

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**Programa de Doctorado en Estadística Matemática**



**UNS**  
**ESCUELA DE**  
**POSGRADO**

---

**“Modelo Experimental Multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa L.*)”**

---

**Tesis para optar el grado académico de Doctor en Estadística Matemática**

**Autor:**

**Mg. Pajuelo Gonzáles, Luis Alfredo**

**Asesor:**

**Dr. Minchón Medina, Carlos Alberto**  
**DNI. N° 17873625**  
**Código ORCID: 0000-0002-2441-5302**

**Linea de Investigación**  
**Producción agrícola**

**Nuevo Chimbote - PERÚ**  
**2023**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE TESIS

Yo, Dr. MINCHÓN MEDINA CARLOS ALBERTO, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: "Modelo experimental multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa L.*)", elaborada por el magister LUIS ALFREDO PAJUELO GONZÁLES para obtener el Grado Académico de Doctor en Estadística Matemática en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 06 de julio del 2023

Dr. MINCHÓN MEDINA CARLOS ALBERTO

ASESOR

CODIGO ORCID: 0000-0002-2441-5302

DNI N° 17873625



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

**CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR**

“Modelo experimental multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa* L.)”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN ESTADÍSTICA  
MATEMÁTICA

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

RUBIO JÁCOBO LUIS ALBERTO

PRESIDENTE

CODIGO ORCID: 0000-0001-5060-9998

DNI N° 18069833

TESEN ARROYO ALFONSO

SECRETARIO

CODIGO ORCID: 0000-0003-4111-6846

DNI N° 17578166

MINCHÓN MEDINA CARLOS ALBERTO

VOCAL

CODIGO ORCID: 0000-0002-2441-5302

DNI N° 17873625



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

A los veintiocho días del mes de diciembre del año 2021, siendo las 21:00 horas, a través de la plataforma de videoconferencia [meet.google.com/tcf-cayx-brw](https://meet.google.com/tcf-cayx-brw), se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral Nº 546-2021-EPG-UNS de fecha 29 de noviembre de 2021, conformado por los docentes: Dr. Luis Alberto Rubio Jacobo (Presidente), Dr. Alfonso Tesén Arroyo (Secretario) y Dr. Carlos Alberto Minchón Medina (Vocal), con la finalidad de evaluar la sustentación virtual de la tesis titulada: **MODELO EXPERIMENTAL MULTIVARIANTE PARA EFECTO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO DE LECHUGA (*Lactuca Sativa L.*)**, presentado por el tesista Luis Alfredo Pajuelo Gonzales, egresado del programa de Doctorado en Estadística Matemática.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral Nº 561-2021-EPG-UNS de fecha 22 de diciembre de 2021.

El Presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO, asignándole la calificación de DIECISIETE (17).

Siendo las 22:28 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Dr. Luis Alberto Rubio Jacobo  
Presidente

Dr. Alfonso Tesén Arroyo  
Secretario

Dr. Carlos Alberto Minchón Medina  
Vocal

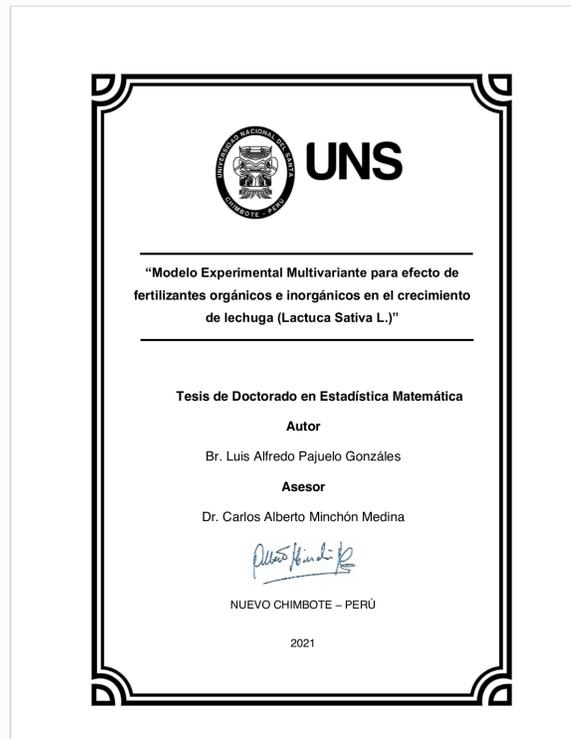


## Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Luis Alfredo Pajuelo Gonzáles  
Assignment title: Informe de Tesis Doctorado  
Submission title: Informe de Tesis Doctorado  
File name: Trabajo\_Investigaci\_n\_Doctorado\_UNSLuis\_Pajuelo\_1.docx  
File size: 407.02K  
Page count: 73  
Word count: 13,651  
Character count: 76,459  
Submission date: 13-Oct-2021 12:01AM (UTC-0500)  
Submission ID: 1672635343



## AGRADECIMIENTO

### ***A Dios:***

Porque todo lo que tengo y lo que soy es por tu gracia y amor eterno; eres mi sustento, mi fortaleza. Gracias porque siempre estarás a mi lado.

### ***A Guiuliana:***

Mi amada esposa, por su comprensión y amor. Eres mi complemento y mi ayuda idónea.

### ***A mis hijas:***

Alejandra, Jimena y Valentina; son tesoros de gran valor y estima, mis anhelos de superación es verlas siempre llenas de sabiduría y amor.

Mil gracias a todos.

***El Autor***

## INDICE GENERAL

	Pág.
HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPITULO I.....	11
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.....	11
1.2. Antecedentes de la investigación.....	13
1.3. Formulación del problema de investigación.....	17
1.4. Delimitación del estudio.....	17
1.5. Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.6. Objetivos de la investigación: General y específicos.....	18
CAPITULO II.....	20
MARCO TEORICO.....	20
2.1. Fundamentos teóricos de la investigación.....	20
2.2. Marco conceptual.....	28
CAPITULO III.....	35
MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1. Hipótesis central de la investigación.....	35
3.2. Variables e indicadores de la Investigación.....	35
3.3. Métodos de la investigación.....	36
3.4. Diseño o esquema de la investigación.....	37
3.5. Población y Muestra.....	39
3.6. Actividades del proceso investigativo.....	39
3.7. Material experimental.....	40
3.8. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	43

3.9. Procedimientos para la recolección de datos.....	44
3.10. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.....	44
CAPITULO IV.....	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Resultados.....	45
4.2. Discusión.....	51
CAPITULO V.....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones.....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	59
ANEXOS.....	63

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Indicadores del crecimiento de la lechuga tratadas con fertilizantes orgánicos e inorgánicos.....</i>	45
<b>Tabla 2:</b> <i>Efecto de los tratamientos fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga ((Lactuca Sativa L.).....</i>	46
<b>Tabla 3:</b> <i>Efecto univariado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga (Lactuca Sativa L.).....</i>	47
<b>Tabla 4:</b> <i>Prueba univariada de comparaciones múltiples de Tukey para el crecimiento de la lechuga (Lactuca Sativa L.).....</i>	48
<b>Tabla 5:</b> <i>Pruebas de normalidad y homocedasticidad multivariantes para la adecuación del modelo.....</i>	49

## RESUMEN

En esta investigación de tipo experimental, se planteó como objetivo; evaluar la adecuación del Modelo Experimental Multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa L*), para ello se realizó un diseño completo al azar con análisis de varianza multivariante, con 5 réplicas y 20 parcelas, dentro de cada una de ellas hubieron 6 unidades de observación, dando lugar a un total de 120 unidades de observación, a los cuales en forma aleatoria se les distribuyó los tratamientos combinados, luego La data sobre el número de hojas por planta y la altura de lechuga fue obtenida justamente en la cosecha en el terreno de estudio donde se realizó el experimento, estos datos registrados se utilizaron para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados. En ese sentido se demostró los supuestos básicos de normalidad y homogeneidad multivariante de los residuos experimentales de manera significativa, evidenciando la adecuación del modelo, así mismo los niveles del fertilizante orgánico e inorgánico tuvieron efectos significativos sobre el número de hojas y altura de la planta de lechuga. Si el interés es por el mayor número promedio de hojas y la mayor altura se recomienda al fertilizante compost-fosfato di amónico.

### Palabras clave

Experimento. MANOVA. Test multivariantes. Normalidad multivariante. M de Box.

## ABSTRACT

In this experimental type research, the objective was raised; evaluate the adequacy of the Multivariate Experimental Model for the effect of organic and inorganic fertilizers on the growth of lettuce (*Lactuca Sativa L*), for this a complete random design with multivariate analysis of variance was carried out, with 5 replications and 20 plots, within each One of them had 6 observation units, giving rise to a total of 120 observation units, to which the combined treatments were randomly distributed, then the data on the number of leaves per plant and the height of lettuce was obtained precisely in the harvest in the study field where the experiment was carried out, these recorded data were used to fulfill each of the objectives set. In this sense, the basic assumptions of normality and homogeneity multivariate of the experimental residues were demonstrated in a significant way, evidencing the adequacy of the model, likewise the levels of organic and inorganic fertilizer had significant effects on the number of leaves and height of the lettuce plant. . If the interest is for the greater average number of leaves and the greater height, the compost-di ammonium phosphate fertilizer is recommended.

Keywords

Experiment. MANOVA. Multivariate test. Multivariate normality. M for Box.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo evaluar la adecuación del modelo experimental multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga, así mismo identificar previamente la relación entre las variables respuestas a fin de garantizar el uso del análisis multivariante.

Las técnicas del análisis multivariado estudian al conjunto de individuos junto con sus variables, y que pueden disponerse en un arreglo matricial  $X$ , donde las filas corresponden a los individuos y las columnas a cada una de las variables respuestas. En el presente trabajo de investigación por los objetivos de análisis y el tipo de datos obtenidos, se debe tratar efectivamente con el análisis multivariado del enfoque de dependencia.

Un análisis de dependencia puede definirse como aquel en el que una variable o conjunto de variables es identificado como la variable respuesta y que va a ser explicada por otras variables conocidas como factor o factores (Ramírez et al.,2017, p. 22).

No obstante, lo anterior, diversas investigaciones han demostrado que el uso de un modelo experimental univariante puede generar una precisión desfavorable y esto proviene de que existe diferencia entre un modelo experimental univariante y el modelo experimental multivariante, por ello en este trabajo se muestra cómo se comporta esta diferencia del uso de las técnicas de modelos univariantes y multivariantes en diferentes áreas de investigación que fueron identificados en la literatura científica donde las tesis de investigación determinaron su escaso uso de un modelo experimental multivariante, aun cuando han evaluado múltiples variables respuestas por efectos de un factor o factores.

La importancia de estudiar este tema en particular radica en que las consecuencias de la obtención de precisión del proceso experimental en la actividad de investigación o empresarial son la ampliación del conocimiento, el rigor de un análisis estadístico, la bondad de nuevas técnicas y el incentivo para desarrollarse profesionalmente y ser capaces de orientar y aplicar en situaciones reales que presentan o solicitan los estudiantes y profesionales casos o trabajos multivariantes.

En los últimos tiempos la Estadística se ha convertido en una herramienta importante, cada vez son más necesarias las aplicaciones de las técnicas estadísticas en la experimentación de uno o más factores como tratamientos para dar respuesta a características cuantitativas univariante o multivariante en la producción agrícola u otras áreas profesionales, en ese sentido este trabajo se centra, por el contrario, en estudiar el efecto que tiene los fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre el crecimiento de la lechuga, usando información del análisis multivariante de dependencia.

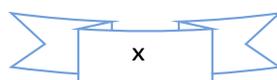
En el capítulo 1 se abordan las cuestiones teóricas que sustentan el planteamiento y fundamentación del problema de investigación. Se hace un breve repaso de la utilidad de las técnicas estadísticas apropiadas y del análisis multivariante de dependencia en que se aborda el tema de investigación.

En el capítulo 2 se realizó la fundamentación teórica de la investigación sobre las técnicas multivariadas y los requisitos básicos que deben cumplir para comprender el sentido de esta investigación.

En el capítulo 3 se establece el planteamiento de la hipótesis central de investigación, las variables e indicadores de la investigación, la metodología y diseño de la investigación, la población y muestra, así como las actividades del proceso de investigación, técnicas e instrumentos de investigación, procedimiento para la recolección de datos y las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo 4 se presentan los resultados según los objetivos específicos y la discusión de los resultados con otros investigadores.

