

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA**



**COSTOS DE PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE  
SEMILLA DE QUINUA PARA EL MANEJO DE ESCENARIOS DE  
RIESGO E INCERTIDUMBRE EN EL ANEXO EXPERIMENTAL  
TAHUACO DEL INIA PUNO.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MARIA JUAQUINA ROQUE CRUZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ECONOMISTA**

**PROMOCIÓN 2016 - II**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ECONÓMICA**

**COSTOS DE PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE  
SEMILLA DE QUINUA PARA EL MANEJO DE ESCENARIOS DE  
RIESGO E INCERTIDUMBRE EN EL ANEXO EXPERIMENTAL  
TAHUACO DEL INIA PUNO.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

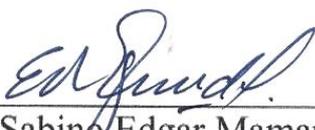
**Bach. MARÍA JUAQUINA ROQUE CRUZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

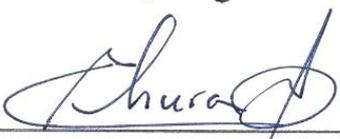
**INGENIERO ECONOMISTA**

**APROBADA POR EL JURADO DICTAMINADOR:**

**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
D.Sc. Sabino Edgar Mamani Choque

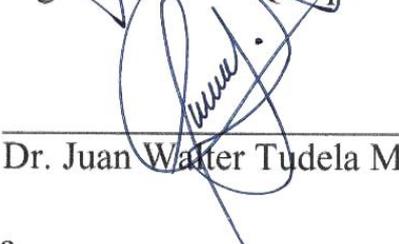
**PRIMER MIEMBRO:**

  
\_\_\_\_\_  
M. Sc. Efraín Franco Chura Zea

**SEGUNDO MIEMBRO:**

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Julio Cesar Quispe Mamani

**DIRECTOR / ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Walter Tudela Mamani

Área : Economía de la Empresa

Tema : Costos de producción y rentabilidad

Fecha de sustentación: 16/12/2019



## DEDICATORIAS

Con mucho cariño dedico esta tesis a mis padres Paulino y Estefa por su confianza, comprensión dándome las fuerzas para cumplir mis objetivos.

A Roxana, Maritza, Patricia, Marisol, Alex y Ricardo, mis hermanos por motivarme a cumplir con cada objetivo trazado y estar siempre pendientes de mí.

A Miguel Ángel por confiar en mí y gracias por apoyarme siempre.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos que con paciencia y comprensión me impulsan a cumplir mis objetivos.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, por los conocimientos brindados y haber contribuido en mi formación profesional.

Dr. Edgar Sabino Mamani Choque gracias por apoyarme en la dirección y realización de esta tesis por brindarme conocimientos acertados para detallar cada objetivo de esta investigación.

Al M. Sc. Efraín Franco Chura Zea por aportar con la realización de esta tesis a través de sus correcciones y observaciones.

Al Mg. Julio Cesar Quispe Mamani que apporto a través de sus observaciones en esta investigación.

Dr. Walter Tudela Mamani gracias por su asesoría en esta tesis, por sus conocimientos transmitidos para poder desarrollar cada objetivo, y por alentarme a continuar con mi formación profesional.

Quiero agradecer a todos mis amigos y amigas que siempre están apoyándome, que fortuna haberlos conocido.

## ÍNDICE

### ÍNDICE DE FIGURAS

### ÍNDICE DE TABLAS

### ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	16
1.1. Planteamiento del problema .....	17
1.2. Justificación de la investigación .....	19
1.3. Objetivos de la investigación .....	21
a) Objetivo general .....	21
b) Objetivo específico .....	21
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA .....	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.2. Marco Teórico .....	29
2.3. Marco Conceptual .....	53
2.4. Hipótesis de la investigación.....	58
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....	60
3.1. Métodos Utilizados en la Investigación .....	60
3.2. Metodología Utilizada para los Objetivos.....	61
3.3. Técnicas e Instrumentos.....	69
3.4. Población y Muestra .....	70
3.5. Procesamiento de Datos .....	70
3.6. Caracterización del área de Investigación.....	71
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	72
4.1. Determinación de los Costos de Producción de Semilla de Quinua del Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno Campaña Agrícola 2018-2019.....	72
4.2. Beneficio Neto de Semilla de Quinua Considerando un Entorno de Riesgo e Incertidumbre en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno. ....	76

4.3. Efecto del cambio de tecnología en los niveles de rendimiento de producción de semilla de quinua en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno. ....	81
V. CONCLUSIONES .....	96
VI. RECOMENDACIONES .....	98
VII. REFERENCIAS.....	99
ANEXOS.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Costo fijo, Costo variable y Costo total .....	34
Figura 2. Función de producción en el corto plazo.....	43
Figura 3. Mapa de isocuantas .....	44
Figura 4. Función de producción Cobb-Douglas.....	50
Figura 5. Líneas de acotamiento, líneas de racionalidad económica y senda de expansión.....	53
Figura 6. Rotación de cultivos en el altiplano Puno .....	55
Figura 7. Distribución normal .....	64
Figura 8. Distribución triangular .....	65
Figura 9. Ubicación la Estacion Experimental Agraria Illpa Puno.....	71
Figura 10. Distribución de probabilidad para el rendimiento de quinua por hectárea....	77
Figura 11. Ajuste de distribución normal para los niveles de rendimiento .....	79
Figura 12. Distribución de probabilidad para el precio de quinua por kilo .....	78
Figura 13. Distribución de probabilidad de beneficio neto obtenido por una hectárea de semilla de quinua .....	79
Figura 14. Función de producción Cobb Doglas según el modelo estimado. ....	85
Figura 15. Grafico de comparación del medias de rendimiento según el nivel de tecnología .....	94
Figura 16. Comparación de medias según nivel tecnológico .....	95

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Principales indicadores para el análisis de rentabilidad .....	61
Tabla 2. Parámetros de la distribución normal .....	64
Tabla 3. Parámetros de la distribución triangular .....	65
Tabla 4. ANOVA de un factor.....	69
Tabla 5. Costos de producción de semilla de quinua campaña agrícola 2018-2019 .....	72
Tabla 7. Resumen de análisis de rentabilidad .....	73
Tabla 7. Análisis de sensibilidad del Beneficio Neto (S/.).....	75
Tabla 8. Parámetros de las distribuciones de probabilidad de las variables.....	76
Tabla 9. Variables a considera en la producción de quinua .....	81
Tabla 10. Estimación econométrica de la función de producción Cobb-Douglas.....	82
Tabla 11. Estimación econométrica de la función de producción Cobb-Douglas reducido .....	83
Tabla 12. Estimación del modelo de regresión con variable dicotómica.....	93
Tabla 13. Análisis de varianza para determinar diferencia significativa .....	93

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

<b>INIA</b>	Instituto Nacional de Innovación Agraria
<b>MINAGRI</b>	Ministerio de Agricultura y Riego
<b>EEA</b>	Estación Experimental Agraria
<b>DRA</b>	Dirección Regional Agraria
<b>SIEA</b>	Sistema de Estadísticas Agrarias
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>INEI</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza
<b>SNIA</b>	Sistema Nacional de Innovación Agraria

