



Recibido: 07/05/2021 | Aceptado: 02/06/2021

Accesible en línea: julio 2021

DOI: 10.37066/ralap.v25i1.416

ISSN: 1853-4961

Los límites de la productividad del cultivo de papa en Ecuador entre 2017 y 2018


David Singaña^{1*}

Resumen

La homogeneización de las prácticas de cultivo agrícola en el mundo con propósitos de aumentar la productividad trae consigo múltiples consecuencias entre las que se encuentran la erosión de suelos, prácticas y variedades. La papa fue uno de los primeros cultivos sobre los que se aplicaron tecnologías relativas a la Revolución Verde, la cual trajo incrementos en los rendimientos, sin embargo, su efecto se fue desgastando en el tiempo, y en muchos casos causa rendimientos decrecientes, es el caso de la papa en Ecuador. En este sentido, el presente estudio se plantea evaluar el rendimiento de los insumos (fertilizantes, control fitosanitario, semillas) inmersos en la producción de papa y las características (disponibilidad de riego, ubicación, mano de obra) de las Unidades de Producción Agropecuaria a través de la estimación de un modelo de regresión múltiple con información de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua de los años 2017 y 2018. Los resultados muestran que la sobreutilización de fertilizantes químicos y control fitosanitario causa rendimientos decrecientes en el cultivo, así mismo, se resalta la necesidad de contar con sistemas públicos de riego para el aumento de la productividad. Paralelamente, los resultados confirman la pérdida de la productividad entre los años 2017 y 2018 en cerca del 25%, y se plantea la existencia de brechas territoriales en la producción, en las que la provincia del Carchi presenta mayores rendimientos.

Palabras clave adicionales: Revolución Verde, rendimientos decrecientes, regresión múltiple.

Autor para correspondencia. E – mail: david.singana94@gmail.com

David Singaña¹  Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador. Quito. Diego de Almagro 170201



Publicado por la Asociación Latinoamericana de la Papa bajo los términos de la licencia: [Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

The limits of potato crop productivity in Ecuador between 2017 and 2018

Abstract

The homogenization of agricultural cultivation practices in the world for the purpose of increasing productivity brings with it multiple consequences, among which are: soil erosion, practices and varieties. Potato was one of the first crops on which technologies related to the Green Revolution were applied, which brought increases in yields, however, its effect wore off over time, and in many cases causes decreasing yields, as is the case of potato in Ecuador. In this sense, the present study aims to evaluate the performance of inputs (fertilizers, phytosanitary control, seeds) immersed in potato production and the characteristics (irrigation availability, location, labor) of the Agricultural Production Units through the estimation of a multiple regression model with information from the Continuous Agricultural Surface and Production Survey of 2017 and 2018. The results show that the overuse of chemical fertilizers and phytosanitary control causes decreasing crop yields; likewise, the need for public irrigation systems to increase productivity is highlighted. At the same time, the results confirm the loss of productivity between 2017 and 2018 by about 25%, and the existence of territorial gaps in production, in which the province of Carchi has higher yields.

Additional Keywords: Green Revolution, diminishing returns, multiple regression.

Introducción

La búsqueda del aumento en la productividad del agro ecuatoriano está asociada a la utilización de insumos químicos y semillas especializadas junto con un conjunto de recomendaciones para las prácticas de cultivo (Sánchez, 2019), aun cuando las tecnologías asociadas a la Revolución Verde han sido debatidas (Holt-Giménez & Altieri, 2013) y cuestionadas debido a la generalización en su uso, sin considerar otros elementos externos al tipo de semilla y composición de suelos (Fontem & Aighewi, 1993; Gallagher *et al.*, 2017).

Para el caso ecuatoriano, la adopción de estas prácticas tiene como origen la influencia de los grandes terratenientes de las décadas de 1950 y 1960 dentro de la política y administración del país. De esta manera, un solo grupo fue el que definió los términos de eficiencia y productividad. Así, tras la Reforma

Agraria de 1964, la transformación de la agricultura se dio por medio de la integración al mercado, el empleo de agroquímicos y el uso de mecanización. En efecto, los rendimientos se incrementaron tras la implementación de los nuevos insumos. No obstante, con el pasar del tiempo los rendimientos comenzaron a caer (Sherwood, 2009a).