En el capítulo 5 se plasma las conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados y las recomendaciones teóricas, metodológicas y prácticas que conlleva este trabajo en la presente investigación.



## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

En los últimos tiempos la Estadística se ha convertido en una herramienta importante, por ello la literatura científica abunda, aún más se ha constituido sus técnicas útiles e imprescindible en muchas áreas de la vida científica y cotidiana; en esa medida es una ciencia transversal.

Cada vez son más necesarias las aplicaciones de las técnicas estadísticas en la experimentación de uno o más factores como tratamientos para dar respuesta a características cuantitativas univariante o multivariante en la producción agrícola, por eso la efectividad de los factores o tratamientos en la producción agrícola son verificados hoy haciendo el empleo de metodologías estadísticas univariantes o multivariantes.

Una de las mayores dificultades que presenta un estudiante o cualquier otro profesional cuando va a tratar los resultados de su investigación es, probablemente, el procesamiento y análisis estadístico de los datos.

Fernández et, al., (2010) afirma que muchos de los artículos que son rechazados en revistas científicas de impacto en el campo de la agronomía (y también en otros campos afines), lo son debido a un mal planteamiento de los experimentos o a un mal análisis estadístico de los datos y en el ámbito profesional el problema se agrava aún más, pues muchos técnicos con responsabilidad en la transferencia de tecnología, extensionistas agrarios o responsables de la dirección técnica de empresas productoras de insumos o de explotaciones agrarias, no suelen aplicar métodos estadísticos sencillos para determinar si una técnica nueva, un producto fitosanitario o una nueva variedad superan o no a lo habitual de la zona, o el valor de la experiencia para juzgar la bondad de nuevas técnicas o las ventajas de un nuevo material, suele anteponerse al rigor de un análisis estadístico, en muchas ocasiones por falta de conocimiento en el manejo de estos métodos (p. 5).

En ese sentido el análisis multivariante como parte de un conjunto de técnicas estadísticas de rigor, nos ayuda a estudiar, analizar, representar e interpretar

datos, que han sido observados en dos o más variables respuestas sobre una muestra de parcelas o unidades experimentales, es decir la información estadística es multidimensional, por lo tanto, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes juegan un papel fundamental.

El análisis multivariante de la varianza (Manova) es una técnica estadística que se encuentra clasificado dentro del enfoque de dependencia, que es una generalización del análisis de la varianza (Anova), debido a que se interesa estudiar la asociación entre dos conjuntos de variables, como son uno o más factores y su efecto sobre más de una variable respuesta en un experimento. Este análisis tiene razón de ser cuando se quiere evaluar dos o más variables respuestas simultáneamente, que presentan alguna relación justificable desde el punto de vista teórico, pues de lo contrario no es procedente un análisis multivariante, sino que, lo más adecuado sería aplicar un análisis de varianza específico para cada una.

Luque (2000) establece que Manova permite un análisis desde una perspectiva de conjunto (combinación de variables respuesta) que no se alcanza con pruebas por separado (p. 312).

La necesaria relación de las variables respuesta hace de esta técnica una herramienta interesante para trabajar con variables que presente multicolinealidad, pero teniendo presente que una excesiva multicolinealidad conduce a redundancia. (Luque, 2000, p. 312).

En definitiva, la realización de este tipo análisis permitirá comprobar si, en forma conjunta, uno o varios factores afectan simultáneamente el valor de varias variables respuesta y, si es así, se debe identificar para qué niveles. (Luque, 2000, p. 312).

La información procesada mediante la técnica estadística del análisis multivariante de la varianza (Manova), permite el conocimiento y control de fuentes externas de variabilidad en el experimento y al mismo tiempo genera un ingreso económico importante que rentabiliza el proceso de mejora, ya sea para incrementar o disminuir de acuerdo al anhelo a investigar. En el caso específico de la presente investigación se pretende determinar con un nivel de significancia

fijada, si las combinaciones de fertilizantes orgánicos e inorgánicos causan efecto significativo sobre el número de hojas y la altura de la lechuga. Por tanto, con los resultados de la presente investigación, se pretende aportar a un mayor control de la producción de mejora en el cultivo de la lechuga, que lleve a los agricultores a aumentar sus ingresos y a la vez su producción.

## 1.2. Antecedentes de la investigación

Ortega (2014) analizó tres abonos orgánicos así como tres dosis de aplicación cuantitativa y su influencia en las características fenológicas como, tiempo de germinación de las semillas, porcentaje de la germinación de semillas, altura de las plantas al trasplante, número de hojas al trasplante de las plántulas, el número de días al trasplante, como también el desarrollo del cultivo, en donde observo el porcentaje de prendimiento de las plantas de lechugas al trasplante, la altura de los repollos de lechugas a la cosecha, el tiempo a la cosecha de los repollos de lechugas, el diámetro de los repollos de las lechugas a la cosecha, el perímetro de los repollos de lechugas a la cosecha, el peso de los repollos de lechugas a la cosecha y la presencia de plagas y enfermedades, para ello aplico la técnica estadística del diseño de bloques completo al azar en arreglo factorial  $3^2$  con tres repeticiones o bloques; con separación de medias mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, encontrando los siguientes resultados: la altura de los repollos de la lechuga alcanzo un promedio general de 14,48 cm., coeficiente variación 5,1% y  $\sqrt{CME} = 0,7455$  cm, el diámetro de los repollos obtuvo un promedio general de 16,30 cm., con coeficiente de variación 5,2% y  $\sqrt{CME} = 0,8499$  cm, los perímetros de los repollos resulto 44,94 cm en promedio, coeficiente de variación 7,45% y  $\sqrt{CME} = 3,3503$ , el peso de los repollos dio en promedio 0,577 kg con coeficiente de variación 11,9% y  $\sqrt{CME} = 0,0685$  kg y finalmente la propuesta del efecto de tres tipos de abonos orgánicos y tres dosis de aplicación en la producción de lechugas, en las dos fases experimentales: Semilleros y desarrollo del cultivo, no contribuyo a una mejora significativa en la mayoría de sus características evaluadas de forma univariante (p. 116).

Rivera (2014) experimento el efecto de la radiación ultravioleta-b en la capacidad antioxidante de lechugas (*Lactuca sativa* L.) baby hidropónicas en condiciones de invernadero sobre los compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de hojas de lechuga baby hidropónicas de color verde y rojo, las cuales genero efecto sobre las variables respuesta: compuestos fenólicos totales de hojas de lechuga, capacidad antioxidante de hojas de lechuga, área foliar (ancho máximo y largo de la hoja de lechuga), biomasa (porcentaje materia fresca y materia seca), color de las hojas de lechuga (tonalidad, croma y luminosidad), aspecto visual de las hojas y pigmentos foliares en las hojas (clorofila, carotenoides). La técnica utilizada fue el diseño de experimento completamente aleatorizado con estructura factorial 4x2 con 3 repeticiones y para detectar las diferencias significativas entre los tratamientos, se usó la prueba de comparaciones de rangos múltiples de Tukey, al nivel de significancia 5%. Los resultados del cultivar 'Kristine RZ' presentó un promedio general de 10,6 cm, coeficiente de variación de 9,4% y  $\sqrt{CME} = 1,0$  cm. de ancho máximo de hoja y 10,4 cm de largo de hoja en promedio, con coeficiente de variación de 7,7% y  $\sqrt{CME} = 0,8$  cm y con el cultivar 'Versai RZ' presentó 9,2 cm de promedio, coeficiente variación de 4,3% y  $\sqrt{CME} = 0,4$  cm de ancho máximo de hoja, y 10,7 cm en promedio de largo de hoja, con coeficiente de variación de 4,7% y  $\sqrt{CME} = 0,5$  cm, así mismo el factor dosis de radiación ultravioleta en condiciones de invernadero causaron efectos significativos sobre las variables de respuesta consideradas para el estudio, recomendando ciertos tratamientos principales como de interacción para su aplicación en el cultivo de lechuga (p. 15).

Delgado (2016) al evaluar tres variedades de lechuga (*Lactuca scariola* L.) con tres dosis de fitohormonas y quelatos inorgánicos y orgánicos cultivadas en condiciones de hidroponía en las variables respuesta número de hojas /plantas, altura de la planta (cm), ancho de la hoja (cm), longitud de la hoja (cm), peso de la raíz (g), peso de la parte aérea (planta) y rendimientos (kg/m<sup>2</sup>) con la metodología estadística del Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial 3 x 3, con 3 repeticiones y la prueba de Duncan al 5% de significancia

determino lo siguiente: el promedio general de la variable número de hojas fue de 30,29 cm , el coeficiente de variación de 8,15% y  $\sqrt{CME} = 2,4686$  cm, el promedio general de la variable altura de la planta es de 19,13 cm, el coeficiente de variación de 15,79% y  $\sqrt{CME} = 3,0206$  cm, el promedio general de la variable ancho de la hoja fue de 9,86 cm., el coeficiente de variación de 7,40 % y  $\sqrt{CME} = 0,7296$  cm, el promedio general de la variable longitud de la hoja fue de 14,91 cm., el coeficiente de variación de 3.24 % y  $\sqrt{CME} = 0,4831$ cm, el promedio general de la variable peso de la raíz fue de 49,33 cm., el coeficiente de variación de 23,11% y  $\sqrt{CME} = 11,4002$  cm, el promedio general de la variable rendimiento fue de 89 gr/m., el coeficiente de variación de 14,91% y  $\sqrt{CME} = 13,2699$  cm y además las variables medidas han sufrido efectos significativos y muy significativos por parte de la aplicación tres variedades de lechuga (*Lactuca scariola* L.), con las tres dosis de fitohormonas y quelatos inorgánicos y orgánicos, como de su interacción de sus niveles, recomendando los tratamientos óptimos para su utilización posterior (p. 24).

Telenchana (2017) evaluó tres enraizantes en plántulas de lechuga (*lactuca sativa* l.) mediante el método de raíz flotante, para ello considero como factores: enraizantes con niveles cualitativos y Dosis de aplicación de enraizantes con niveles cuantitativos, con el afán de afectar a las características de respuesta como el crecimiento de la raíz (cm), la altura de la planta (cm), el consumo del agua (litros), el volumen radicular (cm<sup>3</sup>) y el rendimiento (kg/ha). Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones, con arreglo factorial (3 x 2) + 1 entre enraizantes y dosis y el procesamiento de la información se realizó mediante el análisis de varianza (ANDEVA) y covarianza (ANCOVA) con la prueba de significación de Tukey al 5%. En consecuencia los resultados fueron: crecimiento de raíz a los 21 días obtuvo una media de 13,94 cm., coeficiente de variación fue 2,41% y  $\sqrt{CME} = 0,3359$  cm, el volumen radicular a los 21 días su media fue 25,77 cm<sup>3</sup>, coeficiente de variación 1,12% y  $\sqrt{CME} = 0,2886$  cm<sup>3</sup>, la altura de la planta a los 21 días se determinó una media de 21,55 cm., coeficiente variación de 2,68% y  $\sqrt{CME} = 0,5775$  cm, para el consumo de agua a los 21 días se halló una media de 0,27 lt., coeficiente de

variación de 20,61% y  $\sqrt{CME} = 0,0556$  lt y para el rendimiento se obtuvo una media de 44296,7 kg/ha, coeficiente variación de 0,0005% y  $\sqrt{CME} = 0,2236$  kg/ha, luego la evaluación de tres enraizantes y sus dos dosis de aplicación en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) mediante el método de raíz flotante, ha contribuido significativamente en cada una de las variables respuestas medidas de las plántulas de lechuga, recomendando tratamientos óptimos para su futura aplicación (p. 28).