## RESUMEN

La producción de semilla de quinua tiene altos niveles de rentabilidad sin embargo no se realiza un análisis a profundidad que se corrobore con la teoría económica y otras que son fundamentales, en la investigación se analiza el costo de producción y la rentabilidad de la producción de semilla de quinua del Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno, ya que a nivel regional es la única entidad que produce semilla certificada, la variedad principal de quinua que maneja la EEA Illpa INIA se denomina Salcedo INIA. Los resultados durante la campaña 2018-2019 indican que el costo total es de S/. 5,434.24 por ha., en el que resalta los costos directos (79.06%), siendo la actividad más importante las labores culturales que representa el 28.55%; en cambio los costos indirectos representan el 20.94%. Considerando un rendimiento de 2,100 kg/ha., el costo unitario fue de S/. 2.59; mientras que el ingreso total asciende a S/. 13,889.3, lo que significa un ingreso neto de S/6.61 por kg de semilla de quinua, con una rentabilidad de 255.59% considerada alta comparado con cualquier otro cultivo; bajo estas condiciones, el punto de equilibrio es de apenas 354.74 kg., es decir, los rendimientos mayores se traducen en beneficio neto positivo. Posteriormente, el análisis de sensibilidad muestra lo que ocurriría con el beneficio neto ante variaciones del precio de venta y el rendimiento que constituyen las variables de mayor impacto; un resultado importante es que aun cuando el rendimiento y el precio de venta disminuyen en 40%, el beneficio neto se mantiene positivo. Para determinar el nivel de riesgo económico de esta actividad económica se utilizó la simulación de Monte Carlo, mediante el software denominado Risk Simulator en el que se efectuaron 1000 iteraciones tomando en cuenta la distribución triangular para la variable precio, y la distribución normal para el rendimiento. El resultado de la simulación indica que la probabilidad de que el beneficio neto sea negativo [ $P(BN < 0)$ ] es igual a 0.6%, siendo este un nivel de riesgo bastante bajo, por último, se realizó el

análisis para medir el efecto del cambio de tecnología, en los niveles de rendimiento, estimando la función de Cobb Douglas se corrobora la teoría económica de la producción resultando como modelo:  $Rendimiento = e^{4.11588} * horma^{0.44532} * njor^{0.4825}$ , con un óptimo técnico de 2501.57 kilos por hectárea y un óptimo económico de 1713.025 kilos por hectárea, posteriormente se realizó el análisis de rendimiento dividido en dos grupos el primero intensivo en mano de obra y el otro intensivo en maquinaria mediante una análisis de varianza, que determinó que si existe diferencia significativa en cuanto a los rendimientos de semilla de quinua por lo tanto su rendimiento promedio es mayor cuando la producción es intensiva en maquinaria.

**Palabras Clave:** rentabilidad, riesgo, simulación.

## ABSTRACT

This research analyzes the production cost and profitability of quinoa seed production of the Tahuaco Experimental Annex of the Illpa-Puno EEA, since at the regional level it is the only entity that produces certified seed. It includes a risk analysis associated with the possible variations in the sale price and mainly with the variations in rainfall that affect the crop yield. In this sense, the research is descriptive and explanatory. In addition, the main variety of quinoa that INIA manages is called Salcedo INIA. The result indicates that the total cost is S/. 5,434.24 per ha., in which the direct costs stand out (79.06%), the most important item being the crop that represents 28.55%; On the other hand, indirect costs represent 20.94%. Considering a yield of 2,100 kg / ha., The unit cost was S / . 2.59; while the total income amounts to S / . 13,889.3, which means a net income of S / 6.61 per kg of quinoa seed. The result of the 2018-2019 agricultural campaign indicates a profitability of 255.59% considered high compared to any other crop crop; Under these conditions, the breakeven point is just 354.74 kg., that is, the higher yields translate into positive net profit. Subsequently, the sensitivity analysis shows what would happen with the net profit in the face of variations in the sale price and the yield that constitute the variables with the greatest impact; An important result is that even when the yield and the sale price decrease by 40%, the net profit remains positive. To determine the level of economic risk of this economic activity, Monte Carlo simulation was used using the software called Risk Simulator in which 1000 iterations were made taking into account the triangular distribution for the price variable, and the normal distribution for performance. The result of the simulation indicates that the probability that the net benefit is negative [P (BN <0)] is equal to 6%, this being a fairly low level of risk, finally, the analysis was performed to measure the effect of the change of technology in the levels of performance estimating the Cobb Douglas function, the economic theory of production

is corroborated, resulting as a model:  $Rendimiento = e^{4.11588} * hormaq^{0.44532} * njor^{0.4825}$ , with a technical optimum of 2501.56486 kilos per hectare and an economic optimum of 1713.025 kilos per hectare, the performance analysis was then divided into two groups, the first labor-intensive and the other machinery-intensive through An analysis of variance was determined that if there is a significant difference in terms of quinoa seed yields of the two groups at a level of significance of 5%.

**Keywords:** profitability, risk, simulation.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En el Mundo los principales productores de quinua son Bolivia y Perú, concentran el 90% de su producción, en el Perú la superficie sembrada en el 2017 fue de 63,329 ha (MINAGRI, 2018), de esta superficie sembrada el 52% le corresponde a la Región Puno con 35,309 ha. La producción nacional de quinua en el 2017 fue de 78,700 t, a nivel de la región Puno en la campaña agrícola 2017-2018 se tuvo una producción de 38,858 t (SIEA, 2019), con un rendimiento promedio de promedio de 1,082 kg/ha que está muy por debajo de Arequipa (3,446 Kg/ha).

En los últimos años la creciente demanda nacional e internacional ha incrementado la producción de quinua. Tradicionalmente cultivada en el Altiplano y Valles Interandinos por su extraordinaria versatilidad para adaptarse a diferentes pisos agroecológicos prospera en climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -8°C hasta 38°C (Zanabria & Mamani, 2017). La quinua es una planta eficiente en uso de agua, tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm. Por estas características en 1996 la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades nutricionales y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana (MINAGRI, 2018).

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) a través de su Estación Experimental Agraria Illpa-Puno, ha liberado la mayoría de las variedades comerciales

que se cultivan a nivel nacional fruto de años de estudio y desarrollo de su Programa de Investigación en Granos Andinos, es sin duda la variedad Salcedo INIA la de mayor difusión y preferida para exportación, el rendimiento promedio de semilla de quinua certificada según las declaraciones de cosecha de la campaña agrícola 2017-2018 de la variedad Salcedo INIA fue de 1,918Kg/ha. Existe diferencia entre la producción de quinua para grano de consumo (mezcla) y la producción para semilla de quinua (pureza varietal) debido a que la semilla tiene que cumplir con los estándares para la certificación es por ello que su precio es elevado llegando a costar S/.10 el Kg (categoría certificada); con este nivel de precio la producción de quinua supera el 100% de rentabilidad.

El objetivo fundamental del presente estudio es, analizar la rentabilidad de la producción de semilla de quinua del Anexo Experimental Tahuaco (principal Centro Experimental del INIA-Puno productor de semilla) en diferentes escenarios a su vez para medir el impacto que causa el incremento de la tecnología en el proceso productivo. El desarrollo del presente trabajo empezó con el Planteamiento del Problema, en la que se especifica el por qué y los orígenes del problema en base a los antecedentes existentes sobre el tema para luego formular los objetivos. Seguidamente se trata el Marco Teórico, Marco Conceptual donde se desarrollan definiciones relacionadas al tema para luego formular las Hipótesis respectivas; para luego pasar a los Métodos y Técnicas que permitieron lograr objetivos trazados.

### **1.1. Planteamiento del problema**

La quinua es reconocida y aceptada en el mundo como un recurso natural alimentario de alto valor nutritivo de origen andino, constituyéndose como un alimento de calidad para la salud y la seguridad alimentaria.

La producción de quinua se ha incrementado seis veces en los últimos cincuenta años. Este incremento se debe en parte al aumento del uso de factores de producción como son tierra, mano de obra y maquinaria (declaraciones de cosecha e informes presentados a agroeconomía). Sin embargo, este incremento también es consecuencia del cambio tecnológico, el cual mejora la productividad y aumenta el nivel de vida del productor. El Cambio tecnológico permite incrementar la productividad (producción de quinua por unidad de área de terreno usado) que la ha llevado de 526 Kg/ha en 1978 a 1,274 Kg/ha en el 2017 y hasta 2,100 kg/ha en la campaña agrícola 2018-2019 dependiendo básicamente del factor climático.

