materia orgánica al momento de la plantación. En este sentido Martín & Jerez (2017), reportaron que 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. La materia orgánica tiene efecto en el mejoramiento de las propiedades fisiocoquímicas del suelo, ya que el cultivo de la papa reacciona favorablemente a abonos orgánicos, porque se mejora la estructura del suelo (Mendoza *et al.*, 2021; Trujillo *et al.*, 2022; Valencia *et al.*, 2025).

3.2. Algunas reflexiones

La producción de papa en Cuba, ha seguido el modelo de la agricultura industrial favoreciendo el monocultivo y la aplicación de costosos paquetes tecnológicos convencionales que comprometen la biodiversidad, utilizan los recursos de manera ineficiente y altamente dependientes de energía fósil. Se considera que establecer la producción agrícola de esta forma ha convertido los agroecosistemas paperos en sistemas altamente simplificados, dependientes e insostenibles.

Al respecto Altieri & Nicholls (2008) exponen que las características inherentes de autorregulación de las comunidades naturales se pierden cuando los seres humanos modifican los ecosistemas para crear monocul-

tivos. Cuanto más intensamente se modifican estas comunidades, más graves y frecuentes son los desequilibrios ecológicos que se manifiestan en sistemas agrícolas simplificados, tales como explosiones de plagas, deficiencias nutricionales y susceptibilidad al cambio climático (Inquilla & Apaza, 2021).

Si bien el presente estudio abarcó las primeras fases de la transición agroecológica referidas a aumentar la eficiencia y la efectividad de las prácticas convencionales y sustituir las prácticas e insumos convencionales con prácticas alternativas (Gliessman *et al.*, 2007), el proceso de contextualización de la tecnología propuesta fue complementada con talleres sobre agroecología e intercambios con familias campesinas que se sienten motivadas a continuar con la transición y establecer diseños en sus fincas que contribuyan al funcionamiento de un nuevo conjunto de procesos y relaciones ecológicas con una infraestructura diversificada y funcional que subsidie el funcionamiento del sistema sin necesidad de insumos externos (Sebatta *et al.*, 2014) (Nivel 3 de la transición agroecológica). En el caso de la semilla, los autores de esta investigación desarrollan propuestas de proyectos para la inversión en sistemas autónomos de cámaras frías en las fincas, lo que puede contribuir en el futuro, a que las fincas guarden y refuerzen el potencial de semillas propias adaptadas a su contexto.

Las fincas participantes de por sí ya desarrollan varias prácticas agroecológicas de forma empírica y presentan una biodiversidad en la producción para autoabastecimiento familiar y comercio local, prácticas que contribuyen a que los rediseños sean menos complejos. Además, son espacios que funcionan como plataformas multiactorales a nivel de territorio como fincas faros, que contribuyeron a la selección e inclusión en esta investigación. Estas fincas pueden convertirse a futuro en escuelas de agroecología e incidir en los cambios de ética y valores en las personas que producen los alimentos y las personas que consumen sus productos, algo que se motivó específicamente con la papa pues el enfoque fue la producción y consumo local con acuerdo de precios entre las partes, destacando la importancia del consumo de alimentos frescos, orgánicos y producidos por familias campesinas del territorio. Los gobiernos locales tuvieron una participación activa en la conciliación de los precios de venta, mercados locales, facilitación de espacios y recursos para la producción y comercialización.

Todo lo anterior contribuye al alcance de la última fase de la transición agroecológica, nivel 4. Este nivel tiene el objetivo de restablecer una cultura de la sostenibilidad, que considera las interacciones entre todos los componentes del sistema alimentario. A nivel local, esto significa que las personas consumidoras valoran localmente la producción agroecológica de alimentos y con su compra de alimentos, apoyan a las personas agricultoras que están esforzándose por pasar del nivel de conversión 1 a los niveles 2 y 3. Cuanto más se transita a este nivel de integración y acción para el cambio en los sistemas alimentarios en las comunidades, más cercana es la construcción de una nueva cultura y economía de sostenibilidad (Gliessman *et al.*, 2007).