Baltazar (2018) evaluó el efecto de cuatro láminas de riego sobre el rendimiento y la calidad de frutos en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en ella se consideró como factor: lámina de riego a cuatro replicas, sus variables respuesta evaluadas fueron: número de flores, número de frutos, rendimiento, área foliar, porcentaje de materia seca, calidad de producción y calidad del fruto, se empleó un diseño cuadrado latino y las técnicas estadísticas realizadas fueron el análisis de variancia y la prueba de Tukey al 5 % para la comparación de medias entre tratamientos, luego los resultados encontrados se describe a continuación, el promedio general de la variable respuesta número de flores por planta fue 28,36 con una desviación estándar 8,44 y un coeficiente variación 29,76%, el promedio general de la variable respuesta área foliar fue 3,42 m<sup>2</sup> con una desviación estándar 1,02 y un coeficiente variación 29,96%, el promedio general de la variable respuesta rendimiento fue 27,24 tn con una desviación estándar 4,75 tn y un coeficiente variación 17,44%, el promedio general de la variable respuesta número de frutos fue 572 con una desviación estándar 168,8 y un coeficiente variación 29,51%, el promedio general de la variable respuesta calidad del fruto fue 134,36 gr, con una desviación estándar 12,35 gr y un coeficiente variación 9,19%, finalmente las láminas de riego evaluadas influyeron significativamente en el rendimiento del tomate y La lámina de riego con 125% de la ETc superó estadísticamente a los demás tratamientos respecto al rendimiento total y el rendimiento comercial. Empleando mayores láminas de agua se producen mayores rendimientos de frutos de primera. El porcentaje de materia seca es afectado por las láminas de agua disminuyendo conforme se incrementan las láminas de riego. El área foliar se ve influenciada por el efecto

del agua, aumentando a medida que las láminas de riego incrementan. El peso promedio y el diámetro polar de los frutos incrementan con mayores láminas de riego. El porcentaje de sólidos solubles disminuye conforme la lámina de riego aumenta. Las láminas de riego no tienen ningún efecto sobre el diámetro ecuatorial, resistencia ni porcentaje de ácido cítrico (p. 40).

### 1.3. Formulación del problema de investigación

¿Es adecuado el Modelo Experimental Multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa L.*)?

### 1.4. Delimitación del estudio

Para evaluar el crecimiento de la lechuga en este proyecto se ha considerado fertilizantes orgánicos e inorgánicos. Dentro de los fertilizantes orgánicos se ha creído conveniente experimentar con el estiércol de cuy y el compost. Sin embargo, aun teniendo el estiércol de cuy alto contenido de nutrientes y siendo uno de los mejores, así como también el compost mejora la estructura del suelo, incrementa la humedad del suelo y aporta con minerales que requiere las plantas, estos fertilizantes orgánicos presenta limitaciones, porque para su elaboración se necesita contar con herramientas y equipos apropiados para que el proceso de fermentación y transformación pueda conseguir un material final de innumerables ventajas respecto a su estado inicial y esto requiere al menos 6 meses para conseguir un resultado aceptable. Por ello cada vez es más caro y escaso y su utilización en el campo requiere de una adecuada mecanización a fin de que no se eleven los costos de mano de obra.

Con respecto al fertilizante inorgánico urea, es una formulación interesante y mayormente utilizada en el sector agrícola, porque la transformación de la materia orgánica del suelo es progresiva. Sin embargo, es un químico bastante contaminante, en riegos por goteo se desplaza hacia la periferia del bulbo húmedo disminuyendo su eficiencia, produce intenso cambio de pH, daña la germinación de la semilla por aplicación localizada. En cuanto al fosfato di amónico tiene contenido de nutrientes relativamente altos y excelentes

propiedades físicas, pero el exceso de fosfato en los suelos genera deficiencias de nutrientes en las plantas, perjudica los microorganismos benéficos que viven en el suelo, contaminan el agua, es decir contaminan el ecosistema.

#### 1.5. Justificación e importancia de la investigación

La presente investigación se enfocó en reflexionar sobre el conocimiento existente del análisis multivariante de la varianza (Manova), ya que mayormente en la literatura científica se reporta tanto en el área profesional de agronomía y otras, medir varias variables respuestas por efecto de una o más factores, en la cual se aplican análisis de varianza univariante (Anova) para cada una de las variables respuesta.

Así, el presente trabajo de investigación permitió mostrar que los procesos de experimentación multivariante deben ser tratados con un método estadístico Manova que aporta un conocimiento teórico más profundo, que ayuda hacer un análisis más integral, válido, confiable y evitar el error de infravalorar el efecto de un factor o factores por aplicar procedimientos como el Anova, que no detecta patrones multivariados.

Profesionalmente se pretende promover con esta investigación los conocimientos adquiridos a fin de divulgar la aplicación de la técnica estadística Manova para casos de investigaciones explicativas multivariantes realizados en otras áreas profesionales, ya sea dentro de la Universidad Nacional del Santa, como en la región Ancash u otros lugares del país.

Por otra parte, en cuanto a su alcance, esta investigación abrirá nuevos caminos para estudios sustantivos que presenten situaciones similares a la que aquí se plantea, sirviendo como marco referencial a estas.

#### 1.6. Objetivos de la investigación

##### General

Evaluar la adecuacidad del Modelo Experimental Multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa L*)

## Específicos

- Determinar el crecimiento de la lechuga en los distintos fertilizantes orgánicos e inorgánicos.
- Analizar el efecto multivariante de los fertilizante orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga.
- Identificar el efecto univariado de los fertilizante orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga.
- Comparar el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga.
- Examinar los supuestos del modelo multivariante del efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

Técnicas multivariadas.

Díaz y Morales (2012) afirman que las técnicas del análisis multivariado (AM) estudian los datos que se relacionan a conjuntos de medidas sobre un número de individuos u objetos. El conjunto de individuos junto con sus variables, pueden disponerse en un arreglo matricial  $X$ , donde las filas corresponden a los individuos y las columnas a cada una de las variables (p. 11).

Existen diferentes enfoques y metodologías seguidos en el análisis multivariante, en el presente informe de investigación por los objetivos de análisis y el tipo de datos obtenidos, se debe tratar por el enfoque de dependencia.

Dependencia.

Un análisis de dependencia puede definirse como aquel en el que una variable o conjunto de variables es identificado como la variable respuesta y que va a ser explicada por otras variables conocidas como factor o factores (Ramírez, 2017, p. 22).

Análisis de varianza multivariado (Manova).

Díaz y Morales (2012) sostienen que cuando múltiples criterios son evaluados (factores o tratamientos), y el propósito es determinar su efecto sobre dos o más variables respuestas en un experimento, la técnica del análisis de varianza multivariado resulta apropiado (p. 24).

Pérez (2005) informa que el análisis multivariante de la varianza o de la varianza múltiple manova es una técnica estadística utilizada para analizar la relación entre varias variables respuesta (o endógenas) métricas y uno o más factores (o exógenas) no métricas. El objetivo esencial de los modelos del análisis de la varianza múltiple es contrastar si los valores no métricos del factor o factores

determinan la igualdad de vectores de medias de una serie de grupos determinados por ellos en las variables respuesta. De modo que el modelo Manova mide la significación estadística de las diferencias entre los vectores de medias de los grupos determinados en las variables respuesta por los valores del factor o factores (p. 311)

Variables aleatorias multidimensionales.

Díaz y Morales (2012, p. 17) menciona que una variable aleatoria p-dimensional, es un vector en el que cada una de sus componentes es una variable aleatoria. Así,

$$X' = (X_1, \dots, X_p)$$

En el caso del presente informe de investigación se ha medido a la planta de lechuga su número de hojas ( $X_1$ ) y su altura ( $X_2$ ). La información para cada planta de lechuga queda determinada por los valores que asuma el vector  $(X_1, X_2)'$

Parámetros y estadísticos asociados.

Valor esperado o media del vector aleatorio X.

Denotado  $E(X)$ , es el vector de valores esperados de cada una de las variables aleatorias, así:

$$\mu = E(X) = \begin{pmatrix} E(X_1) \\ \vdots \\ E(X_p) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \vdots \\ \mu_p \end{pmatrix}$$

Matriz de varianzas y covarianzas del vector aleatorio X.

Denominado también matriz de covarianzas, la cual se denota como

$Cov(X) = Var(X) = \sum$  está dado por:

$$\Sigma = Cov(X) = E\{(X - \mu)(X - \mu)'\} = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \cdots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \cdots & \sigma_p^2 \end{pmatrix}$$

$$\Sigma = Cov(X) = E(XX') - \mu\mu'$$

Matriz de datos multivariada.

Se define la matriz de datos multivariados como el arreglo:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}$$

Vector de medias muestrales.

El vector formado por las p-medias muestrales, es el vector de promedios o de medias.

$$\bar{X}' = \frac{1}{n} 1'X = (\bar{x}_1, \cdots, \bar{x}_p)$$

Donde 1 es el vector columna de n unos.

Matriz de covarianzas muestrales.

La matriz constituida por las covarianzas  $s_{ij}$ , es la matriz de covarianzas muestral, esto es:

$$S = \frac{1}{n} X' \left( I_n - \frac{1}{n} 11' \right) X = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1p} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{p1} & s_{p2} & \cdots & s_{pp} \end{pmatrix}$$

Ventajas del empleo del manova.

- Es una técnica que permite el examen de varias medidas de variables respuesta simultáneamente.
- Controla el porcentaje del error experimental.
- Existe algún grado de correlación entre las variables respuesta.
- Si existe multicolinealidad entre las variables respuesta, el manova será más potente que los contrastes univariados separados (Hair., Black, Babin y Rolph, 2014, p. 354).

Requisitos básicos del diseño de la investigación mediante manova.

Tamaño muestral en conjunto y por grupos.

- El Manova requiere tamaños muestrales más grandes que los anovas univariante.
- El tamaño en cada grupo como mínimo debe ser más grande que el número de variables respuestas incluidas (Hair., Black, Babin y Rolph, 2014, p. 357).

Supuestos básicos del manova.

Según Hair, Black, Babin y Rolph (2014) señalan que los procedimientos de los contrastes multivariantes del manova son válidos, si se cumple cuatro supuestos:

- 1) Deben proceder de muestras aleatorias multivariada.
- 2) Las matrices de varianza – covarianzas deben ser iguales para todos los grupos de tratamiento, lo cual se evalúa mediante el test de Box y su valor F asociado.
- 3) El conjunto de las p-variables dependientes debe seguir una distribución normal multivalente, lo cual se evalúa mediante los test de Mardia.
- 4) Linealidad y multicolinealidad entre las variables dependientes, sin embargo, se recomienda que las variables dependientes no deben presentar alta multicolinealidad entre ellas, porque esto indica medidas dependientes redundantes y tiende a disminuir la eficiencia estadística (p. 362).

Estimación del modelo manova.

Según Hair., Black, Babin y Rolph (2014) señalan que una vez que el análisis del manova ha sido formulado y los supuestos básicos contrastados, se puede realizar la valoración de las diferencias significativas entre los grupos formados por los tratamientos. Con esta valoración, el investigador debe seleccionar los contrastes estadísticos más apropiados para los objetivos que se persiguen (p. 364).

Criterios para la contrastación de la significación.

Según Hair., Black, Babin y Rolph (2014) sostienen que el manova proporciona varios criterios para valorar las diferencias multivariantes entre los grupos. Los cuatro más conocidos son: la Mayor Raíz Característica de Roy, el Lambda de Wilks, la Traza de Hotelling y el Criterio de Pillai (p. 364).

Manova con un Factor.

Pérez (2005) explica que el modelo subyacente en el manova con un factor y K variables respuestas, viene dado por la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} Y_{1G} \\ Y_{2G} \\ \dots \\ Y_{Kg} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{1G} \\ \mu_{2G} \\ \dots \\ \mu_{Kg} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1G} \\ \varepsilon_{2G} \\ \dots \\ \varepsilon_{Kg} \end{bmatrix} \quad g = 1, 2, \dots, G$$

Que en forma matricial puede escribirse como:  $y_g = \mu_g + \varepsilon_g$

En el modelo se han considerado G grupos del factor analizado y el vector  $y_g$  es igual a la media teórica del grupo ( $\mu_g$ ) más una variable aleatoria ( $\varepsilon_g$ ). El definir que el valor medio teórico de  $y_g$  es  $\mu_g$  implica que la media teórica de  $\varepsilon_g$  es igual a cero. Se requieren dos subíndices para referirse a una variable determinada. Así el primer subíndice de  $Y_{2g}$  se refiere a la variable 2 de entre K variables y el segundo subíndice hace referencia al grupo g de entre G grupos (p. 325).

Las hipótesis estadísticas.