El cultivo de papa fue uno de los primeros en adoptar el modo de producción de la denominada Revolución Verde (Patel, 2013). Pese al proceso de erosión genético derivado de la especialización de ciertas variedades, aún existen alrededor de cinco mil variedades de papa en el mundo, de las cuales tres quintas partes se encuentran en la zona de los Andes (Zaheer & Akhtar, 2016). Una de las medidas para aumentar la productividad del cultivo de papa ha sido el empleo de insumos químicos para el

control plagas, enfermedades y la fertilización, tal como se lo evidencia alrededor en países de diversos continentes como: Perú (Grados *et al.*, 2020), Camerún (Fontem & Aighewi, 1993), Nueva Zelanda (Reid *et al.*, 2016), Filipinas (Antle & Pingali, 1994) y Etiopía (Tadesse *et al.*, 2017).

Los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) nos muestran que la evolución en los rendimientos de la papa en el tiempo está caracterizada por ciclos a nivel mundial y local. Como se puede ver en la **Figura 1** existen periodos de aumento y estabilización en la productividad, seguidos de pérdidas de la misma. En la última década, para el Ecuador los rendimientos decrecientes se presentan desde el 2016 donde se tenía un rendimiento promedio de $14,26 \text{ tha}^{-1}$, mientras que en el 2018 esta cifra bajó a $12,18 \text{ tha}^{-1}$ (FAO, 2020).

Para el caso del Ecuador, la producción de papa resulta ser más arriesgada y costosa que otros cultivos de la sierra. El cultivo se enfrenta a varios riesgos climáticos que no se pueden controlar, por tanto, el control sobre las afectaciones se lo centra en plagas y enfermedades, a través de insecticidas y fungicidas, por lo

general, importados. Paralelamente, la productividad marginal de estos insumos excede, en varios casos, los costos marginales (Paredes, 2010a).

De esta forma, la papa es uno de los cultivos que tiene mayor exposición a agroquímicos, debido a que el empleo de estos insumos se ha visto como uno de los pocos catalizadores para aumento de la productividad del cultivo y el manejo de plagas. El uso de pesticidas se lo realiza incluso como medida preventiva ante potenciales plagas y su abandono se da solo en caso de enfermedades asociadas o acceso a información de sus potenciales peligros (Paredes, 2010b). Sin embargo, la sustentabilidad de este sistema ya se ha cuestionado debido a que los costos de la utilización de estos insumos trascienden del plano económico hacia aspectos relacionados con la salud de los agricultores. (Alwang *et al.*, 2017; Barrera *et al.*, 2005; Grados *et al.*, 2020). Además, que en ciertos casos el suelo ya no responde a la exposición de estos insumos –muchas veces combinado con la sobreutilización de mecanización– (Paredes, 2010b).

Como alternativa ante el continuo uso de pesticidas químicos, se sugiere el uso de

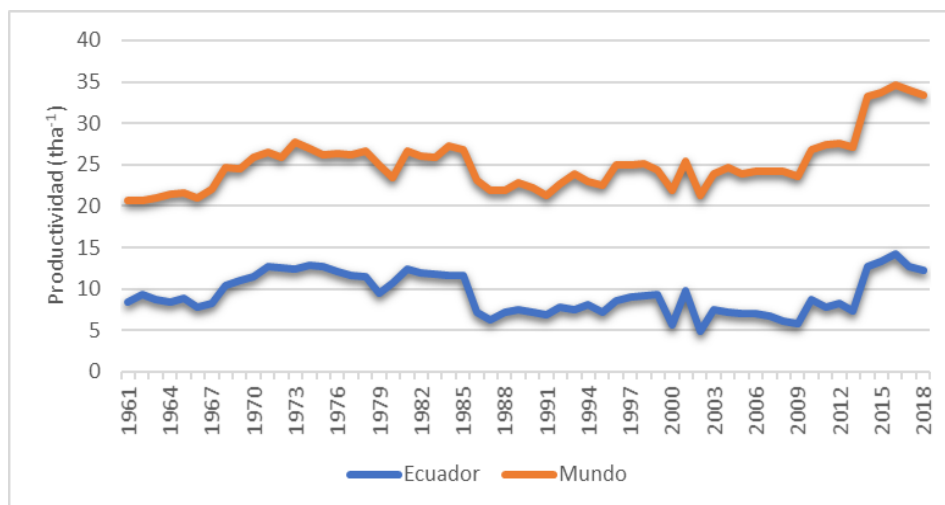


Figura 1. Evolución de la productividad de papa en el mundo y en Ecuador 1961-2018.

variedades más resistentes, la mitigación del deterioro del suelo, rotar cultivos y la variación en el tipo de fungicidas debido a que las plagas y enfermedades pueden volverse resistentes a ellos (Barrera *et al.*, 2005; Paredes, 2010a). Adicional a las potenciales escuelas de formación se deben diseñar mecanismos en los que los mismos agricultores puedan compartir la información a sus colegas productores, de modo que, la información pueda llegar a más personas y pueda llegar entre pares (Barrera *et al.*, 2005). Lo cual también se encuentra en el caso del Carchi, donde, existen modos de producción dominantes en cada parroquia, los cuales están influenciados por las relaciones de los productores entre sí y con los recursos naturales (Paredes, 2010b).