El trabajo pretendió escalar la tecnología desarrollada a escala de investigación y validación práctica en algunas fincas de la provincia de Matanzas, pues era muy importante demostrar que en Cuba la papa podía

entrar como cultivo en las fincas campesinas en transición agroecológica. Hasta esa fecha solo era cultivada en grandes extensiones de tierra de propiedad estatal y bajo un enfoque convencional.

Se decidió probar la tecnología en diferentes regiones, y aunque el estudio tiene limitaciones al no valorar otros aspectos como controles pareados, la heterogeneidad en el manejo entre fincas, la posible influencia de factores climáticos no controlados, análisis de costo beneficio, que pueden ser objeto de estudio en próximas investigaciones, la novedad y pertinencia de esta investigación radica en demostrar el potencial campesino privado para la producción local y el fomento de la soberanía y las potencialidades rurales en el uso de recursos disponibles, en contraste con un sistema histórico de producción altamente vulnerable por su dependencia de semillas e insumos químico sintéticos, contaminante de los recursos suelo y agua y para la obtención de un producto que además puede dañar la salud de las personas que lo consuman, con rendimientos en descenso a través del tiempo.

En el caso del análisis costo beneficio no se realizó por la variabilidad de costos y precios de venta de una región a otra. Por ejemplo, los precios de venta son definidos por la gobernanza local en conjunto con los campesinos teniendo en cuenta la información formal que pueden demostrar las familias productoras a partir de los diferentes gastos, pero muchos de estos gastos no tienen forma de presentarlos adecuadamente por formar parte del mercado alternativo informal, y son factores que complican un análisis real de la situación en cada territorio. No obstante, todos los campesinos consideran muy estimulante el trabajo con este cultivo al tener márgenes de ganancia favorables para ellos.

En este sentido se realizan las recomendaciones siguientes:

- Creación de capacidades en familias y fincas campesinas para la transición agroecológica.
- Favorecer la producción y conservación de semilla de papa nacional en procesos de fitomejoramiento participativo con campesinos e investigadores cubanos.
- Apoyo en recursos a través de la colaboración nacional e internacional, créditos blandos y acceso físico y económico a insumos e infraestructuras que contribuyan al escalamiento de la producción de la papa campesina y otros productos agropecuarios sobre bases agroecológicas.
- Promover un cambio institucional que favorezca la organización e interconexión entre experiencias agroecológicas.
- Reducir el consumo de energía y materiales de la cadena alimentaria de la papa, apostando por cadenas más cortas, fomentando el consumo local y de temporada. Además, el cultivo con métodos agroecológicos no se recomienda en grandes extensiones, pues requiere de atenciones manuales y de un seguimiento constante. Por lo que es considerado un cultivo en fincas biodiversas y pequeños espacios, donde se puedan realizar todas las atenciones culturales en el momento preciso.

- Realizar próximas investigaciones para valorar otros aspectos e indicadores, que acompañen la propuesta de la factibilidad económica, social y ambiental de la producción de papa agroecológica en Cuba.

4. CONCLUSIONES

Se demostraron resultados positivos en el rendimiento agrícola, pues varios campesinos y municipios obtuvieron resultados muy cercanos o superiores a las 14 t ha^{-1} previstas por el sistema de la agricultura para esta tecnología. Se evidenció que es posible que los campesinos mediante un proceso de adopción permanente puedan llegar a tener resultados superiores si mejoran la cultura del cultivo para lograr una transición agroecológica y con ella mayores rendimientos agrícolas.

Los rendimientos promedios fueron de 11.46 y 13.27 t ha^{-1} . Es destacable la existencia de fincas que lograron sobrepasar las 14 t ha^{-1} de rendimientos independientemente del tipo del suelo y la variedad con que trabajaron. Se destacan los resultados de municipios en diferentes zonas geográficas, lo cual demuestra la posibilidad real de escalar esta tecnología en el país.

