

Capítulo 2

Análisis estadístico sobre las principales enfermedades que afectan el cultivo de papa

Daniel Bello Parra, Alicia Peralta Maroto, Félix Murrieta Domínguez, Janeth Ramos López, Alberto Ceballos

Bello Parra, D., Peralta Maroto, A., Murrieta Domínguez, F., Ramos López, J., & Ceballos, A. (2026). Análisis estadístico sobre las principales enfermedades que afectan el cultivo de papa. En F. J. Manjarrés Arias. (Coord). *El espectro de las ingenierías. Investigaciones situadas en contextos regionales (Volumen I)*. (pp. 36-49). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.401.c861>



02

Análisis estadístico sobre las principales enfermedades que afectan el cultivo de papa

Resumen

La papa (*Solanum Tuberosum*) es uno de los tubérculos con mayor consumo en el país México y con mayor producción en las regiones altas donde las temperaturas son bajas, específicamente en la región de Perote Veracruz, aunque es uno de los cultivos con mayor demanda, presenta problemas que afectan la calidad del tubérculo como son las enfermedades que atacan cada una de las plantas, causando pérdidas productivas como económicas. El presente trabajo contiene un análisis estadístico sobre las principales enfermedades que atacan al cultivo, clasificando aquellas que están causando mayor problema a los productores, a través de herramientas estadísticas de calidad (Pareto, estudio estratificado, hojas de verificación e Ishikawa), esto con el fin de documentar las posibles variables que están afectando directamente el cultivo y detectar cuáles son aquellas que se podrían controlar con métodos de especialistas en el tema.

Palabras clave: Papa; tubérculo; herramientas estadísticas de calidad; variables; cultivo.

Introducción

La producción de papa en la comunidad de Perote, Veracruz, enfrenta problemáticas serias que afectan el cultivo del tubérculo, tales como los suelos erosionados, el uso inadecuado de plaguicidas, fertilizantes, el cambio climático, aunque los principales problemas a los que se enfrenta la producción son las distintas enfermedades producidas por hongos, bacterias o virus, plagas, etc.

Los daños antes mencionados, aparte de reducir la calidad del producto, y el costo económico en las inversiones durante el crecimiento de la planta del tubérculo se ven reflejadas en las ganancias

Los beneficios esperados es poder conocer, diagnosticar y evaluar las posibles enfermedades que presente el cultivo, para poder implementar medidas de control oportunas y eficaces, así también poder ayudar a mejorar la productividad y el rendimiento de la misma, contrarrestando el riesgo total de la pérdida del cultivo, poder crear conciencia en utilizar los recursos de manera más eficiente y como resultado obtener la calidad y la uniformidad del producto terminado

Metodología

La detección de las enfermedades y el análisis estadístico se llevó a cabo en la región de Perote, Veracruz, México; en una de las comunidades cercanas al municipio, específicamente en la comunidad “Rancho El Capulín” con la finalidad de detectar las enfermedades que afectan directamente el desarrollo del cultivo de la papa y como se presentan en el cultivo, como se describe a continuación:

1. Detectar las principales enfermedades que se presentan en los cultivos de papa, mediante información recopilada.
- Realizar una investigación de las principales enfermedades que presenta la región.

- Detectar y conocer los tipos de enfermedades que existen en el cultivo y clasificarlas en una tabla por tipo de tubérculo.
 - Realizar un muestreo de acuerdo con el conocimiento de los ingenieros encargados de la parcela
 - Conocer las causas que originan las enfermedades mediante un diagrama de causa y efecto.
2. Determinar el índice de aparición de las principales enfermedades, mediante el uso de herramientas estadísticas de calidad.
 - Clasificar los tipos de enfermedades de acuerdo con la cantidad de plantas infectadas.
 - Realizar una gráfica de pastel donde se refleje el porcentaje de enfermedad presentada en el cultivo.
 - Evaluar el impacto de las enfermedades que afectan el deterioro del cultivo
 - Realizar un estudio estratificado para conocer el porcentaje de tubérculos infectados
 3. Análisis de resultados
 - Analizar las enfermedades de mayor impacto en los cultivos y en qué medida están afectando la producción

Principales enfermedades encontradas en los cultivos de papa en la región de Perote, Veracruz