Si bien es cierto la producción y productividad de semillas de quinua en la EEA Illpa-Puno ha tenido un incremento, los costos de producción no son analizados de forma que puedan explicar el impacto de la tecnología implementada ni que factores son los que influyen en la producción para hacer los análisis de rentabilidad. Esto debido a que no se está dando importancia al aspecto de atención en la asignación de recursos económicos y financieros en las diferentes etapas del proceso productivo de los cultivos. El Sistema Administrativo de la EEA está diseñado para ejecutar fondos que provienen de recursos ordinarios, recursos directamente recaudados o de fondos de cooperación técnica internacional, pero es poco eficiente para administrar sistemas de producción que requieren ser rentables por si mismos (Sostenibles). La estructura administrativa (económica y financiera) ha sido y es un factor limitante de operación, que se debe modificar para manejar la producción de semilla con carácter empresarial.

A la culminación del presente trabajo de Investigación, se tratará de responder a las siguientes interrogantes:

**a) Problema general**

¿En qué medida el beneficio neto de producción de semilla de quinua del Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno; se maneja en escenarios de riesgo e incertidumbre?

**b) Problemas específicos**

¿Cómo influyen los costos de producción en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno en la rentabilidad obtenida por la producción de semilla de quinua?

¿Cuáles son niveles del beneficio neto de semilla de quinua considerando un entorno de riesgo e incertidumbre en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno?

¿Cómo medir el efecto del cambio de tecnología en los niveles de rendimiento de la producción de semilla de quinua en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno?

**1.2. Justificación de la investigación**

La quinua es un grano de alto valor nutritivo con muchos beneficios para la alimentación y la salud, el único alimento comparable con la leche materna que lo convierte en el alimento cultivable más completo y balanceado para la alimentación humana y seguridad alimentaria de las actuales y futuras generaciones. Actualmente el valor bruto de la producción del cultivo de quinua se ha incrementado del año 2017 al 2018 en 25 %, (valor bruto de la producción Agropecuaria SIEA).

En los cultivos se busca medir la rentabilidad para el mejoramiento de la productividad y competitividad con la finalidad de generar nuevas oportunidades y fortalecer las ventajas que poseen los cultivos agroindustriales. Producir estos cultivos en

el Perú debe ser una actividad rentable para los productores, y a su vez debe permitir abastecer los crecientes requerimientos de la industria nacional tanto en cantidad como principalmente en calidad.

Actualmente la EEA Illpa-Puno cuenta con anexos experimentales, los cuales están dedicados a la producción de semilla de calidad de diferentes cultivos tanto para consumo directo y procesamiento con mayor rendimiento y resistencia a factores bióticos y abióticos, bajo normas técnicas científicamente comprobadas a partir de la inclusión de variedades altamente comerciales y el mejoramiento de variedades nativas comercialmente potenciales, promoviendo el uso de semilla mejorada a partir de la incursión de un mercado formal de semilla.

Toda actividad económica como es la agricultura (donde se cultiva y comercializa un determinado producto) en este caso la semilla de quinua depende en gran parte del manejo de los costos en el cultivo y la comercialización; ya que un buen control ofrecerá información actualizada permitiendo tomar decisiones más acertadas sobre qué cantidad debe producirse, que cantidad de recursos utilizar para que el manejo de semilleros sea el correcto, cuanto debe ser el margen de rentabilidad máximo y mínimo, si las nuevas tecnologías implementadas se manejan de forma adecuada para poder encausar la mejor administración de los centros de producción de semillas, en sus diferentes etapas del proceso productivo, asignando y utilizando los recursos en forma eficiente y eficaz.

### 1.3. Objetivos de la investigación

#### a) Objetivo general

Analizar el beneficio neto de la producción de semilla de quinua del Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno para el manejo de escenarios de riesgo e incertidumbre.

#### b) Objetivo específico

- Determinar los costos de producción de semilla de quinua del Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno.
- Evaluar los niveles de beneficio neto de semilla de quinua considerando un entorno de riesgo e incertidumbre en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno.
- Determinar el efecto del cambio de tecnología en los niveles de rendimiento de producción de semilla de quinua en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

La presente investigación se basa en la teoría empleada por los diferentes autores que enfatizan la simulación Monte Carlo midiendo la rentabilidad y margen bruto de ganancia en diferentes escenarios a su vez investigaciones relacionadas a los objetivos específicos.

##### **A nivel internacional**

Según Duchitanga (2017), el rendimiento de quinua aumenta conforme aumenta la cantidad de abono orgánico; y que la rentabilidad de la producción de quinua es superior a la rentabilidad de la producción de leche, el sistema de riego que aplico aumento de manera significativa el rendimiento con una diferencia de 0.83T/ha, de acuerdo a la época de siembra, altura sobre el nivel del mar, ubicación geográfica, sobre todo dosis de abono y riego aplicado de forma controlada, obtuvo un rendimiento de 4.64t/ha; pero sus costos de producción fueron más altos comparado con otros ensayos, así mismo concluyo que el riego es un factor determinante para el mejor rendimiento de la quinua en la comunidad Santa Rosa – Tarqui del sur de Ecuador.

De acuerdo a Tapia (2016), Evaluó la rentabilidad de la producción de quinua comparado con la producción lechera, para ello obtuvo los costos de ingresos y egresos a su vez también realizó un diseño experimental para determinar qué factores influyen por cada producto, hallando como resultados que el rendimiento de la quinua aumenta conforme aumenta la cantidad de abono orgánico, y que la rentabilidad de la producción

de quinua en la comunidad Santa Rosa, como un producto que mejora los ingresos económicos de los agricultores.

Según, Benger, Pena De Ladaga, & Monti, (2015), determinaron el efecto de la diversificación del riesgo en cuatro cultivos cuyo análisis económico fue empleando la simulación Monte Carlo, para obtener una distribución probabilística del margen neto aleatorizando el precio, gastos directos, rendimiento, para cada cultivo; consideraron que es mejor no tomar cobertura en trigo, maíz y soja ya que tienen alto riesgo por separado siendo diferente si se considera en portafolio, llegando a la conclusión que se tuvo interacción entre la diversificación y las estrategias de cobertura de precios por la cual la mejor alternativa para un cultivo individual no siempre es la mejor estrategia para todos los cultivos de la empresa, lo cual dejó abierta la posibilidad de que el empresario adopte distintas estrategias comerciales en distintos cultivos.

Según Delgado (2013), investigo sobre características físicas y químicas de la quinua que permitan garantizar su autoconsumo entre la población productora, llegando a la conclusión que la quinoa tiene alto valor nutricional y el potencial para subsanar problemas de seguridad alimentaria, a pesar de que la quinoa haya ganado tanto reconocimiento a nivel internacional, no es suficiente, ya que es necesario a través del tiempo reintroducir de forma masiva el cultivo ya que no requiere tecnología costosa o de difícil acceso.

### **A nivel nacional**

Según Zegarra (2018), determino las diferentes rentabilidades del cultivo de quinua en función de la época de siembra en el ámbito de la irrigación majes, utilizando el método de componentes principales que le permitió generar combinaciones lineales de

la variables originales de modo que las nuevas variables contengan gran parte de la información original, determinó que la rentabilidad más alta es cuando la siembra es en marzo y la rentabilidad mínima se obtiene cuando la siembra es en julio, entre los factores que favorecen un buen rendimiento se consideran el nivel tecnológico, manejo del cultivo y abonos.

Según Herrera, (2016), estableció los costos de producción en la crianza de cuyes e identifico las implicancias en la comercialización, clasificando y elaborando cuadros de costos obtuvo como resultado que los costos de producción son establecidos empíricamente ya que solo se consideran la alimentación y sanidad obviando elementos importantes como es la mano de obra y los gastos generales, con los datos se llega a un resultado favorable del valor del precio que es de S/. 20 para el camal y S/. 30 para venta de reproductores.