La dimensión científico-técnica de la agroecología debe seguir siendo el enfoque para la producción de papa y para los rediseños de sistemas agrícolas biodiversos, productivos y resilientes, los cuales deben ser contextualizados y diseminados por la acción social colectiva entre los diferentes actores de los sistemas alimentarios locales.

Contribución de los autores

Conceptualización, Giraldo J. Martín Martín Leidy Casimiro Rodríguez.

Metodología, Giraldo J. Martín Martín, Leidy Casimiro Rodríguez.

Investigación y Validación: Giraldo J. Martín Martín, Leidy Casimiro Rodríguez, Frank Reyes Ocampo, Rafael Medina Salas, Katerine Oropesa Casanova, Wendy Ramírez Suarez, Gertrudis Pentón Fernández, Juan Carlos Lezcano Fleires, Saray Sánchez Cárdenas, Yuseika Olivera Castro, Irán Rodríguez Delgado.

Análisis Formal y curación de datos: Martín Martín, Leidy Casimiro Rodríguez e Irán Rodríguez Delgado.

Supervisión: Giraldo J. Martín Martín y Frank Reyes Ocampo.

Redacción: revisión y edición: Giraldo J. Martín Martín, Leidy Casimiro Rodríguez.

Referencias

Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 1, 29–36. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/18>

Andreu, J. P. (1998). Las innovaciones biológicas en la agricultura española antes de 1936: el caso del trigo. *Agricultura y sociedad*, 163-184.

Benedetti, A., Canali, S. & Lianello, F. (1998). La fertilizzazione organica dei suoli. In: I Fertilizzanti Organici. Paolo Sequi (Ed.). Italia. Edizioni L'Informatore Agrario. 1-12 p.

Enríquez, G. A., Soto N. & Dorestes, V. (2007). Transformación genética de variedades comerciales. Resultados de la biotecnología en Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 317p.

Fernández, F. J. (2002). El uso del Análisis de Correspondencia Simple (ACS) como ayuda en la interpretación del dato en arqueología. Un caso de estudio. Boletín Antropológico. Año 20, N° 55. Mayo-Agosto. pp. 687-713. <https://www.redalyc.org/pdf/712/71205505.pdf>

Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E. & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad . Ecosistemas. 2007/1 <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/134>

González, O., Salcerio, R.A., Águila, E., Merlán, G., López, E. & Machado-de Armas, J. (2023). Caracterización física y química del abono órgano mineral Agromena - G. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(3), <https://cu-id.com/2177/v32n3e08>

Guzmán, G. I., González de Molina Navarro, M. & Sevilla Guzmán, E. (2000). Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ediciones Mundi Prensa. Barcelona, España. 97p. https://www.researchgate.net/profile/Gloria-Guzman/publication/270256177_Introduccion_a_la_Agroecologia_como_Desarrollo_Rural_Sostenible/links/55b5164d08ae9289a08a671a/Introduccion-a-la-Agroecologia-como-Desarrollo-Rural-Sostenible.pdf

Hassan, S. Z., Jajja, M. S. S., Asif, M. & Foster, G. (2021). Bringing more value to small farmers: A study of potato farmers in Pakistan. *Management Decision*, 59(4), 829–857, <https://doi.org/10.1108/MD-12-2018-1392>

Hernández, A. (2001). Manejo agronómico integral de sustratos, métodos de siembra y biofertilización en la producción sostenible de tubérculos-semilla de papa por semilla sexual. *Cultivos Tropicales*. 22(2), 21-7. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215009003.pdf>

Inquilla, J. & Apaza, J. (2021). Saberes campesinos para la crianza de la papa en las comunidades aimaras del altiplano, Puno. *Anthropologica*, 39(46), 255–280. <https://doi.org/10.18800/anthropologica.202101.009>

Julio, G., Ruiz, I. & Cuesta, X. (2018). Ampliando la frontera agrícola de la papa (*solanum tuberosum* L.) Para disminuir los efectos del cambio climático. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 46–51. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100046