El tizón tardío (*Phytophthora infestans*) es la enfermedad más grave de la papa. El patógeno prospera en clima húmedo con agua libre sobre las hojas, pues sus esporas tienen un par de flagelos con los que nadan en las hojas antes de penetrarlas; la favorecen también las temperaturas elevadas de día, pero con nublados y frescas de noche. Ataca

foliolos, tallos y hasta los tubérculos. Los ataques fuertes ocasionarían la pérdida de plantaciones enteras por secamiento del follaje si no fuera por la aplicación de fungicidas, aunque el patógeno es resistente ya a muchos productos convencionales (Acuña, 2001).

Paratrioza (*bactericera cockerelli*) el adulto del pulgón saltador mide 1.6 mm, es alado, con dibujos en negro y blanco y ámbar, antenas largas y carece de corniculus. Las hembras depositan huevecillos amarillo-naranja con pedicelo corto. Las ninfas primero son amarillentas y luego verdes con ojos rojos. Presenta varias generaciones por temporada que forman abundantes colonias en el revés de las hojas donde succionan la savia (Acuña, 2001).

Pierna negra y pudrición blanda del tuberculo (*erwinia* spp.) La Pierna negra (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, se confunde con otras especies de *Erwinia*. La Pierna negra se disemina por la semilla; la Pudrición blanda del tubérculo, por la semilla y por el suelo (Acuña, 2001).

Virus del enrollamiento de la hoja. Este virus persistente es llamado, en inglés: Potato Leaf Roll Virus (PLRV). Su vector (el pulgón *myzus*) se infecta al alimentarse en una planta enferma y transmite el virus a las papas sanas. La infección inicia con los pulgones alados que llegan infectados a la plantación, y continúa a través de las colonias de hembras ápteras (Acuña, 2001).

Clasificación de las enfermedades encontradas en el cultivo de papa

La figura I muestra las enfermedades encontradas dentro del cultivo, tomando en cuenta dos tipos de papa que es “Fiana” Orquesta”

fiana	Tizón tardío	Orquesta	Tizón tardío
	paratrizoza		paratrizoza
	pierna negra		pierna negra
	virus de enrollamiento de la hoja		virus de enrollamiento de la hoja
	otros		otros

Figura 1. Enfermedades encontradas en los tipos de papa

Nota: elaboración propia

El muestreo se realizó de acuerdo con la experiencia de uno de los ingenieros encargados de la parcela; de los 700 m² de la parcela 500 m² corresponden a Fiana y 200 m² a Orquesta, tomando de cada una 100 m² para la muestra, y la cantidad de plantas enfermas en ambos tipos (Figura 2).

Tipo de papa	enfermedades encontradas en el plantío de papa	Total de plantas	total de plantas enfermas
fiana	Tizon tardio	800	225
	paratrizoza		150
	pierna negra		50
	virus de enrollamiento de la hoja		350
	otros		15
Orquesta	Tizon tardio	600	150
	paratrizoza		30
	pierna negra		5
	virus de enrollamiento de la hoja		150
	otros		7

Figura 2. Resultados del muestreo

Nota: elaboración propia

Muestreo

Fiana (semilla cuarta)

1m²= 8 plantas

100m²= 800 plantas

Orquesta (semilla tercera)

1m²= 6 plantas

100m²= 600 plantas

Porcentaje general de las enfermedades encontradas en el plantío de papa

Estos gráficos permiten ver la distribución interna de los datos que representan un hecho, en forma de porcentajes sobre un total. Los gráficos circulares son adecuados para recalcar la magnitud relativa de los componentes del total (Altamirano, 2009).

Las figuras 3 y 4 muestran el porcentaje que abarcan las enfermedades en ambos plantíos.