Según Minaya, (2014), que realizo una comparación, en un entorno probabilístico, de la rentabilidad que se puede obtener de la producción de papa blanca en las regiones de Huánuco y Lima, obteniendo las siguientes regresiones lineales:

Región Huánuco:

$$Lm(Mb) = 0.7Lm(P) + 0.29Lm(Q) - 0.13Lm(Cs) - 0.045Lm(Cp) - 0.5Lm(Mo) \\ - 0.046Lm(maq) - 0.175Lm(Ci)$$

Región Lima:

$$Lm(RLT) = 0.79Lm(P) + 0.553Lm(Q) - 0.124Lm(Cs) - 0.073Lm(Cp) \\ - 0.102Lm(Mo) - 0.047Lm(maq) - 0.066Lm(Ci)$$

Según los modelos hallados el margen bruto por hectárea fueron superiores en Lima, y al contrastar los niveles de rentabilidad que se presentaron en Huánuco fueron mayormente negativos, con ello indico que los ingresos que perciben los agricultores no cubren sus costos de producción debido a que los rendimientos en la Región Huánuco fueron muy bajos; en su análisis de sensibilidad mostro que el precio y el rendimiento por hectárea son las variables de mayor riesgo en ambas regiones con niveles de impacto de 76% y 79% para Huánuco y Lima en precio y en rendimiento representa un 29% de riesgo en Huánuco, y un 55.2% de riesgo para la actividad productiva en Lima, concluyo que la región Lima es más competitiva en cuanto a los niveles de rentabilidad en la producción de papa blanca comercial asociado a menores niveles de riesgos en esta actividad, bajo el análisis probabilístico y de simulación los retornos medios en la Región Lima son significativamente superiores que los de Huánuco y que la probabilidad de ocurrencia en los distinto escenarios son de obtener perdidas económicas en Huánuco y de obtener ganancias en Lima.

Según Grande (2015), evaluó los niveles de rentabilidad en un entorno de riesgo de la marca de prendas “Pepperina” para el mercado independiente en Lima, realizando una estructura de costos y un análisis con la simulación Montecarlo, llega a las siguientes conclusiones: sus márgenes de utilidad son positivos, sus valores de rentabilidad esperada son competitivos, las variables de precios y costos son las más influyentes en el margen de utilidad de la marca y también para cada una de sus líneas de prendas, la línea con menor probabilidad de éxito es la de “outerwear”, con un 77% de probabilidad de obtener rentabilidad y un 18% de probabilidad de no obtenerla, lo que la hace la línea con menor riesgo.

Según Cuzcano (2014), al determinar la rentabilidad del servicio de emisión de permisos internacionales, en el cual se proyectó ventas mediante el método de promedios móviles y pronóstico de series de tiempo. Así mismo, identifico los costos fijos y variables del servicio a fin de estimar la utilidad actual y futura de la venta de permisos internacionales, obtuvo que el servicio de permisos internacionales es rentable, siendo sensible al cambio en el precio.

De acuerdo a Morales (2013), evaluó la implementación del control de riesgo operativo utilizando la simulación Montecarlo y redes bayesianas, realizando un análisis de las pérdidas ocasionadas por eventos de riesgo dentro de la institución. Obtuvo como resultado en un primer caso que, la entidad fue beneficiada con una reducción de costos de sus estados financieros, mientras que en un segundo caso aplicando la simulación Montecarlo y redes bayesianas le permitió estimar las pérdidas financieras de manera consistente y ajustadas a la realidad de la institución, con lo cual mostro que con buenas prácticas de capacitación en temas de riesgo a nivel de toda la organización resulto ser una fuente mitigante del mismo.

Según Pariente (2001), determinó que los costos de producción de papa en las diferentes variedades y campañas agrícolas investigadas mediante el seguimiento, es más ventajosa, debido a que permite conocer de cerca la realidad y obtener datos reales de una manera eficiente puesto que encontró datos exactos sobre el rendimiento y beneficio de cada una de las campañas y variedades. El seguimiento realizado sobre los costos de producción agrícola fue fundamental, porque los datos facilitan al Administrador el normal desenvolvimiento y planeamiento del Anexo Experimental Tahuaco, además puede medirse el éxito o fracaso del plan de explotación y arrojar un óptimo de recursos sobre las razones por las que se consiguieron los rendimientos máximos.

Según Gallegos (1996), evaluó las estructuras de costos de producción por saco de harina de 50 kg. cuyo resultado vario según el sistema de producción y el tipo de pan elaborado. Para ello se contrasta con un modelo econométrico empírico para lo cual utilizo datos de empresas de la ciudad de Puno en el periodo 1993/1995. Determino que los costos de producción en el sistema industrial, son mayores en relación al sistema tecnológico artesanal, semi mecanizado y mecanizado, dado que en este sistema de producción se utilizan mayor cantidad de materia prima, su rentabilidad fue mayor por la misma razón de producción de mayor número de unidades de pan.

### A nivel regional

De acuerdo a Cruz Lauracio, (2019), quien analizo funciones de producción para optimizar la productividad de quinua orgánica en la Región Puno, determinando que la mejor función de producción que optimiza la productividad de la quinua orgánica es la de Cobb-Douglas:

$$lQ = e^{5.21874} + 0.244053LkT + 0.323527LMO + 0.532229LT$$

$$ee = \quad (0.0438) \quad (0.09413) \quad (0.107427)$$

$$t = \quad (5.57198) \quad (3.4371) \quad (4.9543)$$

$$F = 1276$$

$$R^2 = 0.94$$

Llegando a la conclusión que la función de producción de quinua orgánica en la Región Puno, presenta un valor de sustitución entre factores del 1.0001, siendo positiva esto implica que los factores de producción de capital (KT) y mano de obra (MO) son insumos sustitutorios, lo cual indico que se pueden sustituir un insumo por el otro y

mantener el mismo nivel de producción. Por otro lado, obtuvo un óptimo económico de 1,439 kilos por hectárea, con ello el productor maximiza sus beneficios, con los factores productivos: maquinaria agrícola (factor capital = KT) con la cantidad de 19.3 horas/maquina/ha, y factor mano de obra (MO) en la cantidad 42.9 jornales por hectárea, manteniendo constante los demás factores, con todo ello, el beneficio obtenido por los productores de quinua orgánica fue de S/. 4,492.00 (los ingresos fueron de S/. 7,051.00 y el costo total de S/. 2,559.00), todo ello sujeto a la restricción de los isocostos.

Según Torres (2018), al analizar los factores determinantes de la producción de quinua y papa, realizó estimaciones de la función de producción de Cobb-Douglas para cada uno de los productos los cuales fueron:

Para quinua:

$$\ln Y_q = 1.96 + 0.48 \ln X_1 + 0.59 \ln X_2 + 0.20 \ln X_3 + 0.11 \ln X_4 + 0.99 \ln X_5$$

Para papa:

$$\ln Y_p = -6.77 + 0.20 \ln X_1 + 0.24 \ln X_2 + 0.15 \ln X_3 + 1.49 \ln X_4 + 0.19 \ln X_5$$

Según su investigación los factores que influyen en la producción tanto en quinua como en papa fueron mano de obra, maquinaria, semilla, agua y fertilizantes; por lo tanto indico que el factor que más influyó en el proceso productivo de la quinua fue maquinaria, en relación a la papa, el factor de producción que más influye es el agua, al realizar la estimación de la función neoclásica para la quinua los valores críticos que maximizan su producción fueron 20 trabajadores empleados y 8.57 horas maquina por hectárea, sin embargo para el cultivo de papa fue de 2,328.28 m<sup>3</sup> con 10.05 horas maquina por hectárea.

Según Palacio (2017), para justificar técnica y económicamente la implementación de la planta, aplico la evaluación técnico financiera y uso el análisis de sensibilidad cuyos resultados fueron que las variables más críticas son el precio y el costo del alimento con una TIR de 21% y un VAN de S/.6,728,598, siendo positivo en ambos casos con una probabilidad de 96.87% a un nivel de confianza de 95%, lo cual determino que apoya la inversión en este rubro, también determino que la actividad no genera riesgo de alto impacto y toma medidas preventivas para cada factor de análisis.