Bajo este contexto, y dado que la productividad de los cultivos es un elemento trascendental en el diseño de la política pública agroalimentaria (Arata *et al.*, 2020). El presente estudio busca determinar los factores que inciden en la productividad de papa a través de un análisis de regresión múltiple con información de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) de los años 2017 y 2018.

Materiales y métodos

Datos

Para estimar el modelo de regresión múltiple se toman los datos de la ESPAC de los años 2017 y 2018. La ESPAC es producida por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de forma anual desde el 2002. La encuesta tuvo un cambio de metodología en el muestreo en el año 2014 (Núñez *et al.*, 2015), desde entonces no ha variado, por tanto la fusión de dos conjuntos de datos de la misma forma un pool de datos (Wooldridge, 2010). En año 2017 se tienen 1572 Unidades de Producción

Agrícolas (UPAs) (INEC, 2018) mientras que para el 2018 se tienen 1193 UPAs (INEC, 2019). En total para la estimación se consideraron 2642 predios, 123 casos se omitieron debido a datos faltantes en las variables. Los datos del estudio corresponden a UPAs con una extensión de superficie sembrada de papa menor a cinco hectáreas.

Metodología

Los factores que rodean a la productividad han sido evaluados bajo un conjunto diverso de metodologías, por ejemplo, Alwang *et al.* (2017) realizan la estimación de un modelo logit multinomial para determinar los grados de adopción de agroquímicos. Para determinar las diferencias en el rendimiento ante el uso de ciertos insumos, Reid *et al.* (2016) realizan un análisis de varianza. Mientras que, para estudiar los determinantes en la productividad Gitari *et al.* (2018) y Gallagher *et al.* (2017) estiman un modelo lineal generalizado, por otra parte, Navarrete *et al.* (2017) realiza una regresión lineal múltiple en el estudio de la calidad de ciertas semillas. Mientras que Abrougui *et al.* (2019) emplean el mismo modelo de regresión para mirar los determinantes del rendimiento, esta última metodología es el que se emplea en este estudio, para lo cual, se planteó la siguiente ecuación:

$$y_i = c + \beta_1 X_i + \beta_2 W_i + e \quad [1]$$

Donde, y_i representa el logaritmo natural del rendimiento por hectárea de papa en la UPA i .

Mientras, X_i representa al conjunto de características de producción en la UPA i entre las que se encuentran la cantidad de fertilizantes químicos y orgánicos aplicados, y la magnitud de control fitosanitario empleado en el cultivo.

Por su parte, W_i representa el conjunto de características de la UPA i , entre las que se encuentran, la orientación de la producción y el origen de riego. Las

variables que componen los dos conjuntos y su forma funcional se encuentran detalladas en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Descripción de las variables del modelo y signos esperados

| Nombre de la variable | Descripción | SE | Estudio de referencia |
|--|---|-----|---------------------------------|
| Variable dependiente | | | |
| Productividad | Variable que expresa el logaritmo natural del cociente entre las toneladas producidas y las hectáreas sembradas. | | |
| Variables independientes | | | |
| Características de la producción | | | |
| Fitosanitario (X_{1i} y X_{2i}) | Logaritmo natural de la cantidad de control fitosanitario químico aplicado en el cultivo medido en toneladas (sólido) y litros (líquido). | + | (Nakano <i>et al.</i> , 2013) |
| Fitosanitario SQ (X_{1i}) ² y (X_{2i}) ² | Logaritmo natural de la cantidad de control fitosanitario químico aplicado en el cultivo medido en toneladas (sólido) y litros (líquido) al cuadrado. | - | (Nakano <i>et al.</i> , 2013) |
| Fertilizante orgánico (X_{3i}) | Logaritmo natural de la cantidad de fertilizante orgánico aplicado en el cultivo medido en toneladas. | + | (Nakano <i>et al.</i> , 2013) |
| Fertilizante orgánico SQ (X_{3i}) ² | Logaritmo natural de la cantidad de fertilizante orgánico aplicado en el cultivo medido en toneladas al cuadrado. | - | (Nakano <i>et al.</i> , 2013) |
| Fertilizante químico (X_{4i}) | Logaritmo natural de la cantidad de fertilizante químico aplicado en el cultivo medido en toneladas. | + | (Nakano <i>et al.</i> , 2013) |
| Fertilizante químico SQ (X_{4i}) ² | Logaritmo natural de la cantidad de fertilizante químico aplicado en el cultivo medido en toneladas al cuadrado. | - | (Nakano <i>et al.</i> , 2013) |
| Inversión (X_{5i}) | Logaritmo natural de la cantidad de dinero invertida en la producción. | + | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |
| Semilla (X_{6i}) | Variable categórica que toma los siguientes valores: | | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |
| | 1 común (categoría de referencia) | | |
| | 2 mejorada | + | |
| | 3 certificada | + | |
| Otros cultivos (X_{7i}) | 4 híbrida nacional | + | |
| | Número de cultivos adicionales en la UPA | +/- | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |
| Año (X_{8i}) | Variable dicotómica que toma el valor de 1 cuando la UPA i pertenece al año 2018 y 0 para 2017. | | |
| Comercial (X_{9i}) | Variable categórica que toma el valor de 1 cuando la UPA destina más de la mitad de su producción para la venta, 0 caso contrario. | + | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |

| Nombre de la variable | Descripción | SE | Estudio de referencia |
|--------------------------------|--|------------------|---------------------------------|
| Empleo (X_{10i}) | Variable continua que expresa el número de trabajadores en la UPA. | + | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |
| Mujer (X_{11i}) | Variable categórica que toma el valor de 1 cuando la mujer tiene la decisión de producción, 0 caso contrario. | - | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |
| Trabajo autónomo (X_{12i}) | Variable categórica que toma el valor de 1 cuando más de la mitad de trabajadores son familiares, 0 caso contrario. | - | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |
| Zonal (X_{13i}) | Variable categórica que toma los valores de las zonas del Ecuador donde se produce papa: 1 zona 1 (Categoría de referencia) 2 zona 3 (Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo) 3 zona 5 (Bolívar) 4 zona 6 (Cañar, Azuay) 5 zona 7 (Loja) | | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |
| Sistema de riego (X_{25i}) | Variable categórica que toma los siguientes valores: 1 sistema público 2 sistema transferido 3 sistema comunitario 4 sistema privado | + + + + | (Abrougui <i>et al.</i> , 2019) |

Dado que el estudio se propone estudiar la variación en la productividad de papa entre 2017 y 2018, se añadió el término α_i en la ecuación [1], el cual identifica el año del que viene la información de la UPA i para determinar si existió o no variación en la productividad en el periodo determinado, la variable toma el valor de 1 cuando el dato responde al 2018 y 0 para el 2017.

De esta forma la ecuación estimada por mínimos cuadrados múltiples está expresada de la siguiente forma:

$$y_i = c + \beta_1 X_i + \beta_2 W_i + \alpha_i + e \quad [2]$$

Tras la estimación se realizaron los test de correcta especificación, en los que se evidenció la presencia de heteroscedasticidad, por lo tanto, se realizó la estimación de errores estándar robustos (Hoechle, 2007). Adicionalmente, se esperaba la existencia de multicolinealidad en las variables X_{1i} y

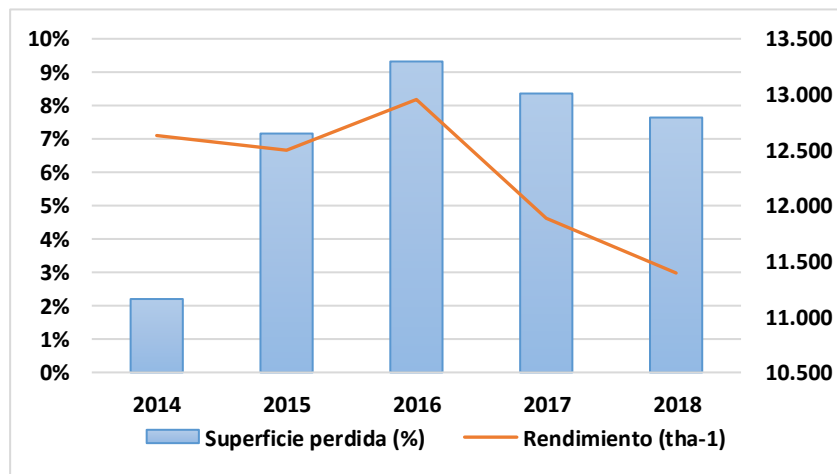
X_{2i} con $(X_{1i})^2$ y $(X_{2i})^2$ debido a que estas son transformaciones lineales, que nos permiten evaluar la existencia de rendimientos decrecientes en el uso de insumos (Bonilla & Singaña, 2019; Nakano *et al.*, 2013) por lo cual, se conservaron en el modelo estimado. Los residuos por su parte presentan una distribución normal.