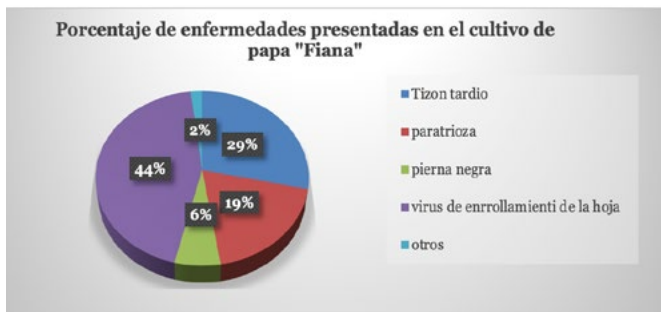


Figura 3. Porcentaje de enfermedades de papa
Nota: elaboración propia, basado en Altamirano (2009)

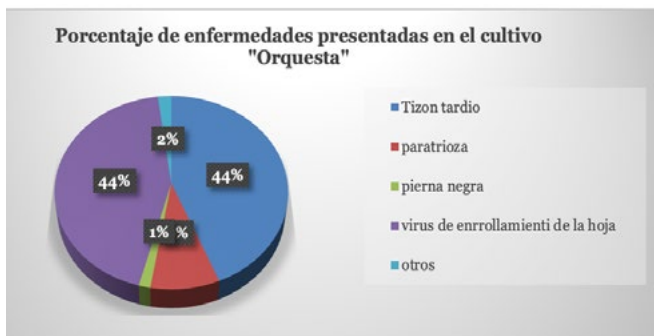


Figura 4. Porcentaje de enfermedades de papa
Nota: elaboración propia, basado en Altamirano (2009).

Resultados

Estudio estratificado

Implica dividir a la población en clases o grupos, denominados estratos. Las unidades incluidas en cada estrato deben ser relativamente homogéneas con respecto a las características a estudiar (Chao, Lincoln, 2006).

El análisis realizado para conocer el porcentaje de tubérculos infectados de las dos variedades de papa se realizó en 700 metros cuadrados los cuales 500 metros cuadrados son de fiana y 200 metros cuadrados de orquesta, los cuales se encontraron las siguientes enfermedades en ambos tipos: tizon tardío, paratrizoza, pierna negra, Virus de enrollamiento de hoja y otras plagas (tusa, gallina ciega, etc)

Este estudio también permitió determinar la muestra y determinar la población a estudiar identificando el porcentaje de la presencia de los agentes extraños o en este caso las enfermedades que se encontraron en los cultivos del tubérculo, porcentuando la aparición de cada uno de ellos (Figura 5).

Tipo de papa	enfermedades encontradas en el plantío de papa	Total de plantas	total de plantas enfermas	numero de días que tiene la producción de papa	Porcentaje de defectos	porcentaje de eficiencia	porcentaje de productividad
fiana	Tizon tardío	800	225	45 días	28.125	1400	41.07
	paratrizoza		150		18.75		46.43
	pierna negra		50		6.25		53.57
	virus de enrollamiento de la hoja		350		43.75		32.14
	otros		15		1.875		56.07
Orquesta	Tizon tardío	600	150	45 días	25	1400	32.14
	paratrizoza		30		5		40.71
	pierna negra		5		0.83		42.50
	virus de enrollamiento de la hoja		150		25		32.14
	otros		7		1.17		42.36

Figura 5. Determinación de muestra y población
Nota: elaboración propia, basado en Chao Lincoln (2006).

Diagrama de causa y efecto

Para conocer cuál es la causa que provoca el problema de producción se utilizó el diagrama de Ishikawa, herramienta que mediante una gráfica relaciona un problema con los factores que posiblemente lo generen. El método que se aplicó es el de las 6M's que consiste en agrupar las causas en las categorías de mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente, para determinar la causa del problema y relacionarla con alguna de las M's (Luca, 2016).

Se analizó e identificó todas aquellas causas que atribuyen la creación y conservación de las distintas enfermedades encontradas en ambos tipos de papa, con lo cual se concluye que los problemas principales son ocasionados por el medio ambiente en el que se encuentra, ya que los factores encontrados son las causas de la conservación de las enfermedades (Figura 6).



Figura 6. Diagrama de causa y efecto
 Nota: elaboración propia, basado en Luca (2016).

Análisis de problemas mediante diagramas de Pareto

Es una de las siete herramientas estadísticas que particularmente se emplea para dar preponderancia al origen de la problemática que se

presenta y poder averiguar qué es lo que lo está generando (Evans & Lindsay, 2021).

Los diagramas de Pareto ayudaron a identificar las enfermedades que tienen mayor impacto en ambos tipos de tubérculo (Figura 7).