Pérez (2005, p. 325) menciona que la aplicación del manova se refiere tanto a la población como al proceso de obtención de la muestra. Las hipótesis sobre la población son que  $y_g \rightarrow N(\mu_g, \Sigma)$ , siendo  $\Sigma$  la matriz de covarianzas de todas las poblaciones (hipótesis de homocedasticidad) y cada una de las poblaciones tienen una distribución normal multivariante. La hipótesis sobre el proceso de obtención de la muestra facilita la realización del proceso de inferencia a partir de la información disponible, y en nuestro caso se resumen en que se supone que se ha extraído una muestra aleatoria multivariante independiente en cada una de las  $G$  poblaciones.

El planteamiento de la hipótesis es de la manera siguiente:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_G$$

$$H_1 : \text{No todas } \mu_g \text{ son iguales}$$

Descomposición de la matriz de covarianzas.

Pérez (2005, p. 326) menciona que se ha extraído una muestra en cada grupo, y, mediante agregación, obtenemos el total de la muestra designado por  $n = n_1 + n_2 + \dots + n_G$ . El vector de las medias muestrales globales  $\bar{y}$  (es decir, de todos los grupos) se obtiene sumando para cada variable todos los valores de la muestra, y dividiendo por el total de la muestra. Además dentro de cada grupo se puede obtener el correspondiente vector de medias muestrales  $\bar{y}_g$ .

Tenemos:

$$\bar{y} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_1 \\ \bar{Y}_2 \\ \dots \\ \bar{Y}_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} Y_{1g_i}}{n} \\ \frac{\sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} Y_{2g_i}}{n} \\ \dots \\ \frac{\sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} Y_{Kg_i}}{n} \end{bmatrix} \quad \bar{y}_g = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{1g} \\ \bar{Y}_{2g} \\ \dots \\ \bar{Y}_{Kg} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{i=1}^{n_g} Y_{1g_i}}{n_g} \\ \frac{\sum_{i=1}^{n_g} Y_{2g_i}}{n_g} \\ \dots \\ \frac{\sum_{i=1}^{n_g} Y_{Kg_i}}{n_g} \end{bmatrix}$$

En el análisis multivariante (cuando se generaliza a K variables), en lugar de una varianza escalar, se dispone de una matriz de covarianzas T a descomponer. Esta es la matriz de suma de cuadrados y de productos cruzados en desviaciones con respecto a la media global, o, en forma abreviada, la **Matriz de la Suma de Cuadrados y Productos Cruzados Total (SCPCT)**. Su expresión es la siguiente:

$$T = \begin{bmatrix} \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{1g_i} - \bar{Y}_1)^2 & \dots & \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{1g_i} - \bar{Y}_1)(Y_{kg_i} - \bar{Y}_k) \\ \vdots & & \vdots \\ \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{kg_i} - \bar{Y}_k)(Y_{1g_i} - \bar{Y}_1) & \dots & \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{kg_i} - \bar{Y}_k)^2 \end{bmatrix}$$

**Matriz de la Suma de Cuadrados y Productos Cruzados del Factor (SCPCF).**

$$F = \begin{bmatrix} \sum_{g=1}^G n_g (\bar{Y}_{1g} - \bar{Y}_1)^2 & \dots & \sum_{g=1}^G n_g (\bar{Y}_{1g} - \bar{Y}_1)(\bar{Y}_{kg} - \bar{Y}_k) \\ \vdots & & \vdots \\ \sum_{g=1}^G n_g (\bar{Y}_{kg} - \bar{Y}_k)(\bar{Y}_{1g} - \bar{Y}_1) & \dots & \sum_{g=1}^G n_g (\bar{Y}_{kg} - \bar{Y}_k)^2 \end{bmatrix}$$

**Matriz de la Suma de Cuadrados y Productos Cruzados Residual (SCPCR).**

$$W = \begin{bmatrix} \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{1g_i} - \bar{Y}_{1g})^2 & \cdots & \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{1g_i} - \bar{Y}_{1g})(Y_{kg_i} - \bar{Y}_{kg}) \\ \vdots & & \vdots \\ \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{kg_i} - \bar{Y}_{kg})(Y_{1g_i} - \bar{Y}_{1g}) & \cdots & \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{n_g} (Y_{kg_i} - \bar{Y}_{kg})^2 \end{bmatrix}$$

La descomposición de la matriz SCPCT, o matriz T, se puede presentar de la forma:

$$T = F + W$$

Estadístico Lambda de Wilks.

Fue propuesto por Wilks, al que se denomina generalmente Lambda de Wilks ( $\Lambda$ ), y se define de la siguiente forma:

$$\Lambda = \frac{|W|}{|T|}$$

La distribución del estadístico Lambda de Wilks es complicada, habiéndose intentado diversas aproximaciones. Las aproximaciones más conocidas son la aproximación a la distribución **F** realizada por **Rao** y la aproximación a la distribución **Chi-cuadrado** realizada por Bartlett. El **estadístico de Rao**, al que denominaremos **Ra**, cumple:

$$Ra = \frac{1 - \Lambda^{1/s}}{|T|} \frac{1 + ts - K(G-1)/2}{K(G-1)} \rightarrow F_{K(G-1), 1+ts-K(G-1)/2}$$

Dónde:  $t = n - 1 - (K + G)/2$

$$s = \sqrt{\frac{K^2(G-1)^2 - 4}{K^2 + (G-1)^2 - 5}}$$

Tabla 1

*Análisis de Varianza Multivariado (Manova).*

Manova de un factor					
Fuente de variación	Valor del determinante	Lambda de Wilks ( $\Lambda$ )	F	Grados de libertad	p
Factor	$ F $	$\Lambda = \frac{ W }{ T }$	$F_0$	$K(G-1), 1+ts - K(G-1)/2$	
Residual	$ W $				
Total	$ T $				

Diagnosis del Modelo de Análisis Multivalente de la Varianza con un Factor.

Contraste de la Homocedasticidad.

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_G$$

$H_1 : \text{No todas } \Sigma_g \text{ son iguales}$

Estadístico de Prueba Barlett-Box.

$$M = \frac{\prod_{g=1}^k |S_g|^{(n_g-1)/2}}{|\bar{S}|^{(n-k)/2}} \quad S_g = \frac{W_g}{n_g - 1} \quad \bar{S} = \frac{\sum_{g=1}^G W_g}{n - G} = \frac{\sum_{g=1}^G (n_g - 1)S_g}{n - G}$$

La matriz  $S_g$  es una estimación de la matriz de covarianzas correspondientes a la celda g-ésima  $\Sigma_g$ .

$\bar{S}$  Es una estimación de la matriz de covarianzas global  $\Sigma$

Cuando el numerador de M sea muy superior al denominador, será indicativo de que existe heteroscedasticidad.

## 2.2. Marco Conceptual

Fertilización Inorgánica de la Lechuga.

La necesidad de fertilizantes en el cultivo depende de la disponibilidad de nutrientes del suelo, del contenido de materia orgánica, de la humedad, la

variedad, la producción y la calidad esperada del cultivo. Por esto, las aplicaciones de fertilizantes estarán sujetas al resultado del análisis químico del suelo, análisis foliares y observaciones de campo. Una fertilización eficiente es la que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y épocas precisas para el cultivo (Jaramillo & Díaz, 2006).

La lechuga es una planta exigente en potasio; sin embargo, un exceso de este puede inducir una mayor absorción de magnesio, con el consiguiente desequilibrio carencial de este elemento. También es exigente en molibdeno, por lo cual es conveniente dar un tratamiento foliar con molibdato de amonio, siete a diez días después del trasplante; así mismo es conveniente realizar una aspersión en el semillero unos dos o tres días antes del trasplante (Serrano, 1996).

La calidad y el rendimiento se afectan marcadamente por la fertilización deficiente de nitrógeno, debido a que produce plantas pequeñas y con coloración amarillenta, que son poco suculentas; por el contrario, el exceso de nitrógeno provoca un rápido crecimiento de las plantas, lo que lleva a que en las lechugas de cabeza no se logre la formación de ésta, y se quedan flojas, sueltas y livianas (Serrano, 1996).

La reacción de la lechuga a la fertilización con abonos orgánicos es alta, ya que la formación de cabeza es más rápida y de mejor calidad. El estiércol de corral o gallinaza, bien descompuesto y compostado, es una fuente muy recomendable de materia orgánica (Jaramillo, 2016).

La primera dosis en el momento del trasplante es imprescindible si se quiere asegurar que las plantas despeguen rápidamente del suelo, desarrollen una excelente raíz antes de que el suelo se compacte, tener mejor uniformidad de plantas, sobre todo las que se vieron desfavorecidas al momento del trasplante y finalmente, asegurar que el mayor porcentaje del cultivo tenga una excelente formación de cabeza no solo en tamaño, sino también en compactación, así mismo la dosis de fertilizante se debe aplicar en forma localizada, en la corona, retirado de la planta más de cinco centímetros; cuando se emplean dosis

mayores de nitrógeno aplicado a partir de la urea o de otros fertilizantes amoniacales, se recomienda incorporarlo para evitar volatilización de amoníaco y quemado de hojas (Jaramillo, 2016).

La segunda dosis de fertilización se debe hacer a los 20 o 30 días, inmediatamente después de la primera deshierba manual y de haber aflojado los primeros centímetros de suelo. El fundamento de la segunda fertilización balanceada es asegurar que la planta forme cabezas grandes y compactas, evite la formación de lechugas trompo y asegure que la lechuga acogolle con óptima formación de cabeza (Jaramillo, 2016).

Urea.

Es un fertilizante que dada su composición es capaz de suministrar Nitrógeno, importante para la formación de las proteínas en los vegetales. Es un fertilizante que se aplica a plantas en macetas, jardineras, canteros, árboles frutales, césped, jardines, campos deportivos, etc. para un rápido aporte de nitrógeno. No se recomienda aplicar, durante las horas de mayor temperatura, en días de excesivo calor y en plantas que sufran estrés hídrico, sequía o inundación.

Ventajas de la Urea como Fertilizante.

Según Inia (2017) menciona que entre las bondades que presenta este abono se pueden citar:

- Alta Concentración de Nitrógeno: La urea que se expende actualmente contiene 46 por ciento de nitrógeno. Esta característica disminuye los costos por transporte y aplicación respecto a fertilizantes menos concentrados y permite usarla con éxito en mezclas de fertilizantes.
- Alta Solubilidad: esta característica facilita su rápida incorporación al suelo a través de aguas de rocío, lluvia o riego, además de permitir su aplicación disuelta en el agua de riego o como fertilización foliar conjuntamente con los pesticidas para follaje.

- Precio Atractivo: desde hace tiempo, ha mantenido un precio por kilo de nitrógeno inferior al de los abonos nitrícos que constituyen su competencia, siendo ésta, tal vez, la principal ventaja de la urea.

Desventajas.

- Pérdidas de Nitrógeno: la mayor desventaja que presenta la urea se refiere a las posibles pérdidas de nitrógeno, en forma de gas amoniaco, proveniente de su descomposición al ser aplicada al suelo.
- Daño en la Germinación por Aplicación Localizada. En condiciones de poca humedad y altas temperaturas el desprendimiento de amoníaco puede dañar la germinación de algunas semillas, no siendo recomendable, bajo tales circunstancias, localizarlas cerca de la hilera de siembra.
- Acidificación del Suelo. Un tercer inconveniente de la urea se relaciona con su uso continuado en suelos' neutros y ácidos donde, en el mediano plazo, puede producir una disminución de pH, o sea un aumento de la acidez producto de la liberación de iones de hidrógeno durante la nitrificación del amonio.

Di amoniaco.

El fosfato diamónico (DAP) es el fertilizante fosfatado más utilizado en el mundo. Está hecho de dos componentes comunes de la industria de los fertilizantes y es popular debido a su contenido de nutrientes relativamente alto y sus excelentes propiedades físicas. Este fertilizante es una excelente fuente de fósforo y nitrógeno para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y por lo tanto se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible para las plantas (Romero, 2018).

Fertilización Orgánica de la Lechuga.

González (2003) citado por infoagro s.f., menciona que la materia orgánica está formada por residuos vegetales principalmente. Esta se encuentra en descomposición activa por el ataque de microorganismos del suelo. Es un

componente bastante transitorio y debe ser renovado constantemente por la adición de residuos vegetales y animales.

Según Abonos Orgánicos (2010), un abono orgánico es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos u otra fuente orgánica y natural.

Según Infoagro (2008), Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (**estiércol, purín**); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); **compost** preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados.

Estiércol.

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol.

Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10//ha al año, y de preferencia de manera diversificada. (Infoagro, 2008).

Compost.

Es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. Este abono también se le conoce como tierra vegetal o mantillo. Su calidad depende de los insumos que se han utilizado (tipo de estiércol y residuos vegetales), pero en promedio tiene 1,04% de N, 0,8% P y 1,5% K (Infoagro, 2008).

### Efectos del Compost en el Suelo.

- Estimula la diversidad y actividad microbial en el suelo.
- Mejora la estructura del suelo.
- Incrementa la estabilidad de los agregados.
- Mejora la porosidad total, la penetración del agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces.
- La actividad de los microbios presentes en el compost reduce la de los microbios patógenos a las plantas como los nematodos.
- Contiene muchos macro y micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.
- Provoca la formación de humus, complejo más estable de la materia orgánica que se encuentra sólo en el suelo y es el responsable de su fertilidad natural. (Infoagro, 2008).

### Estiércol de Cuy.

La Revista Lasallista (2010), considera que “el estiércol de cuy es uno de los estiércoles de mejor calidad, junto con el de caballo, por sus propiedades físicas y químicas, por lo que usualmente es usado por los agricultores como abono directo.

García, et al (2007), sostiene que en el caso del estiércol de cuy se identifica la facilidad de recolección en comparación del estiércol de otros animales, puesto que normalmente se los encuentra en galpones, la cantidad de estiércol producido por un cuy es de 2 a 3 kg por cada 100 kg de peso vivo.

### Hojas.

Por su forma son lanceoladas, oblongas o redondas. El borde de los limbos es liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad. Su color es verde amarillento, claro u oscuro; rojizo, púrpura o casi morado, dependiendo del tipo y el cultivar (Jaramillo, 2016).

### Número de Hojas.

El número de hojas por planta se obtuvo contabilizando las mismas de afuera hacia dentro, en seis plantas tomadas al azar de cada parcela neta. Las lecturas fueron realizadas en la cosecha.

### Altura de la Lechuga.

Se midió la longitud de planta, con cinta métrica, desde la base de la planta hasta el ápice de la hoja bandera, a seis plantas tomadas al azar en cada parcela neta. Se efectuaron las lecturas en la cosecha.

## CAPITULO III

### MARCO METODOLOGICO

#### 3.1. Hipótesis central de la investigación

##### Hipótesis

El Modelo Experimental Multivariante para efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa L.*) es adecuado.

#### 3.2. Variables e indicadores de la Investigación

##### TABLA DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variables	Indicador	Índice	Escala
Factor: Fertilizantes orgánicos e inorgánicos	Tratamiento	Estiércol de cuy-urea (250 g/parcela) Estiércol de cuy- fosfato di amoniaco (250 g/parcela) Compost-urea (250 g/parcela) Compost-fosfato di amoniaco (250 g/parcela)	Nominal
Variable respuesta: Crecimiento de la lechuga	Número de hojas Altura de planta	Hojas Centímetros.	Razón Razón

### 3.3 Métodos de la investigación

En la presente investigación se utilizan los siguientes métodos:

**Cuantitativa**, porque recoge información empírica y por tanto su medio principal es la medición, en este caso respecto al número de hojas y la altura de la planta de lechuga y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado.

**Inductivo**, porque en la presente investigación se va realizar un procedimiento que va de lo particular a lo general, es decir, a partir de resultados particulares, intenta encontrar posibles relaciones generales que la fundamenten.

**Análisis**, porque se extrae las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, y pueda explicar y comprender mejor el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el número de hojas y la altura de la planta de lechuga, además de establecer el adecuado uso de las teorías en los experimentos multivariantes. Síntesis, porque su principal objetivo es lograr una síntesis de lo investigado; por lo tanto, intenta aplicar una teoría, en este caso, los experimentos multivariantes, a fin de unificar los diversos elementos del fenómeno estudiado.

**Experimental**, porque se refiere a la manipulación deliberada de una o más variables independientes, en la investigación se denomina factor como es los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, para analizar las consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes, que se refiere en la investigación al número de hojas y la altura de la planta de lechuga dentro de una situación de control para el investigador.

**Explicativa**, porque se quiere conocer el efecto de los niveles del factor fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el óptimo crecimiento de la planta de lechuga. Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Los métodos experimentales son los adecuados para poner a prueba hipótesis explicativas.

### 3.4 Diseño o esquema de la investigación

Diseño completamente al azar multivariado

$$y_{ig} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ig}$$
$$i = 1, 2, \dots, t ; g = 1, 2, \dots, k$$

Donde:

$\mu$ : es un vector de medias general

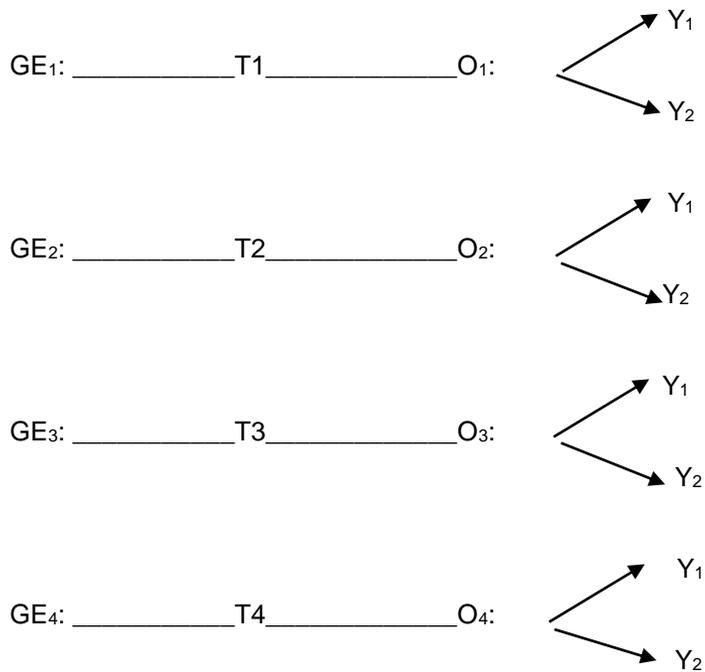
$\alpha_i$ : es el efecto del nivel  $i$  del fertilizante orgánico e inorgánico.

$\varepsilon_{ig}$ : es un vector de errores experimentales por efecto del nivel  $i$  del fertilizante orgánico e inorgánico, en la unidad experimental multivariante  $g$  de las variables observables.

$y_{ig}$ : es la variable respuesta multivariante, afectado por el nivel  $i$  del fertilizante orgánico e inorgánico en la unidad experimental  $g$ .

El trabajo de investigación bajo el proceso de experimentación multivariante utilizó el diseño completo al azar con un factor denominado fertilizantes orgánicos e inorgánicos con 4 niveles y 5 réplicas a fin de evaluar el efecto de los tratamientos en el crecimiento de la planta de lechuga.

Cuyo esquema es el siguiente:



Donde:

GE<sub>1</sub>: Grupo experimental que recibió el tratamiento T<sub>1</sub>: Estiércol de urea

GE<sub>2</sub>: Grupo experimental que recibió el tratamiento T<sub>2</sub>: Estiércol de fosfato di amoniaco

GE<sub>3</sub>: Grupo experimental que recibió el tratamiento T<sub>3</sub>: Compost- urea

GE<sub>4</sub>: Grupo experimental que recibió el tratamiento T<sub>4</sub>: Compost- fosfato di amoniaco

O<sub>1</sub>: Datos del GE<sub>1</sub>

O<sub>2</sub>: Datos del GE<sub>2</sub>

O<sub>3</sub>: Datos del GE<sub>3</sub>

O<sub>4</sub>: Datos del GE<sub>4</sub>

Y<sub>1</sub>: Número de hojas

Y<sub>2</sub>: Altura de la planta

### 3.5 Población y Muestra

#### Población.

La población estuvo conformada por parcelas experimentales sembradas con semilla de lechuga de la variedad Lactuca Sativa L.

Las parcelas constituyen las unidades experimentales y las plantas de lechuga constituyen las unidades de observación. No siempre coinciden (Kuehl, 2000).

La investigación fue experimental y se realizó mediante un diseño completo al azar (DCA), a efectos fijos, con lo cual se está interesado únicamente en los fertilizantes orgánicos e inorgánicos incluidos en el experimento, que incluyó 4 tratamientos.

#### Muestra.

La muestra está conformada por 20 parcelas experimentales, de 1 m. de ancho por 2 m. de largo (área = 2 m<sup>2</sup>). En cada parcela experimental se sembró 6 plantas de lechuga, mediante semillas seleccionadas al azar de la variedad en estudio. Para efectos de análisis se utilizaron 3 de las 6 plantas, en las cuales se midió las variables respuesta. El experimento incluyó 5 réplicas para cada uno de los 4 tratamientos.

### 3.6 Actividades del proceso de investigación

#### Ubicación del experimento

La investigación se llevó a cabo en el Campus de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional del Santa, ubicado en la Urbanización Bellamar s/n, Provincia del Santa, del Distrito de Nuevo Chimbote, departamento de Ancash. Geográficamente el área de experimentación está ubicada a la espalda de la Escuela de Biología en Acuicultura y la Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, a una altitud aproximada de 6 m.s.n.m.

## Historia del campo

El terreno experimental empleado ha sido empleado en diversos experimentos para cultivo de diversos productos como maíz, coliflor, rabanito, nabo, camote y frijol. Así, Pajuelo (2018) estudió diferentes combinaciones de fertilizantes inorgánicos en el tamaño del nabo, empleando un diseño en bloques completo al azar, los cuales no mostraron diferencias estadísticas entre sí. Por tal razón, en esta investigación se consideró solo un diseño completo al azar.

### 3.7. Material experimental requerida para la lechuga

#### Equipos

- Laptop con acceso a internet
- Balanza electrónica
- Wincha
- Cámara fotográfica

#### Herramientas e insumos

- Plaguicidas
- Fertilizantes orgánicos (estiércol de cuy, compost) e inorgánicos (urea, fosfato di amoniac).
- Palas
- Cinta
- Martillo
- Estacas
- Manguera
- Palos
- pita
- Semillas de lechuga
- Germinadores

### Limpieza del terreno

Se preparó el terreno de un área de  $4 \times 10 = 40$  metros cuadrados, donde anteriormente fue sembrado hortalizas. Se limpió los restos de cosecha, se removió el terreno y se aplanó.

### Riego de machaco

Esta labor se realizó con riego por manguera inmediatamente después de terminada la limpieza del terreno, inundando el campo con agua para el control de larvas, pupas y tener una buena capacidad de campo para la preparación del terreno y siembra, esta labor tomó 8 días desde el riego hasta obtener el campo listo para empezar con la preparación del suelo.

### Preparación del suelo

Se construyó 4 filas o camas de 10 metros, las cuales fueron separados con cinta desde el centro. Cada cinta se dividió en cinco partes de 2 metros que constituyen las réplicas, generando 20 unidades experimentales, las cuales fueron señaladas con palos y pita.

### Aleatorización de los tratamientos

Los tratamientos fueron asignados al azar a cada una de las parcelas experimentales, quedando distribuidos como sigue:

## CAMPO EXPERIMENTAL

<b>T<sub>2</sub></b> <i>parcela = 2x1 m</i>	<b>T<sub>1</sub></b> <i>parcela = 2x1 m</i>	<b>T<sub>3</sub></b> <i>parcela = 2x1 m</i>	<b>T<sub>1</sub></b> <i>parcela = 2x1 m</i>
<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>
<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>1</sub></b>
<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>

### Germinadoras recicladas

Se llevó a cabo a través de celdas de huevos con papel bond. Posteriormente se realizó el trabajo de rellenar todas las celdas con tierra agrícola, para luego sembrar 2 semillas de lechuga por cuadrado de cada celda y finalmente regar cada cuadradito con abundante agua.

### Siembra

Aproximadamente, después de 3 semanas desde que se puso a germinar las semillas de lechuga, se decidió realizar el trasplante de 6 semillas germinadas en cada unidad experimental o parcela.

### Fertilización

Después de 2 semanas de realizar el trasplante, se hizo la debida fertilización de acuerdo al sorteo previo que se realizó de los tratamientos.

### Riegos

Luego se pasó a regar diariamente para poder fijar los fertilizantes en cada unidad experimental o parcela y cama.