Según Rojas (2013), al determinar la producción y rentabilidad de la empresa de tortas de quinua “Flor de Liz” periodo enero 2010 – junio 2013, obtuvo como resultado que los factores que determinaron la función de producción son el factor de horas hombre, horas máquina y la materia prima que representa la disponibilidad de insumos para la producción. Los factores que determinaron la función de rentabilidad son el factor costo de los insumos, precio de venta y la cantidad de producción, para ello se representa el modelo basado en la teoría de Coob Douglas. Los resultados mostraron que el parámetro asociado ante un aumento del 1% del precio de comercialización en la empresa incremento la rentabilidad en un 1.74% por lo tanto la empresa incremento sus ingresos. El modelo de la función de rentabilidad de la empresa “Flor de Liz” presento estabilidad estructural de CUSUM moderado lo cual implico quiebres en las series debido a los cambios en los niveles de producción y en el stock de capital.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Importancia de la semilla en el desarrollo agrícola**

La agricultura es uno de los principales factores que condiciona la calidad de vida, ya que es determinante en el desarrollo de la comunidad y especialmente de las poblaciones rurales. Por lo que es necesario incluir de manera explícita el componente alimentario nutricional en las políticas y proyectos agrícolas y de desarrollo rural. Para

ello, la orientación y la productividad de la agricultura de un país, debe estar estrechamente ligada a la disponibilidad y uso de semillas de buena calidad. Ningún país, región o sociedad puede hoy en día, desarrollar una agricultura altamente productiva con orientación al mercado, sin un sistema efectivo de abastecimiento de semillas. Así mismo, entre los diversos insumos incluidos en el proceso de transferencia de tecnología, la semilla representa el nexo fundamental que se establece entre los agricultores y las bondades generadas por la investigación.

### **2.2.2. Semillas de diferentes especies y cultivares comercializados**

La Estación Experimental Illpa Puno produce y comercializa semilla de alrededor de 46 variedades de nueve cultivos agrupados en cuatro especies (papa, quinua, pasos y forrajes, habas). En quinua se produce y se comercializa, semilla de grano blanco y de color, una de las variedades con mayor difusión y aceptación por el mercado es la Salcedo INIA, de grano grande de 1.8 a 2mm de diámetro, panoja glomerulada, con un periodo vegetativo de 160 días (precoz), rendimiento de 2500 kg/ha tolerante a heladas (-2°C), resistente al mildiu<sup>1</sup>, es un cultivo adecuado para la zona circunlacustre (Leon, 2003). La comercialización y distribución de semilla producida por la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno, de las categorías Certificada o Registrada de diferentes especies, es distribuido a través del canal directo, cuya secuencia de ventas es la siguiente:

E.E.A. Illpa → Proyectos del Sector Estatal → Microcuencas → Agricultor

E.E.A. Illpa → Organismos no gubernamentales → Agricultores

E.E.A. Illpa → Proyectos internacionales → Comunidades → Agricultores

---

<sup>1</sup> Hace referencia a un hongo fitopatógeno causante de enfermedades en las plantas, en nuestro caso la quinua.

E.E.A. Illpa → Municipalidades → Comunidades → Agricultor

E.E.A. Illpa → Agricultores individuales

El 77 % de la producción de semilla, es vendida a los diferentes proyectos del sector estatal, ONGs y algunos proyectos internacionales, que a su vez la distribuyen a los agricultores, bajo diferentes modalidades, como Fondos Rotatorios, donaciones (como ayuda o apoyo por desastres naturales entre otros).

### **2.2.3. El concepto de gestión**

La gestión de empresas agropecuarias es el proceso de toma de decisiones por el cual se determina recursos y se distribuyen en cierto número de alternativas con el propósito de organizar, dirigir y controlar el negocio, de tal forma que se logren los objetivos que se han propuesto. Se plantea que la gestión de la empresa agrícola es el proceso en donde el se manipulan recursos y situaciones con información, de modo de alcance sus metas propuestas (Pérez & Lilia, 2017).

### **2.2.4. Identificación de metas y objetivos**

Los objetivos ayudan a establecer el rumbo que debe tomar la empresa y los esfuerzos tanto humanos, materiales y financieros, que se deben emplear para alcanzarlos. Estos objetivos son considerados al momento de tomar cada decisión, así poder contrastar si las consecuencias de un curso de acción conducen mejor al logro de los objetivos. Entre los objetivos más comunes se encuentran: maximización del ingreso, crecimiento de la empresa, supervivencia de la empresa, minimización del riesgo, mantenimiento de un ingreso estable a lo largo del tiempo, entre otros (Pérez & Lilia, 2017).

### **2.2.5. La gestión a nivel de la empresa**

La empresa, debe permanentemente armonizar las cuatro áreas principales de acción de la gestión: producción, comercialización, recursos humanos y finanzas, en

función de los objetivos establecidos. En cada una de estas áreas debe planificar, coordinar, controlar y evaluar el desempeño (Pérez & Lilia, 2017).

#### **2.2.6. La gestión y el entorno inmediato**

La empresa agropecuaria no es un ente aislado, interactúa con su entorno inmediato, Este entorno inmediato está conformado por los mercados de factores productivos, de insumos, de productos y la disponibilidad de ciencia y tecnología. Cada uno de estos mercados está en permanente cambio. El entorno inmediato normalmente corresponde a lo que se denomina el sector industrial, en él confluyen proveedores (empresas de fertilizantes, pesticidas, maquinaria agrícola, etc.), competidores, mercados compradores (mercado local, nacional, otros países), intermediarios entre los productores y los consumidores finales, centros que generan innovaciones en el sector (universidades, centros de investigación, investigadores que desarrollan nuevas variedades, etc.) y el sector financiero que aporta capital, entre otros (Cerdeña, Alejandro, & Manuel, 2014).

Los problemas económicos que toda sociedad debe resolver son:

¿Qué producir?

¿Cuánto producir?

¿Cómo producir?

¿Para quién producir?

Para ello, cada sociedad debe instaurar sistemas económicos que den respuestas a estos problemas. Un sistema económico se define como el conjunto de relaciones básicas, técnicas e institucionales que caracterizan la organización económica de una sociedad y condicionan el sentido general de sus decisiones fundamentales y los cauces predominantes de su actividad.

### **2.2.7. El sistema económico de mercado**

El sistema económico de mercado o economía de mercado es aquel en que las decisiones respecto de los problemas económicos fundamentales son tomadas principalmente por los agentes privados, a través del sistema de precios, es decir, en los mercados. Un mercado es toda institución social en la que los bienes y servicios, así como los factores productivos, se intercambian libremente. Los factores productivos son los recursos y servicios empleados por las empresas en sus procesos de producción. Ellos se combinan de tal forma que permitan obtener los productos que consisten en la amplia variedad de bienes y servicios, cuyo objetivo es satisfacer necesidades (Moré Olivares, 2014).

Los factores productivos que se utilizan para la producción de bienes y servicios se clasifican en categorías como: Tierra, Trabajo, Capital, entre otros.

### **2.2.8. Análisis de la producción y costos**

Las empresas incurren en costos cuando compran factores para producir los bienes y los servicios que planean vender, es el coste que tiene una empresa para la utilización de recursos económicos en la producción (Pindyck & Rubinfeld, 2009).