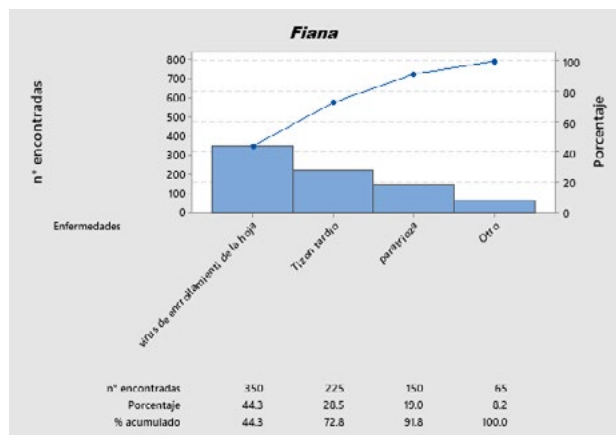


Figura 7. Diagrama de Pareto

Nota: elaboración propia, basado en Evans & Lindsay (2021).

Se observó, que los diagramas de Pareto arrojan que el 20% corresponde a las enfermedades que están causando mayor impacto en el plantío y el 80% todas aquellas enfermedades que existen dentro, pero pueden ser controladas y eliminadas (Figura 8).

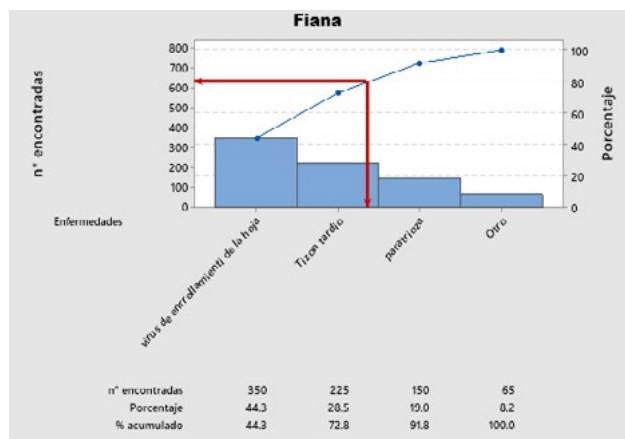


Figura 8. Diagrama de Pareto

Nota: elaboración propia, basado en Evans & Lindsay (2021).

Conclusiones

Tras el análisis se deduce que el método de estratificación se considera una herramienta eficaz para determinar el tamaño de la muestra, ya que, junto con la experiencia de ingenieros capacitados en el tema, se pudo deducir la muestra y lo que se consideraría la población, dando como resultado el número de infecciones que existían en el cultivo y el porcentaje de cada enfermedad existente.

Se tiene en cuenta que uno de los objetivos principales fue analizar todos aquellos factores que afectan a la planta del tubérculo y cuál era el impacto que presentaba en el cultivo.

El diagrama de causa-efecto ayudó a analizar todos aquellos factores mediante los 6 factores dando como resultado que el principal problema que existe son los cambios climáticos y los constantes cambios de temperatura, ya que, uno de los principales problemas encontrados fueron la falta de lluvia, el viento es uno de los principales portadores de dichos virus y bacterias

Algunas recomendaciones que se pueden implementar es la utilización de la tecnología para la identificación de todos aquellos agentes extraños, por medio de la comparación de imágenes de los posibles contagios que se observen en los cultivos de papa.

Referencias

- Abad Altamirano, P. (2009). *Guía para la presentación de gráficos estadísticos*. INEI.
- Acuña, I. (2001). *Reconocimiento y control de las principales enfermedades y plagas incidentes en la producción de papa en la zona sur de Chile*. INIA Remehue.
- Chao, L. L. (2006). *Introducción a la estadística*. Cecsca.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2021). *Administración y control de la calidad*. Cengage Learning.
- Luca, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *20th Innovative Manufacturing Engineering and Energy Conference (IManEE 2016)*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>

Daniel Bello Parra

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Perote | Perote | Veracruz | México
<https://orcid.org/0000-0001-5245-909X>
daniel.bello@perote.tecnm.mx
doc-144@itsperote.edu.mx

Ingeniero químico, maestría en Gestión de la Calidad, doctor en Administración y Desarrollo Empresarial. Adscrito a la academia de ingeniería industrial. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 1. (01-01-2025 a 31-12-2029) Docente con reconocimiento a perfil deseable PRODEP desde el 2018 a la fecha. Líder de cuerpo académico en consolidación Procesos Industriales ITESPE-CA-4 (2018-2027). Integrante del núcleo académico de posgrado Planificación de empresas y desarrollo regional del ITSPe.