### Control de malezas

El control de malezas se realizó inmediatamente 7 días después de la siembra haciendo el uso de un herbicida pre emergente aplicadas con mochila pulverizadora.

### Control fitosanitario

Se realizó con el método de control químico con el 5% de infestación para el caso de plagas y enfermedades según se presentó durante el ciclo del cultivo.

### Cosecha

Al cabo de 2 meses de cuidados intensos y desarrolladas las plantas de lechuga se procedió a medir cada una de las variables respuesta de estudio a cada planta en su respectiva unidad experimental o parcela.

## 3.8 Técnicas e instrumentos de la investigación

Se realizó mediciones y el conteo, en cada parcela experimental al momento de la cosecha, cuyos valores fueron registrados en una hoja con el esquema experimental.

El número de hojas de cada planta observada fue determinado mediante simple conteo de tres plantas de lechuga y la altura de cada planta empleando una cinta métrica.

### 3.9 Procedimientos para la recolección de datos

A los 2 meses de la siembra se procedió a medir in situ las variables de estudio en la respectiva parcela, contando el número de hojas y midiendo la altura de la planta. La selección de 3 plantas de lechuga sembradas en cada parcela se realizó en forma aleatoria al momento de la cosecha. Las mediciones de ambas variables corresponden al promedio de las 3 plantas en cada parcela.

### 3.10 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos se realizó empleando SPSS versión 26, reportándose medidas descriptivas de cada variable respuesta por tratamiento, incluyéndose media aritmética y desviación estándar.

El análisis multivariante se realizó a partir del modelo lineal general, incluyendo pruebas multivariantes y univariantes. Los estadísticos multivariantes para evaluar el efecto del tratamiento fueron: Traza de Pillai, Lambda de Wilks, Traza de Hotelling y Raíz mayor de Roy. Las pruebas realizadas también con EXCEL se muestran en el anexo, empleando vectores de medias y matrices de varianzas-covarianzas.

Las pruebas univariantes que comprendió el análisis multivariante fue el análisis de varianza univariante para los tratamientos a partir de la prueba F, y las pruebas post hoc de Tukey.

La prueba de la adecuación del modelo fue probada mediante la normalidad multivariante y homogeneidad de los errores, a partir de los residuos. La prueba de Doornik-Hansen, realizada en Stata 15.1, fue empleada para la normalidad multivariante, y la prueba M de Box para la igualdad de matrices de covarianza. El nivel de significancia fue considerado al 5%.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

En el presente experimento se evalúa el efecto de 4 fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga (*Lactuca Sativa L.*), dado por el número de hojas y su altura de cada planta, las cuales se muestran en la tabla 1, asumiéndose que es mejor tener plantas con más hojas y mayor altura.

Tabla 1

*Crecimiento de la lechuga en los distintos fertilizantes orgánicos e inorgánicos*

	Media aritmética	Desviación estándar
<b>Número de hojas de la planta de lechuga</b>		
Estiércol de cuy-urea	19,000	0,707
Estiércol de cuy- fosfato di amoniaco	15,000	2,345
Compost- urea	18,000	1,000
Compost- fosfato di amoniaco	21,200	1,483
<b>Altura de la planta de lechuga</b>		
Estiércol de cuy-urea	7,358	0,431
Estiércol de cuy- fosfato di amoniaco	6,452	0,310
Compost- urea	7,722	1,058
Compost- fosfato di amoniaco	10,018	0,666

En relación al número de hojas, se encontró que el tratamiento compost- fosfato di amoniaco presento el mayor promedio de  $21,2 \pm 1,483$  hojas, y el menor promedio lo presento el estiércol de cuy- fosfato di amoniaco con  $15,00 \pm 2,345$  hojas. En cuanto a la altura se identificó que el tratamiento compost- fosfato di amoniaco exhibió el mayor promedio de  $10,018 \pm 0,666$  cm y el menor promedio lo mostró el estiércol de cuy- fosfato di amoniaco con  $6,452 \pm 0,310$  cm.

La comparación de medias del número de hojas y la altura de la planta por efecto de cada uno de los tratamientos se formaliza posteriormente.

Por otro lado, al establecer la correlación de Pearson entre las variables dependientes número de hojas y altura de la planta, se obtuvo  $R = 0,650$ ,  $t(1,18) = 3,629$ ,  $p = 0,002$  evidenciando fuerte relación positiva y significativa. Justificando la realización del análisis de varianza multivariante, presentado en la tabla 2.

Tabla 2

*Análisis del efecto multivariante de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga.*

Estadístico de prueba	Valor	F	p
Traza de Pillai	1,112	6,682	,000
Lambda de Wilks	,078	12,918	,000
Traza de Hotelling	9,400	21,934	,000
Raíz mayor de Roy	9,133	48,710	,000

En efecto el análisis de varianza multivariado mostró que cada uno de los estadísticos de prueba de Pillai, Wilks, Hotelling y de Roy demostraron que existe efecto significativo de los tratamientos fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre el número promedio de hojas y la altura media de la planta de lechuga, al nivel 0,05,  $F(6, 32) = 6,682$ ,  $p = 0,000$ ,  $F(6, 30) = 12,918$ ,  $p = 0,000$ ,  $F(6, 28) = 21,934$ ,  $p = 0,000$  y  $F(3, 16) = 48,710$ ,  $p = 0,000$ , respectivamente. Luego se realizó un análisis univariado como se muestra en la tabla 3 respecto del efecto de los tratamientos en cada una de las variables respuesta.

**Tabla 3**

*Análisis del efecto univariado de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga*

Fuente de variación	Variable dependiente	Suma de cuadrados	F	p
Tratamientos	Número de hojas	99,400	14,406	,000
	Altura de planta	34,537	24,957	,000
Error	Número de hojas	36,800		
	Altura de planta	7,381		
Total	Número de hojas	136,200		
	Altura de planta	41,918		

Al respecto se exhibe que el factor fertilizantes orgánicos e inorgánicos influyeron de manera significativa en el número promedio de hojas y la altura media de la planta de lechuga, pues con un nivel 0,05 se obtuvo  $F(3,6)=14,406$ ,  $F(3, 6) = 24,957$ ,  $p < 0,05$ , respectivamente. Este resultado conduce a realizar la prueba de comparaciones múltiples, presentado en la tabla 4, a fin de determinar que tratamientos afectaron en el experimento.

**Tabla 4**

*Comparación del efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga, según la prueba univariada de Tukey*

Tratamientos		N	Subconjunto de medias			
			1	2	3	
<b>Número de hojas de la planta de lechuga</b>						
HSD Tukey	Estiércol de cuy, fosfato di amoniaco (T2)	5	15,00	a		
	Compost, urea (T3)	5		18,00	b	
	Estiércol de cuy, urea (T1)	5		19,00	b	19,00 b c
	Compost, fosfato di amoniaco (T4)	5				21,20 c
	Sig.		1,000	,728		,141
<b>Altura de la planta de lechuga</b>						
HSD Tukey	Estiércol de cuy, fosfato di amoniaco (T2)	5	6,452	a		
	Estiércol de cuy, urea (T1)	5	7,358	a	7,358	ab
	Compost, urea (T3)	5		7,722	b	
	Compost, fosfato di amoniaco (T4)	5				10,018 c
	Sig.		,192	,831		1,000

*Nota: HSD = Diferencia honestamente significativa; letras iguales significa que no hay diferencia entre los tratamientos y letras diferentes si hay diferencia, al 5%).*

En tal sentido, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey y como resultado se obtuvo que existe diferencia significativa del número promedio de hojas entre los tratamientos, estiércol de cuy-fosfato de amoníaco con compost-urea, estiércol de cuy-urea y compost-fosfato de amoníaco, así como compost-urea con compost-fosfato de amoníaco. Evidenciando que el tratamiento estiércol de cuy-fosfato de amoníaco ha generado el menor número promedio de hojas (15,00) y el tratamiento compost-fosfato de amoníaco el mayor número promedio de hojas (21,20). Así mismo existió diferencias significativas en la altura promedio de las plantas de lechuga entre los tratamientos estiércol de cuy-fosfato de amoníaco con compost-urea y compost-fosfato de amoníaco, como también hubo diferencia significativa entre compost-urea y compost-fosfato de amoníaco. En consecuencia, el tratamiento estiércol de cuy-fosfato de amoníaco ha generado la menor altura promedio (6,452 cm) y el tratamiento compost-fosfato de amoníaco la mayor altura promedio (10,018 cm). Por ende, los resultados hallados con el modelo multivariante propuesto, son confiables si se verifica los supuestos de los residuos, expuesto en la tabla 5.

## Tabla 5

*Análisis de la adecuación del modelo multivariante del efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de la lechuga*

---

Prueba de normalidad multivariante de los residuos		
Doornik-Hansen	chi-cuadrado = 2.818	p = 0.244
Prueba de Box de la igualdad de matrices de covarianza		
M de Box	16,402	
F	1,406	
p	0,180	

---

Al respecto la prueba de normalidad y homocedasticidad multivariante del residuo, ha determinado un valor  $p = 0,244 > 0,05$  y  $p = 0,180 > 0,05$ , respectivamente. En consecuencia, se ha demostrado de manera significativa que existe normalidad multivariante así como homocedasticidad multivariante de los residuos. Con lo cual se concluye que existe evidencia suficiente que el modelo es adecuado.

## 4.2. Discusión

En la presente investigación se muestra en primera instancia una descripción de cada una de las variables respuesta, respecto a su media y desviación estándar en cada tratamiento después de la cosecha.

En relación al número de hojas, se encontró que el tratamiento compost-fosfato di amoniaco presento el mayor promedio de  $21,2 \pm 1,483$ , y el menor promedio lo presento el estiércol de cuy-fosfato di amoniaco con  $15,00 \pm 2,345$ . En cuanto a la altura se identificó que el tratamiento compost-fosfato di amoniaco exhibió el mayor promedio de  $10,018 \pm 0,666$  y el menor promedio lo mostró el estiércol de cuy-fosfato di amoniaco con  $6,452 \pm 0,310$ .

Los resultados mencionados anteriormente, no presenta similitudes con lo reportado por varios investigadores como Ortega (2014) quien determinó que al trasplantar la planta de lechuga el fertilizante humus y compost con dosis de 50 gr genero el menor número promedio de  $(3 \pm 0,000)$  hojas, y el mayor promedio de  $(4 \pm 0,000)$  hojas lo registro el fertilizante humus con dosis de 150 gr.

En el caso de la altura de la lechuga al trasplante resultó el menor promedio  $10,33 \pm 1,527$  cm por efecto del fertilizante bocashi con dosis de 150 gr, mientras que la mayor altura promedio de  $13 \pm 1,000$  correspondió al fertilizante humus y 150 gr de dosis, de igual modo Rivera (2014) indica la media y la desviación estándar general de sus variables respuesta, como es el caso del largo de hoja de la lechuga a la primera cosecha reporto el menor largo promedio de  $8,7 \pm 0,8$  cm y el mayor largo promedio fue  $11,1 \pm 0,8$  cm. En cambio en la segunda cosecha el menor largo promedio fue  $10 \pm 0,8$  cm y el mayor largo promedio fue  $11 \pm 0,8$  cm.

En esa misma línea Delgado (2016), propone media y desviación estándar general de sus variables respuesta, específicamente el menor número de hojas

fue  $11 \pm 2,469$  y el mayor fue  $43,40 \pm 2,469$  y de la altura de la planta el menor es  $9,20 \pm 3,021$  cm y del mayor es  $33,80 \pm 3,021$  cm.

Semejantemente a los anteriores Telenchana (2017) indica que la menor altura promedio de la planta a los 21 y 42 días determinó una media y desviación estándar general de  $10,59 \pm 0,577$  cm y  $16,02 \pm 0,577$  cm, respectivamente, mientras que la mayor altura es  $16,3 \pm 0,577$  cm y  $25,12 \pm 0,577$  cm, respectivamente.

Con respecto al análisis de varianza multivariado para un diseño completo al azar la presente investigación mostró que cada uno de los estadísticos de prueba de Pillai, Wilks, Hotelling y de Roy demostraron que existe efecto significativo de los tratamientos fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre el número promedio de hojas y la altura media de la planta de lechuga, puesto que  $p < 0,05$  al nivel 0,05.