- Kumar, R., Bhardwaj, A., Singh, L. P., & Singh, G. (2022). Organic potato production: A step towards sustainable agriculture (life cycle assessment-based study). *Potato Journal*, 49 (2), 149–158. <https://epubs.icar.org.in/index.php/PotatoJ/article/view/128805>
- Ierna, A. & Distefano, M. (2024). Crop Nutrition and Soil Fertility Management in Organic Potato Production Systems. *Horticulturae*, 10, 886, <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080886>
- Martín, R. & Jerez, E. (2017). Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (Solanum tuberosum L.) variedad romana. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 75-80. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193250540009>
- Martín, G. J. & Sánchez, T. (2021). Producción de papa (Solanum tuberosum L.) en condiciones de nutrición y fitoprotección ecológica para pequeños productores. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. 35p.
- Mendoza, K., Sanabria, S., Pérez, W. & Cosme, R. (2021). Enmiendas orgánicas y su efecto en las propiedades de suelos alto andinos cultivados con papa nativa (Solanum goniocalyx Juz. et Buk.). *Agroindustrial Science*, 11(2), 221-229. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085153>
- Norgaard, R. B. & Sikor, T. (1999). Metodología y práctica de la agroecología. Agroecología. En: Bases científicas para una agricultura sustentable. Altieri, M.A ed. 27-42. https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%C3%ADA/Material/Agricultura_sustentable.pdf
- ONEI (2023). Oficina Nacional de estadística e Información. Anuario estadístico de Cuba. Indicadores seleccionados. Sector agropecuario pág.16 y 17. <http://onei.gob.cu/anuario-estadistico-de-cuba-2023>
- Pujol Andreu, J. (1998). Las innovaciones biológicas en la agricultura española antes de 1936: el caso del trigo. https://www.mapama.gob.es/app/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_ays%2Fa086_06.pdf
- Quispe, J.C., Calcina, D.A., Apaza, E., Pumacallahui, E., Marca, O.H., & Yapuchura, C.R. (2021). Factores climático determinantes del rendimiento y la producción de papa en el distrito de Juli, Puno-Perú, 2000-2018. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 158–171. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.137>
- Salomón-Díaz, J.L., Castillo, J.G., Estévez, A., Ortiz, Ú., Arzuaga, J., Caballero, A. & Vásquez, E. R. (2010). Evaluación de genotipos de papa (Solanum tuberosum, L.) para caracteres reproductivos y agronómicos. *Cultivos Tropicales*, 31(2), 77–81. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215930011>
- Sebatta, C., Mugisha, J., Katungi, E., Kashaaru, A., & Kyomugisha, H. (2014). Smallholder farmers' decision and level of participation in the potato market in Uganda. *Modern Eco-*

- onomy, 5, 895–906. https://www.researchgate.net/publication/276496540_Smallholder_Farmers%27_Decision_and_Level_of_Participation_in_the_Potato_Market_in_Uganda*
- Toledo, V.M. (1992). La racionalidad ecológica de la producción campesina. En: Ecología, campesinado e historia. Sevilla Guzmán E y M González de Molina (Editores). Ed. La Piqueta. Madrid. España. 1993. 5, 197-218. <https://s81c843597189ba68.jimcontent.com/download/version/1346006907/module/6324797568/name/Toledo%20V,%20La%20Racionalidad%20Ecologica.pdf>
- Trujillo, Y. L., Mendoza, E., Palomares, E. G., Luis, D. B., Silva, E. C. & Christo, B. F. (2022). Fuentes orgánicas y producción de papa en la región andina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(4), 735–740. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.3000>
- UNC (2017). InfoStat software estadístico. Versión estudiantil. Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=37>
- Valencia, A., Ortiz, G., Tapia, D., Chicaiza, M., Verdejo, J. & Montero Reyes, Y. (2025). Soil improvement through organic fertilizers. Multidisciplinar (Montevideo). 2025, 3, 36. <https://doi.org/10.62486/agmu202536>
- Zamora, F., Tua, D. & Torres, D. (2008). Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. *Agronomía Tropical*, 58(3), 233–243. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000300004&lng=es&tlang=es