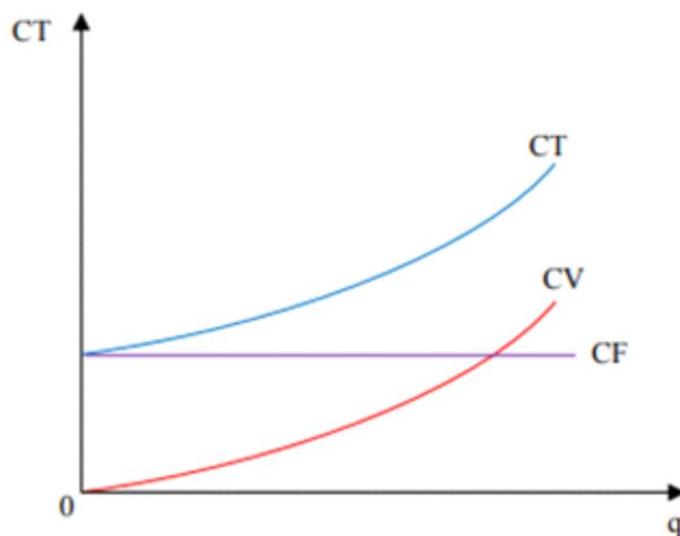
### **2.2.9. Las curvas de costos**

Coste total (CT): Coste económico total de producción formado por los costes fijos y los costes variables.

El coste fijo (CF): Coste que no varía con el nivel de producción y que solo puede eliminarse cerrando la empresa.

El coste variable (CV): Coste que varía cuando varía la producción.

La curva de costos totales representa los costos incurridos por la empresa en función del nivel de actividad (Figura 1).



**Figura 1. Costo fijo, Costo variable y Costo total**

Fuente: Pindyck & Rubinfeld, 2009

$$CT = CF + CV$$

Donde:

CT: Costo total

CF: Costo Fijo

CV: Costo variable

q: cantidad

### **Ingreso total.**

Son los ingresos que recibe la empresa procedente de una venta.

$$IT = P \times Q$$

Dónde:

*IT*: Ingreso Total.

*P*: Precio.

*Q*: Cantidad

**Punto de equilibrio:** El punto de equilibrio económico es el concepto por el cual es el punto donde la utilidad es cero. En este caso, se enfoca en el punto de partida para indicar cuantas unidades deben de venderse si una compañía opera sin pérdidas.

**Rentabilidad:** La rentabilidad económica es el indicador básico para juzgar la eficiencia en la gestión empresarial, pues es precisamente el comportamiento de los activos, con independencia de su financiación, el que determina con carácter general que la producción sea o no rentable en términos económicos (Pérez & Lilia, 2017). Además, el no tener en cuenta la forma en que han sido financiados los activos permitirá determinar si una producción no rentable lo es por problemas en el desarrollo de su actividad económica o por una deficiente política de financiación.

### **Cálculo del ingreso y rentabilidad bruta**

#### **Ingreso**

Para determinar el ingreso total tiene la siguiente fórmula:

$$IT = PxQ$$

Dónde:

IT = Ingreso Total

P = Precio del producto

Q = Cantidad del producto

#### **El costo total (CT)**

$$CT = CF + CV$$

Dónde:

CT = Costo Total

CF = Costos fijos (Directos)

CV = Costos variables (Indirectos)

**Utilidad (Neta):**

$$UN = IT - CT$$

Dónde:

IT= Ingreso Total

CT= Costo Total

**Rentabilidad bruta**

$$Rentabilidad\ Neta = \frac{Utilidad\ Neta}{inversion} * 100$$

**Simulación de riesgo:** Los modelos de simulación se utilizan a menudo para analizar una decisión bajo riesgo; esto es, un modelo en el cual el comportamiento de uno o más de los factores no se conoce con certeza, es particularmente útil para problemas o situaciones que involucran incertidumbre (Gould & Eppen, 1992).

**Generación de números aleatorios:** Generar una cadena de números aleatorios que sea reproducible posteriormente es importante para el éxito de la simulación. El procedimiento que aplica una computadora para obtener números aleatorios se llama generador de números aleatorios, es un algoritmo que produce secuencias de números que

siguen una distribución de probabilidad específica y tienen la apariencia de aleatoriedad (Fredericick & Gerald, 2010). Posee tres propiedades.

- Todos los números se distribuyen uniformemente entre 0 y 1.
- Los números en la secuencia no tienen correlación lineal.
- La secuencia de números aleatorios tiene un ciclo largo, es decir, que existen suficientes números en la secuencia antes de que en algunos se repita nuevamente.

Si estas propiedades no se cumplen, la simulación puede estar sesgada y arrojar resultados erróneos (Minaya, 2014).

**Simulación Monte Carlo:** Es un generador de números aleatorios que es útil para el análisis de pronósticos, estimación y riesgo, calcula numerosos contextos o escenarios de un modelo al escoger repetidamente valores de una distribución de probabilidad de un usuario predefinido para las variables inciertas y usando esos valores como insumos para el modelo (Mun, 2009).

**Distribuciones de probabilidad:** la distribución de probabilidad indica toda una gama de valores que pueden representarse como resultado de un experimento, es similar a una distribución de frecuencias relativas.

#### **Distribuciones de probabilidad utilizadas**

- **Distribución uniforme**

Con la distribución uniforme todos los valores caen entre el mínimo y el máximo y ocurren con la misma probabilidad, sus condiciones son:

- El valor mínimo es fijo
- El valor máximo es fijo

- Todos los valores entre el mínimo y el máximo ocurren con la misma probabilidad(Mun, 2009).

Las construcciones matemáticas para la distribución uniforme son:

$$f(x) = \frac{1}{Max-Min} \text{ para los valores tales que } Min < Max$$

$$Media = \frac{Min+Max}{2}$$

$$Desviación\ estándar = \sqrt{\frac{(Max-Min)^2}{2}}$$

Asimetría=0 (esto aplica a toda entrada Min y Max)

Exceso de curtosis=-1.2 (esto aplica a toda entrada Min y Max)

Valor máximo (Max) y valor mínimo (Min) son los parámetros de distribución.

Requisito de entrada:

Min < Max y puede tomar cualquier valor.

La distribución uniforme se utiliza cuando hay poca o muy poca información disponible respecto de la variable aleatoria, los parámetros mínimos y máximos se fijan para reflejar la mejor estimación del rango de valores que puede tomar la variable aleatoria.

#### - **Distribución normal**

Es la distribución más importante en la teoría de la probabilidad por que describe muchos fenómenos naturales, tales como el IQ de las personas o su altura(Mun, 2009).

Las condiciones subyacentes de la distribución normal son:

- Algunos valores de la variable incierta son más probables (la media de la distribución).

- La variable incierta podría probablemente estar por encima de la media, así como podría estar debajo de ella (simetría en relación a la media).
- La variable incierta es más probable que este en cercanía de la media a que se encuentre más lejos.

Las construcciones matemáticas para la distribución normal son las siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ para los valores } x \text{ y } \mu; \text{ mientras } \sigma > 0$$

Media=  $\mu$

Desviación estándar =  $\sigma$

Asimetría=0 (esto aplica a toda entrada de media y desviación estándar)

Curtosis = 0 (esto aplica a toda entrada de media y desviación estándar)

Media ( $\mu$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ) son los parámetros de la distribución.

Requisitos de la entrada:

Desviación Estándar  $> 0$  y puede ser cualquier valor positivo

La media puede tomar cualquier valor

Se caracteriza por ser simétrica y tiene la propiedad de que la media, la moda y la mediana aritmética coinciden.

#### - **Distribución triangular**

Describe una situación en donde se conoce los valores mínimos, máximos y más probables a ocurrir; variando la posición del valor más probable con relación a los extremos, la distribución puede ser simétrica o no.

Condiciones

Las tres condiciones subyacentes de la distribución triangular son:

- El número mínimo de artículos es fijo
- El número máximo de artículos es fijo
- El número más probable de artículos cae entre los valores máximos y mínimos, formando una distribución en forma de triángulo, la cual muestra que los valores cerca del mínimo y el máximo son menos probables de ocurrir que aquellos cerca del valor más probable.