Sin embargo, los diferentes investigadores reportados en la presente investigación, como: Ortega (2014), Rivera (2014), Delgado (2016), Telenchana (2017) y Baltazar (2018) midieron múltiples variables respuesta y no aplicaron análisis de varianza multivariante, en diseños clásicos o en experimentos factoriales.

Es necesario mencionar que en la presente investigación también se hizo un análisis de varianza univariante para cada variable respuesta en un diseño completo al azar, cuyo resultado exhibe efecto significativo de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el número promedio de hojas y la altura media de la planta de lechuga.

De acuerdo con, Ortega (2014), aplico un análisis de varianza univariado correspondiente al diseño en bloque completo al azar, pero su aplicación de tres tipos de abonos orgánicos no contribuyo a una mejora significativa en el número de hojas, altura y otras características de la planta de lechuga.

Por otra parte, hay concordancia con Rivera (2014), toda vez que hizo un análisis de varianza univariante con la aplicación del diseño completo al azar univariante y obtuvo efecto significativo de sus cuatro tratamientos sobre el número de hojas, altura o longitud y otras características de la planta de lechuga.

Aun cuando Delgado (2016), realizó un análisis de varianza univariante, sin embargo, hay diferencia en cuanto al uso de un experimento factorial en un diseño completo al azar, pero coincidente con respecto al efecto significativo de sus tratamientos en el número de hojas, altura y otras variables respuesta de la planta de lechuga.

Con Telenchana (2017) se coincide por realizar un análisis de varianza univariante con la contribución significativa de sus tratamientos en la altura y otras variables respuesta de la planta de lechuga, pero se diferencia por aplicar un experimento factorial en un diseño en bloque.

Con referencia a Baltazar (2018) se encuentra concordancia por realizar un análisis de varianza univariante e influencia significativa de sus tratamientos denominados lamina de riego en el rendimiento del tomate, pero no obstante empleo un diseño cuadrado latino.

Se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey univariado y como resultado se obtuvo que existe diferencia significativa del número promedio de hojas entre los tratamientos, estiércol de cuy-fosfato di amoniaco con compost-urea, estiércol de cuy-urea y compost-fosfato di amoniaco, así como compost-urea con compost-fosfato di amoniaco. Evidenciando que el tratamiento estiércol de cuy-fosfato di amoniaco ha generado el menor número promedio de hojas (15,00) y el tratamiento compost-fosfato di amoniaco el mayor número promedio de hojas (21,20).

Así mismo existió diferencias significativas en la altura promedio de las plantas de lechuga entre los tratamientos estiércol de cuy-fosfato di amoniaco con compost-urea y compost-fosfato di amoniaco, como también hubo diferencia significativa entre compost-urea y compost-fosfato di amoniaco. En consecuencia, el tratamiento estiércol de cuy-fosfato di amoniaco ha generado la menor altura promedio (6,452) y el tratamiento compost-fosfato di amoniaco la mayor altura promedio (10,018).

Los resultados mencionados en los dos párrafos anteriores divergen con los investigadores Ortega (2014) y Delgado (2016), porque ellos utilizaron la prueba de comparaciones múltiples de Duncan que se diferencia de la prueba de Tukey en su aplicación y sus resultados, pero coinciden al mencionar el tratamiento que causó mayor promedio en sus variables alturas de las plantas, número de hojas, al trasplante y cosecha, su diámetro, ancho de la hoja, longitud de la hoja y otras características evaluadas.

Sin embargo, coincide con los trabajos de investigación de Rivera (2014), Telenchana (2017) y Baltazar (2018) en cuanto al uso de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, y al mencionar el tratamiento que afecto con mayor promedio en sus variables totales de hojas de lechuga, área foliar, biomasa, altura de la planta, consumo del agua y rendimiento de la planta de lechuga.

Para la adecuación del modelo en esta investigación, se ha determinado que existe normalidad multivariante significativa de los residuos toda vez que el valor ( $p = 0,2444 > 0,05$ ), así mismo se ha demostrado también que existe homocedasticidad multivariante significativa de los residuos, dado que el valor ( $p = 0,180 > 0,05$ ), confirmando de esta manera que el modelo experimental multivariante es adecuado.

Esto se condice con lo que plantean Ortega (2014), Delgado (2016), Rivera (2014), Telenchana (2017) y Baltazar (2018) porque no se evidencia en sus trabajos de investigación los supuestos de adecuación de normalidad y homocedasticidad de los residuos del modelo utilizado en forma univariante, situación que resalta la limitación de la consistencia del estudio.

Por otro lado, se resalta el desconocimiento del uso de la técnica del análisis de varianza multivariante, a pesar de que es una teoría que ya está escrito hace varios años como proceso estadístico que se encarga de estudiar con mayor precisión una investigación que considera evaluar múltiples variables de respuesta.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El crecimiento de la lechuga en cuanto número de hojas con los fertilizantes orgánicos e inorgánicos fue de 19, 15, 18 y 21,2 hojas / planta obtenidos con estiércol de cuy-urea, estiércol de cuy-fosfato di amoniaco, compost-urea y compost-fosfato di amoniaco, respectivamente.
- El crecimiento de la lechuga referente a la altura de la planta con los fertilizantes orgánicos e inorgánicos fue de 7,358; 6,452; 7,722 y 10,018 cm / planta obtenidos con estiércol de cuy-urea, estiércol de cuy-fosfato di amoniaco, compost-urea y compost-fosfato di amoniaco, respectivamente.
- Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos mostraron efecto multivariante en el crecimiento de la lechuga, probado mediante los estadísticos de Pillai, Wilks, Hotelling y Roy ( $p < 0.05$ , en cada caso), mostrando diferencias de vectores de medias de al menos un tratamiento.
- Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos mostraron efecto univariante en el crecimiento de la lechuga, tanto en el número de hojas ( $F=14,406$ ;  $p=0,000$ ), como en la altura de plantas ( $F=24,957$ ;  $p=0,000$ ), mostrando diferencias de medias de al menos un tratamiento en cada una de las respuestas.
- Las pruebas de comparaciones múltiples univariantes de Tukey mostraron las diferencias entre tratamientos, siendo el compost, fosfato di amoniaco, con respectivas medias de 21.2 hojas/planta y 10.018 cm/planta, el que presento mayor crecimiento, comparable únicamente con el estiércol de cuy, urea, en cuanto al número de hojas (19 hojas/planta) ( $p=0,141$ ).
- Los supuestos del modelo multivariante fueron probados mediante las pruebas de Doornik-Hansen para la normalidad multivariante ( $X^2=2,818$ ;

$p=0,244$ ) y M de Box para la homogeneidad de matrices de covarianza ( $F=1,406$ ;  $p=0,180$ ).

- El modelo experimental multivariante es adecuado para evaluar el efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el crecimiento de lechuga (*Lactuca Sativa L.*).

## 5.2. Recomendaciones

- En estudios posteriores se recomienda a estudiantes y profesionales de las diferentes áreas del conocimiento que abordan el tema de modelos experimentales multivariantes emplear las diferentes metodologías estadísticas del análisis de varianza multivariante (MANOVA).
- Se les invita a las facultades, escuelas académicas, colegas y estudiantes en proceso de tesis, de la Universidad Nacional del Santa, especialmente en aquellas que realizan investigaciones experimentales para recibir e investigar sobre el tema trabajado en la presente tesis doctoral a fin de valorar su importancia y mejorar la precisión en los resultados y en la metodología.
- A los estudiantes y docentes, especialmente de las escuelas de Biología en acuicultura, Biotecnología, Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería Agrónoma y otras escuelas de la Universidad Nacional del Santa que están realizando investigaciones experimentales con múltiples variables respuestas, se les recomienda emprender mejoras en cuanto al tratamiento estadístico a fin de corregir la solución a la problemática abordada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abonos Orgánicos. (2010). Que es un Abono orgánico. Recuperado de <http://ke93ik.blogspot.com/2010/10/que-es-un-abono-organico.html>

Baltazar Zuñiga B. (2018). Rendimiento y calidad en tomate (*solanum lycopersicum l. v.toroty f1*) empleando cuatro láminas de riego". Perú.

Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) (2003). Fertilizantes: Características y manejo. Costa Rica. Recuperado de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizantes.pdf>

Cesar Augusto Borrero (2008). Abonos orgánicos. Revista Infoagro. Mexico. Recuperado de [http://www.infoagro.com/documentos/abonos\\_organicos.asp](http://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp)

Daniel S. Behar Rivero. (2008). Metodología de la investigación. Editorial Shalom. Pag. 47. Recuperado de <http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>

Davis *et Al.*, (1997) citado por Jaramillo Noreña J. y et. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas. Editorial Fotomontajes S.A.S. Colombia.

Delgado Paz E. (2016). Evaluación de tres variedades de lechuga (*Lactuca scariola L.*) con tres dosis de fitohormonas y quelatos inorgánicos y orgánicos cultivadas en condiciones de hidroponía. Ecuador.

Díaz Monroy L. y Morales Rivera M. (2012). Análisis estadístico de datos multivariados. Primera Edición. Colombia

Douglas C. Montgomery. (2004). Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Editorial: Limusa Wiley. México.

Fernández R., Trapero A. y Domínguez J. (2010). Experimentación en agricultura. Sevilla, España.

García Y, Ortiz A, Lonwo E. (2007). Efecto de los residuos avícolas en el ambiente. Recuperado de <http://www.fertilizando.com/articulos/Efecto%20Residuales%20Avicolas%20Ambiente.asp>.

Gutiérrez MC. (2010). El cultivo de la lechuga en Cantabria. Gobierno de Cantabria, Consejería y desarrollo rural, ganadería, pesca y biodiversidad, Centro de investigación y formación agrarias, 24 pp.

Hair J., Anderson R., Tatham R. y Black W. (1999). Análisis multivariante. Quinta Edición. Editorial Prentice Hall. España.

INIA. (2017). Manual de producción de lechuga. Boletín INIA N° 09. Editor Gabriel Saavedra del R.. Chile.

Infoagro. (2008). Abonos Orgánicos. Recuperado de [http://www.infoagro.com/documentos/abonos\\_organicos.asp](http://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp)

Jaramillo Je, Díaz C. (2006). Manual técnico 20: El cultivo de las Crucíferas. Rionegro, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación La Selva, 176 pp.

Jaramillo Noreña J. y et. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas. Editorial Fotomontajes S.A.S. Colombia.

Luque Martínez T. (2000). Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados. Editorial Pirámide. España.

Ludwig Von Bertalanffy (1989). Teoría general de los sistemas. Séptima Edición. Editorial Fondo de la cultura económica. México.

Moreno Salazar T. (2017), Aplicación de citrato de calcio y sulfato de calcio en el rendimiento y calidad del espárrago (*Asparagus officinalis* L). Perú.

Ortega Toapanta J. (2014). Evaluación de tres abonos orgánicos y tres dosis de aplicación en la producción de lechugas orgánicas y su influencia en las características fenológicas en el cantón píllaro. Ecuador.

Pajuelo Gonzáles L. (2018). Aplicación del diseño en bloque completo al azar con submuestreo en la evaluación del efecto de diferentes combinaciones de fertilizantes inorgánicos en el tamaño del nabo. Revista de resumen de investigación con PIC.FF.CC. 023-2018. UNS. Nuevo Chimbote. Perú.

Ramírez Anormaliza R. (2017). Análisis Multivariante: Teoría y práctica de las principales técnicas. Primera Edición. Editorial Olguín S.A. Ecuador. Recuperado de [file:///C:/Users/USER/Downloads/MULTIVARIANTE%20watermark%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/MULTIVARIANTE%20watermark%20(2).pdf)

Revista Lasallista de Investigación. (2010), Manejo y procesamiento de la gallinaza. Corporación Universitaria lasallista. Volumen 2. Antioquia, Colombia. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69520108.pdf>

Rivera Marchant L. (2014). Efecto de la radiación ultravioleta-b en la capacidad antioxidante de lechugas (*lactuca sativa* L.) “baby” hidropónicas. Chile.

Sergio Gómez Bastar. (2012). Metodología de la investigación. Primera edición. Editorial Red Tercer Milenio. México. Pag. (14 a 16). Recuperado de [http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia\\_de\\_la\\_investigacion.pdf](http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf)

Serrano (1996) citado por Jaramillo Noreña J. y et. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas. Editorial Fotomontajes S.A.S. Colombia.