Resultados y discusión

Los datos de la ESPAC ya reflejaban el decrecimiento desde 2016 de la productividad de papa en las UPAs menores a 5 hectáreas (Figura 2).

Sin embargo, la superficie cultivada presentó una tendencia contraria, reflejando que efectos climáticos, plagas y enfermedades pudieron afectar en menor grado al cultivo. Por tanto, resulta complementario describir los resultados de la estimación realizada, los cuales se presentan en la **Tabla 2**.

Figura 2. Evolución del rendimiento de papa y la superficie perdida de cultivo 2014-2018. Fuente: ESPAC 2014-2018.



Los resultados de la estimación muestran que efectivamente existió un menor rendimiento promedio en el cultivo de papa como se puede ver con el coeficiente relacionado con la variable Año (ver Tabla 2, columna b1), entre 2017 y 2018 hubo una reducción promedio de la productividad del 24,31%. La baja en los rendimientos no solo afecta el ingreso de las personas, sino que afecta a otras dimensiones, en la provincia de Carchi, por ejemplo, se deterioraron las relaciones de solidaridad, la venta de tierras y la migración a centros urbanos (Sherwood, 2009b).

Respecto a los insumos, las semillas: mejorada, certificada, e híbrida nacional, presentan un aumento promedio de la productividad de 10,94%, 40,44% y 50,39%, respectivamente, frente o al uso de semilla común (ver Tabla 2, columna b1). Si bien, los rendimientos aumentan con el uso de semillas especializadas, la disponibilidad de variedades resistentes es también fundamental. Buddenhagen *et al.* (2017) encuentran para el caso de Chimborazo, Bolívar y Tungurahua que la distribución de semillas resistentes es esencial para el aumento de rendimientos, pues las interacciones en el ecosistema se vuelven a regular con un manejo correcto aun cuando se introducen nuevas variedades en un espacio.

Paralelamente, el control fitosanitario químico en estado sólido presenta rendimientos decrecientes como lo indican los coeficientes asociados a las variables Fitosanitario sólido y Fitosanitario sólido SQ, el punto en el que los rendimientos caen se da cuando se aplican más de 0,138 tha^{-1} . Un comportamiento similar tiene la aplicación de fertilizantes químicos, como se puede ver con los coeficientes asociados a las variables Fertilizante químico y Fertilizante químico SQ (ver Tabla 2, columna b1) ambos resultan ser estadísticamente significativos y se muestra una pérdida de productividad promedio del 0,07% ante el aumento de 1 a 2% en la cantidad de fertilizante químico aplicado.

Una de las causas por las que la fertilización no aumente los rendimientos de la papa es la mezcla entre el conocimiento de los agricultores y los técnicos, debido a que la combinación de ambos deriva generalmente en una sobreutilización de fertilizantes que causan que el suelo no pueda absorber elementos como el fosfato (Gondwe *et al.*, 2017; Tadesse *et al.*, 2017). La pérdida en la calidad de fertilización puede estar asociada también por el desconocimiento de trabajadores

contratados sin la supervisión de los encargados de la finca (Paredes, 2010b). No obstante, el uso de fertilizantes orgánicos tiene un aporte positivo en la productividad de papa, el paso de 0% a 1% en su aplicación, trae un aumento de

la productividad promedio de 0,15% (ver **Tabla 2**). Y para este insumo no se presentan rendimientos decrecientes, puesto que la variable cuadrática no resulta ser estadísticamente significativa.

Tabla 2. Análisis de la productividad de papa en Ecuador 2017-2018. Errores estándar entre paréntesis