Alicia Peralta Maroto

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa | Xalapa | Veracruz | México
<https://orcid.org/0000-0002-6842-7612>
alicia.pm@xalapa.tecnm.mx
clasesmaroto@gmail.com

Ingeniera química de profesión, maestra en ciencias de la calidad y doctora en administración y desarrollo empresarial, dedicada a la docencia, investigación y apoyo a las empresas mexicanas, brindando los conocimientos, herramientas y habilidades de mi preparación académica. Reconocimiento de perfil PRODEP desde 2020 a la fecha, docente del ITSXalapa y de la Universidad Autónoma de Tlaxcala en la maestría Ciencias de la Calidad.

Félix Murrieta Domínguez

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Perote | Perote | Veracruz | México
<https://orcid.org/0000-0001-9425-0534>
felix.murrieta@perote.tecnm.mx
doc-054@itsperote.edu.mx

Ingeniero industrial adscrito a la academia de ingeniería industrial del ITSPe, maestro en ingeniería industrial, doctor en administración y desarrollo empresarial. Docente con reconocimiento a perfil deseable PRODEP desde el 2018 a la fecha. Integrante del cuerpo académico en consolidación Procesos Industriales ITESPE-CA-4 (2018-2027).

Janeth Ramos López

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Xalapa | Xalapa | Veracruz | México
<https://orcid.org/0009-0009-0886-6400>
janeth.rl@xalapa.tecnm.mx
janethramos4055@gmail.com

Administradora de empresas, maestra en educación, adscrita a la academia de ingeniería en gestión empresarial del ITSX, doctora en administración y desarrollo empresarial.

Alberto Ceballos

TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Perote | Perote | Veracruz | México

<https://orcid.org/0000-0001-7982-1052>

alberto.cebillos@perote.tecnm.mx

a_ceballos79@hotmail.com

Licenciado en sistemas computacionales administrativos, docente adscrito a la academia de Ingeniería Informática, miembro del cuerpo académico en consolidación Procesos Industriales ITESPE-CA-4 (2018-2027)

Statistical Analysis of the Main Diseases Affecting Potato Cultivation

Abstract

Potato (*Solanum Tuberosum*) is one of the most consumed tubers in Mexico and with higher production in high regions where temperatures are low, specifically in the region of Perote Veracruz, although it is one of the most demanded crops, there are problems that affect the quality of the tuber such as diseases that attack each of the plants, causing productive and economic losses. This paper contains a statistical analysis of the main diseases that attack the crop, classifying those that are causing the greatest problems to producers, through statistical quality tools (Pareto, stratified study, check sheets and Ishikawa), in order to document the possible variables that are directly affecting the crop and which are those that could be controlled with methods of specialists in the field.

Keywords: Potato; tuber; statistical quality tools; variables; crop.

Análise estatística das principais doenças que afetam a cultura da batata

Resumo

A batata (*Solanum tuberosum*) é um dos tubérculos mais consumidos no México e com maior produção nas regiões altas, onde as temperaturas são baixas, especificamente na região de Perote, Veracruz. Embora seja uma das culturas de maior demanda, apresenta problemas que afetam a qualidade do tubérculo, como doenças que atacam cada uma das plantas, causando perdas produtivas e econômicas. O presente trabalho contém uma análise estatística das principais doenças que atacam a cultura, classificando aquelas que estão causando maior problema aos produtores, por meio de ferramentas estatísticas da qualidade (Pareto, estudo estratificado, folhas de verificação e Ishikawa). Isso com o objetivo de documentar as possíveis variáveis que estão afetando diretamente a cultura e detectar quais são aquelas que poderiam ser controladas com métodos de especialistas na área.

Palavras-chave: Batata; tubérculo; ferramentas estatísticas da qualidade; variáveis; cultura.