Shimizu, T. Scott, GJ. (2014). Los Supermercados y Cambios En La Cadena Productiva Para La Papa En El Perú. Revista Latinoamericana De La Papa. Vol. 18 (1). 77-104.

Telenchana Toapaxi M. (2017). Evaluación de tres enraizantes en plántulas de lechuga (*lactuca sativa* L.) mediante el método de raíz flotante en la parroquia mulalillo del cantón salcedo, provincia de cotopaxi. Ecuador.

Tusell F. (2016). Análisis multivariante. Recuperado de <http://www.et.bs.ehu.es/~etptupaf/nuevo/ficheros/estad4/multi.pdf>

# ANEXOS

## Anexo 1

### Matriz de datos

REPLICA	VD	VI: FERTILIZANTES ORGANICOS E INORGANICOS			
		T1 ESTIERCOL DE CUY - UREA	T2 ESTIERCOL DE CUY – FOSFATO DI- AMONICO	T3 COMPOST - UREA	T4 COMPOST - FOSFATO DI-AMONICO
1	(Y1) Numero de hojas	19	16	18	23
	(Y2) Altura	7.02	6.32	6.73	10.82
2	(Y1) Numero de hojas	20	16	17	21
	(Y2) Altura	7.67	6.48	7.78	10.25
3	(Y1) Numero de hojas	19	15	17	21
	(Y2) Altura	6.97	6.08	9.38	10.15
4	(Y1) Numero de hojas	19	17	19	22
	(Y2) Altura	7.18	6.45	6.87	9.00
5	(Y1) Numero de hojas	18	11	19	19
	(Y2) Altura	7.95	6.93	7.85	9.87

## Anexo 2

Resultados del análisis de varianza multivariante (MANOVA)

$$\begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 19 \\ 7.02 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 16 \\ 6.32 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 18 \\ 6.73 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 23 \\ 10.82 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 20 \\ 7.67 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 16 \\ 6.48 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 17 \\ 7.78 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 21 \\ 10.25 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 19 \\ 6.97 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 15 \\ 6.08 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 17 \\ 9.38 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 21 \\ 10.15 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 19 \\ 7.18 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 17 \\ 6.45 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 19 \\ 6.87 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 22 \\ 9.00 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 18 \\ 7.95 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 11 \\ 6.93 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 19 \\ 7.85 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 19 \\ 9.87 \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

Primero se halla la media de cada variable dependiente

**Número de hojas con el tratamiento estiércol de cuy - urea (T1)**

$$\bar{x} = \frac{19 + 20 + 19 + 19 + 18}{5} = 19$$

**Altura con el tratamiento estiércol de cuy - urea (T1)**

$$\bar{x} = \frac{7.02 + 7.67 + 6.97 + 7.18 + 7.95}{5} = 7.358$$

**Primer vector de medias con el tratamiento estiércol de cuy - urea (T1)**

$$\bar{x}_1 = \begin{pmatrix} 19 \\ 7.358 \end{pmatrix}$$

**Número de hojas con el tratamiento estiércol de cuy – fosfato di-amónico (T2)**

$$\bar{x} = \frac{16 + 16 + 15 + 17 + 11}{5} = 15$$

**Altura con el tratamiento estiércol de cuy – fosfato di-amónico (T2)**

$$\bar{x} = \frac{6.32 + 6.48 + 6.08 + 6.45 + 6.93}{5} = 6.452$$

**Segundo vector de medias con el tratamiento estiércol de cuy – fosfato di-amónico (T2)**

$$\bar{x}_2 = \begin{pmatrix} 15 \\ 6.452 \end{pmatrix}$$

**Número de hojas con el tratamiento compost - urea (T3)**

$$\bar{x} = \frac{18 + 17 + 17 + 19 + 19}{5} = 18$$

**Altura con el tratamiento compost - urea (T3)**

$$\bar{x} = \frac{6.73 + 7.78 + 9.38 + 6.87 + 7.85}{5} = 7.722$$

**Tercer vector de medias con el tratamiento compost - urea (T3)**

$$\bar{x}_3 = \begin{pmatrix} 18 \\ 7.722 \end{pmatrix}$$

**Número de hojas con el tratamiento compost - fosfato di-amónico (T4)**

$$\bar{x} = \frac{23 + 21 + 21 + 22 + 19}{5} = 21.2$$

**Altura con el tratamiento compost - fosfato di-amónico (T4)**

$$\bar{x} = \frac{10.82 + 10.25 + 10.15 + 9.00 + 9.87}{5} = 10.018$$

**Cuarto vector de medias con el tratamiento compost - fosfato di-amónico (T4)**

$$\bar{x}_4 = \begin{pmatrix} 21.2 \\ 10.018 \end{pmatrix}$$

**Media general del Número de hojas**

$$\bar{x} = \frac{19 + \dots + 18 + 16 + \dots + 11 + 18 + \dots + 19 + 23 + \dots + 19}{20} = 18.3$$

**Media general de la Altura**

$$\bar{x} = \frac{7.02 + \dots + 7.95 + 6.32 + \dots + 6.93 + 6.73 + \dots + 7.85 + \dots + 10.82 + \dots + 9.87}{20}$$

$$\bar{x} = 7.8875$$

**Vector de medias general**

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} 18.3 \\ 7.8875 \end{pmatrix}$$

Expresamos las observaciones sobre la primera y segunda variable como la suma de una media general, efecto del tratamiento y residual como un ANOVA univariante.

**Variable Y<sub>1</sub>: Número de hojas**

$$\begin{pmatrix} 19 & 16 & 18 & 23 \\ 20 & 16 & 17 & 21 \\ 19 & 15 & 17 & 21 \\ 19 & 17 & 19 & 22 \\ 18 & 11 & 19 & 19 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18.3 & 18.3 & 18.3 & 18.3 \\ 18.3 & 18.3 & 18.3 & 18.3 \\ 18.3 & 18.3 & 18.3 & 18.3 \\ 18.3 & 18.3 & 18.3 & 18.3 \\ 18.3 & 18.3 & 18.3 & 18.3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0.7 & -3.3 & -0.3 & 2.9 \\ 0.7 & -3.3 & -0.3 & 2.9 \\ 0.7 & -3.3 & -0.3 & 2.9 \\ 0.7 & -3.3 & -0.3 & 2.9 \\ 0.7 & -3.3 & -0.3 & 2.9 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1.8 \\ 1 & 1 & -1 & -0.2 \\ 0 & 0 & -1 & -0.2 \\ 0 & 2 & 1 & 0.8 \\ -1 & -4 & 1 & -2.2 \end{pmatrix}$$

Observaciones	Media	Efecto del tratamiento	Residual
$(x_{ij})$	$(\bar{x})$	$(\bar{x}_i - \bar{x})$	$(x_{ij} - \bar{x}_i)$

$$SS_{obs} = 19^2 + \dots + 18^2 + 16^2 + \dots + 11^2 + 18^2 + \dots + 19^2 + 23^2 + \dots + 19^2 = 6834$$

$$SS_{media} = 18.3^2 + 18.3^2 + \dots + 18.3^2 = 20(18.3^2) = 6697.8$$

$$SS_{trat} = 5(0.7^2) + 5(-3.3)^2 + 5(-0.3)^2 + 5(2.9^2) = 99.4$$

$$SS_{res} = 0^2 + \dots + (-1)^2 + 1^2 + \dots + (-4)^2 + 0^2 + \dots + 1^2 + 1.8^2 + \dots + (-2.2)^2 = 36.8$$

Las sumas de cuadrados satisfacen la misma descomposición de las observaciones.

Por consiguiente

$$SS_{obs} = SS_{media} + SS_{trat} + SS_{res}$$

$$6834 = 6697.8 + 99.4 + 36.8$$

$$SS_{total\ corregido} = SS_{obs} - SS_{media} = 6834 - 6697.8 = 136.2$$



$$SS_{res} = (-0.338)^2 + \dots + (0.592)^2 + (-0.132)^2 + \dots + (0.478)^2 + (-0.992)^2 + \dots + (0.128)^2 + (0.802)^2 + \dots + (-0.148)^2$$

$$= 7.3807$$

Las sumas de cuadrados satisfacen la misma descomposición de las observaciones.

Por consiguiente

$$SS_{obs} = SS_{media} + SS_{trat} + SS_{res}$$

$$1286.1711 = 1244.2531 + 34.5373 + 7.3807$$

$$SS_{total\ corregido} = SS_{obs} - SS_{media} = 1286.1711 - 1244.2531 = 41.918$$

Estos dos análisis de un solo componente deben aumentarse con la suma de productos cruzados de entrada por entrada para completar las entradas en la tabla MANOVA.

Continuando columna por columna en las matrices para las dos variables. obtenemos las contribuciones de productos cruzados:

$$Media: 18.3(7.8875) + 18.3(7.8875) + \dots + 18.3(7.8875) = 20(18.3)(7.8875)$$

$$Media = 2886.825$$

$$Tratamiento: 5(0.7)(-0.5295) + 5(-3.3)(-1.4355) + 5(-0.3)(-0.1655) + 5(2.9)(2.1305) = 52.973$$

$$Residual: 0(-0.338) + \dots + (-1)(0.592) + 1(-0.132) + \dots + (-4)(0.478) + \dots + 1(0.128) + \dots + (-2.2)(-0.148) = -3.858$$

$$Total: 19(7.02) + 20(7.67) + \dots + 15(6.08) + \dots + 19(7.85) + \dots + 19(9.87) = 2935.94$$

$$Total\ (corregido)\ producto\ cruzado = Total\ producto\ cruzado - media\ producto\ cruzado$$

$$= \quad 2935.94 \quad - \quad 2886.825 \quad = \quad 49.115$$

Por lo tanto. la tabla MANOVA toma la siguiente forma:

Fuente de variación	Matriz de suma de cuadrados	Grados de libertad	Lambda de Wilks ( $\Lambda$ )	F	p
	Y productos cruzados				
Tratamiento	$F = \begin{bmatrix} 99.4 & 52.973 \\ 52.973 & 34.5373 \end{bmatrix}$	$4 - 1 = 3$	0.0778676	12,918	$3,59 \times 10^{-7}$
Residual	$W = \begin{bmatrix} 36.8 & -3.858 \\ -3.858 & 7.3807 \end{bmatrix}$	$5 + 5 + 5 + 5 - 4 = 16$			
Total (corregido)	$F + W = \begin{bmatrix} 136.2 & 49.115 \\ 49.115 & 41.918 \end{bmatrix}$	$5 + 5 + 5 + 5 - 1 = 19$			

Estadístico lambda de Wilks

$$\Lambda^* = \frac{|W|}{|B + W|} = \frac{\begin{vmatrix} 36.8 & -3.858 \\ -3.858 & 7.3807 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 136.2 & 49.115 \\ 49.115 & 41.918 \end{vmatrix}} = \frac{36.8(7.3807) - (-3.858)^2}{136.2(41.918) - 49.115^2} = \frac{256.7256}{3296.9484} = 0.0778676$$

Valor observado

$$F = \left( \frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right) \frac{(\sum n_i - t - 1)}{(t - 1)} = \left( \frac{1 - \sqrt{0.0778676}}{\sqrt{0.0778676}} \right) \frac{(20 - 4 - 1)}{(4 - 1)} = 12.918$$

Valor tabular

$$F_{(2(t-1), 2(\sum n_i - t - 1))} = F_{(6, 30)} = 2,4205$$

### Anexo 3

Correlación de Pearson entre las variables dependientes número de hojas y altura de la planta

---

		Altura de la planta (Y2)
Número de hojas (Y1)	Correlación de Pearson	,650**
	p	,002
	N	20

---

# Informe de Tesis Doctorado

*por* Luis Alfredo Pajuelo Gonzáles

---

**Fecha de entrega:** 13-oct-2021 12:01a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1672635343

**Nombre del archivo:** Trabajo\_Investigaci\_n\_Doctorado\_UNSLuis\_Pajuelo\_1.docx (407.02K)

**Total de palabras:** 13651

**Total de caracteres:** 76459

# Informe de Tesis Doctorado

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="#">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="#">aprenderly.com</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="#">archive.org</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="#">idoc.pub</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="#">repositorio.uchile.cl</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="#">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
7	<a href="#">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	2%
8	<a href="#">deyaniragutierrezdiaz.blogspot.com</a> Fuente de Internet	1%

---