| Variable Dependiente: Productividad | | | |
|---|------------------------|--|------------------------|
| Coeficientes del conjunto de características de la producción | | Coeficientes del conjunto de características de la UPA | |
| (a1) | (b1) | (a2) | (b2) |
| Fitosanitario sólido | 1,0304** (0,3724) | Comercial ^a | 0,6819*** (0,0406) |
| Fitosanitario sólido SQ | -0,2689* (0,1353) | Empleo | 0,0048* (0,0022) |
| Fitosanitario líquido | 0,1246** (0,0409) | Mujer ^a | 0,0356 (0,0419) |
| Fitosanitario líquido SQ | -0,0068 (0,0109) | Trabajo autónomo ^a | -0,1285** (0,0447) |
| Fertilizante orgánico | 0,1504** (0,0455) | Zonal ^b | |
| Fertilizante orgánico SQ | -0,0045 (0,0161) | Zonal 3 | -0,2003*** (0,0477) |
| Fertilizante químico | -0,2227** (0,0686) | Zonal 5 | -0,6800*** (0,0625) |
| Fertilizante químico SQ | -0,0767** (0,0222) | Zonal 6 | -0,6815*** (0,0564) |
| Inversión | 0,0333** (0,0114) | Zonal 7 | -0,6537*** (0,1277) |
| Semilla ^b | | Sistema de riego ^b | |
| Mejorada | 0,1094** (0,0452) | Sistema público | 0,2066*** (0,0459) |
| Certificada | 0,4044*** (0,1159) | Sistema transferido | 0,1002 (0,0586) |
| Híbrida Nacional | 0,5039*** (0,0414) | Sistema comunitario | 0,0538 (0,0381) |
| Otros cultivos | -0,0514*** (0,0145) | Sistema privado | 0,0173 (0,0808) |
| Año ^a | -0,2431** (0,0758) | | |
| N | 2642 | | |
| R cuadrado | 0,3440 | | |

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001. ^a se refiere a variables dicotómicas, ^b se refiere a variables categóricas. Las categorías de referencia de las variables se encuentran en la Tabla 1.

El acompañamiento de otros cultivos en la UPA resulta afectar a la productividad para este caso, el coeficiente asociado a la variable Otros cultivos nos muestra una pérdida de productividad promedio ante la presencia de otros cultivos. En varias ocasiones esto se da por la humedad generada por varias frutas andinas, lo cual hace que se extiendan problemas relacionadas a hongos y bacterias que causan enfermedades en el cultivo de papa (Alwang *et al.*, 2017).

En cuanto a las características de la UPA (ver Tabla 2, columnas a2 y b2), las UPAs que destinan más del 50% de su producción a la venta resultan tener 68,19% más productividad promedio que las UPAs en las que se destina más del 50% para otros fines como el autoconsumo o la reproducción de semillas. El empleo también resulta ser estadísticamente significativo y positivo, y su coeficiente nos indica que un trabajador más en las UPAs podría aumentar la productividad, lo cual, a decir de Nakano *et al.* (2013) puede indicar que no se tiene la suficiente mano de obra en la producción.

Por otra parte, cuando la mujer es quien toma la decisión de producción no existe efecto dentro de la productividad del cultivo de papa como lo indica el coeficiente asociado a la variable Mujer (ver Tabla 2, columna b2). Esto puede representar un peligro en cuanto a la erosión genética, pues, cuando las mujeres realizan la decisión suelen usar varias variedades de un cultivo (Alwang *et al.*, 2017).

El factor territorial resulta influir dentro de la productividad de papa, como se puede ver en los coeficientes asociados a la variable Zonal, las UPAs que se encuentran en las zonales administrativas

3, 5, 6 y 7 –siendo una zona administrativa el conjunto de provincias agrupadas con fines de planificación nacional del desarrollo– presentan menores rendimientos que las UPAs que se encuentran en la zona 1 –en la que se encuentra Carchi e Imbabura–, en 20,03%, 68,00%, 68,15% y 65,37%, respectivamente. Esto puede darse debido a que provincia del Carchi es la que más rápidamente absorbió la utilización de semillas comerciales, control fitosanitario sintético y mecanización. Sin embargo, la provincia es la que registra los costos de producción más altos en el país (Sherwood, 2009a).

En cuanto a la provisión de riego las UPAs que cuentan con un sistema público de riego presentan un 20,66% más de rendimiento promedio que las UPAs que no cuentan con riego. Este punto evidencia la necesidad de la democratización del recurso hídrico.

Es inherente que existe una diversificación muy amplia en los productores, y en ella se puede ver la oportunidad para una producción más sostenible, en la misma provincia de Carchi existen experiencias sobre la intensificación de la producción sin que conlleve el uso de insumos externos a la finca. Uno de estos ejemplos es el empleo del denominado wachu rozado, el cual conserva la fertilidad del suelo y reduce la proliferación de pestes y enfermedades (Paredes, 2010b).

Adicional a la pérdida de productividad debido a la sobreutilización de insumos químicos, en varios casos las mejores variedades que se cultivan se ubican muy próximas a las casas de los agricultores para poder monitorear las posibles pérdidas (Tadesse *et al.*, 2017), lo cual, expone directamente a los agricultores y

sus familiares a este tipo de sustancias que pueden resultar nocivas para su salud.