Las construcciones matemáticas para la distribución triangular son:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x - \text{min})}{(\text{Max} - \text{Min})(\text{probable} - \text{min})} & \text{para } \text{Min} < x < \text{probable} \\ \frac{2(\text{Max} - x)}{(\text{Max} - \text{Min})(\text{Max} - \text{probable})} & \text{para } \text{probable} < x < \text{Max} \end{cases}$$

$$\text{Media} = \frac{1}{3} (\text{Min} + \text{probable} + \text{Max})$$

Desviación estándar =

$$\sqrt{\frac{1}{8} (\text{Min}^2 + \text{probable}^2 + \text{Max}^2 - \text{MinMax} - \text{Min probable} - \text{Max probable})}$$

Asimetría=

$$\frac{\sqrt{2}(\text{Min} + \text{Max} - 2\text{probable})(2\text{Min} - \text{Max} - \text{probable})(\text{Min} - 2\text{Max} + \text{probable})}{5(\text{Min}^2 + \text{Max}^2 + \text{probable}^2 + \text{MinMax} - \text{Min probable} - \text{Max probable})^{1/3}}$$

Exceso de curtosis = -0.6 (esto aplica a toda entrada de Min, Max y probable)

Valor Mínimo (Min), valor más probable(probable) y valor máximo (Max) son los parámetros de distribución.

Requisitos de entrada:

$Min \leq Mas probable \leq Max$  y puede tomar cualquier valor

Sin embargo,  $Min < Max$  y puede tomar cualquier valor

Se usa como una aproximación de otras distribuciones, como la normal, o ante la ausencia de información más completa, dado que depende de tres parámetros simples y puede tomar una variedad de formas, es muy flexible para modelizar una amplia variedad de supuestos característica más resaltante es que es cerrada, eliminando la posibilidad de valores extremos que quizás podrían ocurrir en la realidad.

### **2.2.10. Teorías Económicas de la Producción**

Dentro de la teoría microeconómica, la Teoría de la Producción constituye un elemento clave como punto de partida para la construcción de la llamada Teoría de la Empresa, la cual se refiere al estudio de la conducta del productor y a las decisiones de la oferta. La mayoría de los modelos económicos relacionados con el comportamiento del productor se basan en el supuesto de que las relaciones de la empresa son siempre motivadas por la búsqueda de máximos beneficios(Kafka, 1997).

#### **Función de Producción**

La función de producción relaciona la cantidad de factores (mano de obra, maquinaria, materia prima, etc.), utilizados para producir un bien y/o servicio, con la cantidad obtenida de ese bien y/o servicio.

$$C=f(Q)$$

Dónde:

$C$ : Costo de producción

$Q$ : Nivel de producción

La teoría de producción analiza las relaciones técnicas entre insumos y productos finales, dado una tecnología combina varios insumos para producir eficientemente. Se puede expresar matemáticamente como:

$$Q = f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$$

Donde:

$Q$  = cantidad producida de un bien dado

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  = recursos productivos de la empresa

$f$  = relación técnica entre  $Q$  y los recursos productivos

### **Función de producción con dos factores variables**

La función de producción muestra la relación existente entre los insumos o los factores y el producto total,  $x$ , dado un nivel determinado de tecnología (Kafka, 1997).

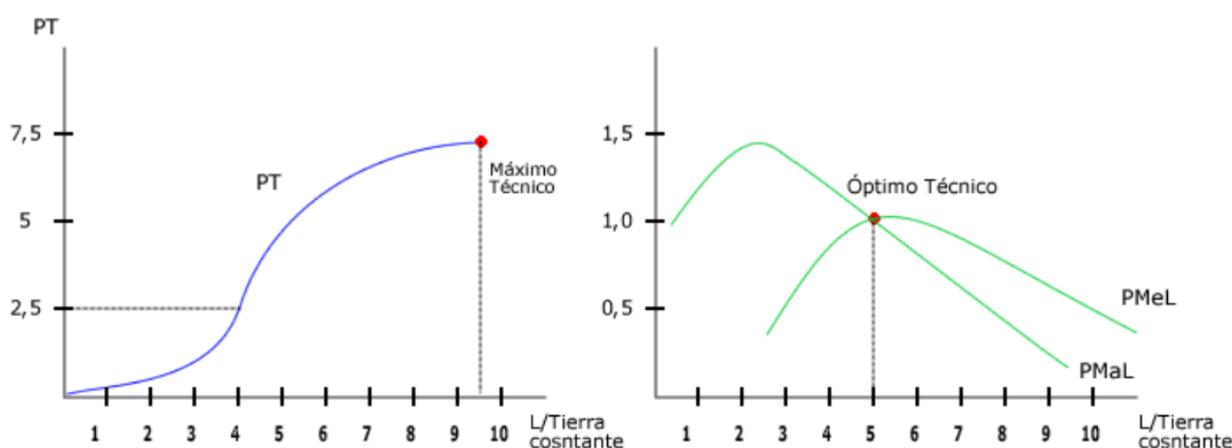
Nicholson (2008). presenta una función de producción suponiendo que la producción de la empresa depende sólo de dos factores: capital ( $K$ ) y trabajo ( $L$ ). Por tanto la función simplificada de producción ahora es:  $Q = f(K, L)$  El análisis puede ser para cualquier par de factores que se puede estar investigando.

**Producto marginal:** Definimos la productividad marginal como el cambio del producto total (en valor absoluto), relacionado con un incremento o una disminución de una unidad de insumo variable, es la cantidad de producto adicional que obtenemos al emplear una

unidad más de ese factor, permaneciendo constantes todo los demás factores(Montilla, 2007).

**Producto medio:** Es la cantidad promedio producida, por cada unidad de un factor, se define como productividad media del trabajo (PMeL), correspondiente a cada nivel de empleo del factor, puede indicar el nivel de producción que obtiene la empresa por cada factor.

La representación gráfica de los valores del producto medio (PMeL), contenidos en la figura 2, muestra que al igual que el producto marginal (PMaL), el producto medio aumenta inicialmente cuando aumenta la cantidad de trabajo y, a partir de un determinado nivel, empieza a decrecer. El óptimo técnico está definido en el que se alcanza el máximo producto medio. La figura 1b muestra, además que cuando el producto marginal es mayor, la curva de producto medio es creciente y cuando es menor, la curva de producto medio es decreciente, de forma que cuando la curva de producto marginal corta a la curva de producto medio ésta alcanza su máximo(Montilla, 2007).



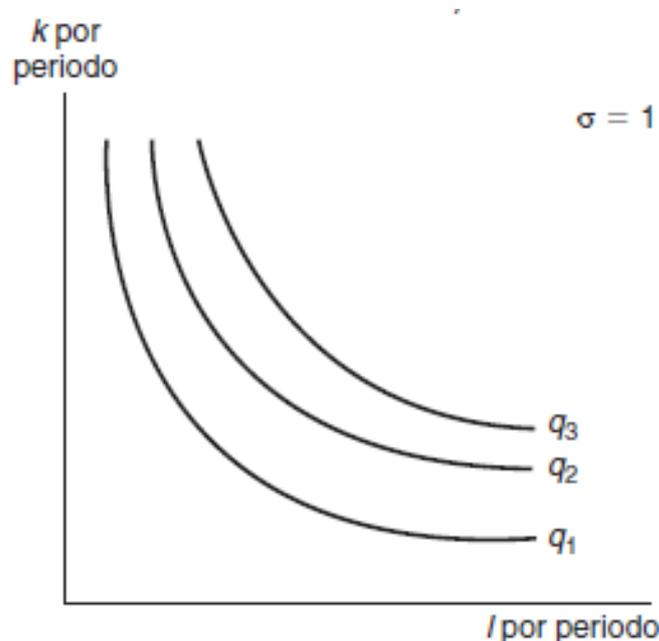
**Figura 2. Función de producción en el corto plazo**

Fuente: Montilla Conceptos basicos de la economia de la empresa (2007)

**Mapa de isocuantas:** La empresa puede producir de diversas formas combinando distintas cantidades de trabajo y capital. Se utilizan las isocuantas para analizar y comparar estos diferentes métodos de producción. Una isocuanta describe todas las

combinaciones de factores que generan el mismo nivel de producción. Todas las isocuantas tienen pendiente negativa porque tanto el trabajo como el capital tienen productos marginales positivos. La producción aumenta cuando se utiliza una cantidad mayor de cualquiera de los dos factores; por lo tanto, para mantener la producción constante cuando se utiliza una cantidad mayor de uno de ellos, debe utilizarse una menor del otro (Nicholson, 2008).