Conclusiones

El estudio muestra que existen rendimientos decrecientes en las UPAs con una superficie sembrada menor a 5 ha dedicadas al cultivo de papa entre 2017 y 2018, no obstante, los rendimientos decrecientes no se dieron exclusivamente por la presencia de plagas y enfermedades, o por factores climáticos. Esto, debido a que se evidencia que la sobreutilización de insumos químicos para el control fitosanitario y para la fertilización termina afectando a la productividad, no así el uso de fertilizantes orgánicos para este caso.

Adicionalmente, se evidencia que la investigación con fines de mejoramiento de semillas resulta ser favorable para la productividad y se muestra el aumento en el rendimiento que provoca, sin embargo, el privilegiar ciertas variedades puede resultar en la erosión de muchas variedades locales, lo cual a su vez puede traer desequilibrios medio ambientales. Adicionalmente, los costos de adquirir estos insumos especializados pueden superar a los ingresos producto del aumento del rendimiento, por lo que se requieren semillas a costos accesibles como es el caso de la provincia de Carchi.

Finalmente, se evidencia la importancia en la disponibilidad de factores de producción como riego y mano de obra, ambas resultan ser positivas para aumentar la productividad en especial la disposición del recurso hídrico. Por otra parte, la estimación realizada muestra que la zona administrativa 1, en la que se

encuentra la provincia del Carchi, presenta más del 60% de rendimiento del cultivo que el resto de las zonas en las que se siembra el tubérculo, exceptuado por la zona 3, en la que el porcentaje supera el 20%. Por tanto, la transferencia de conocimientos que se pueda realizar desde esa zona hacía las demás puede ser sustancial para un mejor cultivo.

Agradecimientos

A las y los agricultores que se esfuerzan para mantener prácticas y diversidades locales.

Conflictos de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses con la publicación de este trabajo de investigación.

Financiamiento Esta investigación no tuvo financiamiento de ninguna institución.

Referencias citadas

- Abrougui, K., Gabsi, K., Mercatoris, B., Khemis, C., Amami, R., & Chehaibi, S. (2019). Prediction of organic potato yield using tillage systems and soil properties by artificial neural network (ANN) and multiple linear regressions (MLR). *Soil and Tillage Research*, 190, 202-208. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.01.011>
- Alwang, J., Larochelle, C., & Barrera, V. (2017). Farm Decision Making and Gender: Results from a Randomized Experiment in Ecuador. *World Development*, 92, 117-129. doi:<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.11.015>

- Antle, J. M., & Pingali, P. L. (1994). Pesticides, Productivity, and Farmer Health: A Philippine Case Study. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(3), 418-430. doi:<https://doi.org/10.2307/1243654>
- Arata, L., Fabrizi, E., & Sckokai, P. (2020). A worldwide analysis of trend in crop yields and yield variability: Evidence from FAO data. *Economic Modelling*, 90, 190-208. doi:<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.05.006>
- Barrera, V., Norton, G., Alwang, J., & Mauceri, M. (2005). *Adoption of Integrated Pest Management Technologies: A Case Study of Potato Farmers in Carchi, Ecuador*. Disponible en <https://EconPapers.repec.org/RePEc:ags:aea05:19400>
- Bonilla, A. G., & Singaña, D. A. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. *La Granja*, 29(1), 65-78. doi:<http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.06>
- Buddenhagen, C. E., Hernandez Nopsa, J. F., Andersen, K. F., Andrade-Piedra, J., Forbes, G. A., Kromann, P., . . . Garrett, K. A. (2017). Epidemic Network Analysis for Mitigation of Invasive Pathogens in Seed Systems: Potato in Ecuador. *Phytopathology*, 107(10), 1209-1218. doi:<https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-17-0108-FI>
- FAO. (2020). *FAOSTAT*. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/?#data>
- Fontem, D. A., & Aighewi, B. (1993). Effect of fungicides on late blight control and yield loss of potato in the western highlands of Cameroon. *International Journal of Pest Management*, 39(2), 152-155. doi:<https://doi.org/10.1080/09670879309371781>
- Gallagher, R. S., Stehouwer, R. C., Barrera Mosquera, V. H., Alvarado Ochoa, S. P., Escudero López, L. O., Valverde, F., . . . Domínguez Andrade, J. M. (2017). Yield and Nutrient Removal in Potato-Based Conservation Agriculture Cropping Systems in the High Altitude Andean Region of Ecuador. *Agronomy Journal*, 109(5), 1836-1848. doi:<https://doi.org/10.2134/agnonj2016.11.0635>
- Gitari, H. I., Gachene, C. K. K., Karanja, N. N., Kamau, S., Nyawade, S., Sharma, K., & Schulte-Geldermann, E. (2018). Optimizing yield and economic returns of rain-fed potato (*Solanum tuberosum* L.) through water conservation under potato-legume intercropping systems. *Agricultural Water Management*, 208, 59-66. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.005>
- Gondwe, R. L., Kinoshita, R., Sano, M., Suminoe, T., Aiuchi, D., Koaze, H., . . . Tani, M. (2017). Lack of yield response in potato (*Solanum tuberosum* L.) to phosphate fertilizer under contrasting soil types varying in phosphate absorption coefficient and available phosphate. *Soil Science and Plant Nutrition*, 63(2), 171-177. doi:<http://doi.org/10.1080/00380768.2017.1282300>
- Grados, D., García, S., & Schrevens, E. (2020). Assessing the potato yield gap in the Peruvian Central Andes. *Agricultural Systems*, 181, 102817.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102817>

Hoechle, D. (2007). Robust Standard Errors for Panel Regressions with Cross-Sectional Dependence. *The Stata Journal*, 7(3), 281-312. doi:<https://doi.org/10.1177/1536867X0700700301>

Holt-Giménez, E., & Altieri, M. A. (2013). Agroecology, Food Sovereignty, and the New Green Revolution. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37(1), 90-102. doi:<http://doi.org/10.1080/10440046.2012.716388>

INEC. (2018). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2017*. Disponible en: <https://bit.ly/3r6rjdV>

INEC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2018*. Disponible en: <https://bit.ly/37fInEU>

Nakano, Y., Bamba, I., Diagne, A., A Otsuka, K., & Kajisa, K. (2013). The possibility of a rice green revolution in large-scale irrigation schemes in Sub-Saharan Africa. En K. Otsuka & D. Larson (Eds.), *An African Green Revolution* (pp. 43-70). New York: Springer Dordrecht Heidelberg.

Navarrete, I., Panchi, N., & Andrade-Piedra, J. (2017). Potato crop health quality and yield losses in Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 21(2). doi:<https://doi.org/10.37066/ralap.v21i2.280>

Núñez, J., San Marín, V., Salazar, D., & Avilés, M. (2015). *Metodología de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2014*. Quito: INEC

Paredes, M. (2010a). Farming Styles and Pesticide Use. En *Peasants, Potatoes and Pesticides. Heterogeneity in the Context of Agricultural Modernization in the Highland Andes of Ecuador* (pp. 225-266).

Paredes, M. (2010b). Quantitative Analysis of Potato Farming Styles. En *Peasants, Potatoes and Pesticides. Heterogeneity in the Context of Agricultural Modernization in the Highland Andes of Ecuador* (pp. 161-224).

Patel, R. (2013). The Long Green Revolution. *The Journal of Peasant Studies*, 40(1), 1-63. doi:<https://doi.org/10.1080/03066150.2012.719224>

Reid, J. B., Searle, B. P., Sinton, S. M., Michel, A., Meenken, E. D., Brown, H., . . . Manning, M. (2016). Fertiliser practice and yield losses in process potato crops grown in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 44(1), 41-57. doi:<https://doi.org/10.1080/01140671.2015.1118138>

Sánchez, V. Z., Jose. (2019). Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador *La Granja*, 30(2), 28-39. doi:<http://doi.org/10.17163/lgr.n30.2019.03>

Sherwood, S. G. (2009a). History of Agrarian Development in Carchi: Spanish Arrival, Hacienda System, and Agrarian Reform. En *Learning from Carchi. Agricultural Modernisation and the Production of Decline* (pp. 47-69).

Sherwood, S. G. (2009b). Learning from Carchi: The Production of Decline. En *Learning from Carchi. Agricultural Modernisation and the Production of Decline* (pp. 229-245).

Tadesse, Y., Almekinders, C. J. M., Schulte, R. P. O., & Struik, P. C. (2017). Understanding farmers' potato production practices and use of improved varieties in Chench, Ethiopia. *Journal of Crop Improvement*, 31(5), 673-688. doi:<http://doi.org/10.1080/15427528.2017.1345817>

Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría* (4 ed.). México D.F.: CENGAGE Learning.

Zaheer, K., & Akhtar, M. H. (2016). Potato Production, Usage, and Nutrition—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(5), 711-721. doi:<http://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>