Una forma de representar una función de producción entera en dos dimensiones es mediante un mapa de isocuantas. Dada la función de producción  $q = f(K,L)$ . Las isocuantas registran las combinaciones de factores que se pueden usar para producir una determinada cantidad de producción. La pendiente de estas curvas muestra la tasa a la que es posible sustituir  $L$  por  $K$ , permaneciendo el producto constante, el negativo de esta pendiente es la relación (marginal) de sustitución técnica (RST). En la figura 3, la RST es positiva y es decreciente ante el incremento del factor trabajo.



**Figura 3. Mapa de isocuantas**

Fuente: Pindyck & Rubinfeld (2001)

En el plano K - L hay una cantidad infinita de isocuantas. Cada una de ellas representa un nivel distinto de producción. Las isocuantas registran niveles cada vez más altos de producción a medida que avanza.

**Relación marginal de sustitución técnica:** La pendiente de una isocuanta muestra en qué grado un factor puede sustituir a otro, permaneciendo constante la producción. Se define la RST como la cantidad en que se puede disminuir el factor capital, manteniendo constante la cantidad producida, cuando usamos una unidad más del factor trabajo.

Matemáticamente:

$$\begin{aligned}
 RTS(\text{de } L \text{ por } K) &= -\text{pendiente de la isocuanta} \\
 &= \frac{\text{Cambio en el factor de capital}}{\text{Cambio en el factor trabajo}}
 \end{aligned}$$

**La relación marginal de sustitución técnica y los productos marginales:** El concepto de la RST para explicar la forma probable del mapa de isocuantas de una empresa, es evidente que la RST debe ser positiva; es decir, cada isocuanta debe tener una pendiente negativa. Si aumenta la cantidad de trabajo que emplea la empresa, entonces ésta debería poder reducir el factor de capital y, no obstante, mantener su producción constante. Dado que el trabajo presumiblemente tiene un producto marginal positivo, entonces la empresa deberá ser capaz de producir con menos capital cuando más trabajo es empleado. Si el incremento de trabajo requiriera, de hecho, que la empresa usara más capital, ello implicaría que el producto marginal del trabajo sería negativo y ninguna empresa estaría dispuesta a pagar por un factor que tiene un efecto negativo en la producción (Nicholson, 2008)

**Relación de sustitución técnica decreciente:** La RST es decreciente a lo largo de una cualquiera de las curvas de isocuanta. Cuando la razón de K y L es elevada, la RST es

una cifra positiva alta, lo cual indica que podemos renunciar a una cantidad importante de capital si empleamos una unidad más de trabajo. Por otra parte, cuando ya estamos usando mucho trabajo, la RST es baja y ello significa que sólo podremos intercambiar una cantidad pequeña de capital por una unidad de adicional de trabajo para mantener constante el nivel de producción.

Los rendimientos de escala según Pindyck & Rubinfeld (2001), en el largo plazo, periodo en el que todos los factores son variables. La empresa también debe preguntarse cuál es la mejor manera de aumentar la producción. Una forma de aumentarla es modificar la escala de operaciones incrementando todos los factores de producción en la misma proporción. Los rendimientos de escala son la tasa a la que aumenta la producción cuando se incrementan los factores proporcionalmente, se tiene tres:

**Rendimientos crecientes de escala:** Si la producción se duplica con creces cuando se duplican los factores. La presencia de rendimientos crecientes de escala podría deberse a que el aumento de la escala de operaciones permite a los directivos y a los trabajadores especializarse en su tarea y utilizar fábricas y equipos mayores y más complejos.

**Rendimientos constantes de escala:** La producción se duplica cuando se duplica los factores. Cuando hay rendimientos constantes de escala, la escala de operaciones de la empresa no afecta a la productividad de sus factores: es fácil reproducir una planta que utilice un determinado proceso de producción, a fin de que dos plantas produzcan el doble de la producción.

**Rendimientos decrecientes de escala:** La producción puede no llegar a duplicarse cuando se duplican todos los factores. A la larga las dificultades para organizar y gestionar la producción a gran escala pueden reducir tanto la productividad del trabajo como la del capital. La comunicación entre los trabajadores y los directivos puede ser difícil de

controlar y el centro de trabajo puede volverse más impersonal. Por lo tanto, es probable que el caso de los rendimientos decrecientes esté relacionado con los problemas de las tareas de coordinación y de mantenimiento de una línea útil de comunicación entre la dirección y los trabajadores.

La sustitución de factores se mide con la elasticidad de sustitución, definida como la razón del cambio porcentual de  $K/L$  al cambio porcentual de la  $RST$  a lo largo de una isocuanta. En el caso de las proporciones fijas, esta elasticidad es cero por qué  $K/L$  no cambia en el vértice de la isocuanta. Por lo tanto, en equilibrio es posible representar la elasticidad de sustitución de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{\Delta\% \left(\frac{K}{L}\right)}{\Delta\% RST} = \frac{\frac{\Delta \left(\frac{K}{L}\right)}{\frac{K}{L}}}{\frac{\Delta RST}{RST}} = \frac{\Delta \left(\frac{K}{L}\right) * RST}{\Delta RST * \left(\frac{K}{L}\right)}$$

La elasticidad de sustitución mide, la mayor o menor facilidad técnica con que puede mantenerse el producto invariable sustituyendo un factor por otro. En este sentido, puede concebirse como una medida de la identidad o semejanza de los medios desde el punto de vista técnico. Cuanto más fácilmente sustituibles son los factores entre sí, mayor será el valor de la elasticidad de sustitución, por el doble motivo de ser el numerador de la fracción grande y el denominador pequeño.

**El corto plazo y el largo plazo de la producción:** El corto plazo se refiere al periodo de tiempo en el que no es posible alterar uno o más factores de producción, en otras palabras, a corto plazo hay al menos un factor que no puede alterarse; ese factor se denomina factor fijo. El Largo plazo es el periodo de tiempo necesario para que todos los factores sean variables. A corto plazo, las empresas alteran la intensidad con que utilizan una determinada planta y maquinaria; a largo plazo alteran el tamaño de la planta. Todos los

factores fijos a corto plazo representan los resultados de decisiones a largo plazo tomadas anteriormente en función de las estimaciones de empresas sobre lo que sería rentable producir y vender, Pindyck & Rubinfeld (2001).

Los conceptos de corto y largo plazo, dependen de la capacidad de cada productor para modificar sus factores. En general, se suele suponer que, en el corto plazo, todos los factores de la función de producción son fijos, menos el factor variable. La empresa para minimizar los costos totales, escogen la combinación de factores donde la relación marginal de sustitución técnica (RST) de L por K sea igual a la razón que guardan los costos de los factores  $w/t$ ; es decir, la empresa para minimizar los costos totales, debe producir en el punto donde la RST sea igual a la razón que guardan los precios de los dos factores Nicholson (2008).

### **La Función de Producción Coob – Douglas.**

La función de producción de Coob – Douglas tiene la siguiente forma:

$$x = AX_1^{b_1} X_2^{b_2}$$

### **Características generales**

La función de producción raíz cuadrada presenta las siguientes características (Rosales, Apaza, & Bonilla, 2004):

- **Estricta Concavidad.** La existencia de un máximo global se garantiza con el cumplimiento de las siguientes restricciones en los parámetros de la función:

$$0 < b_1 < 1; 0 < b_2 < 1; 0 < (b_1 + b_2) < 1; A > 0$$

- **Estricta Cuasiconcavidad.** La función es cuasicóncava cuando

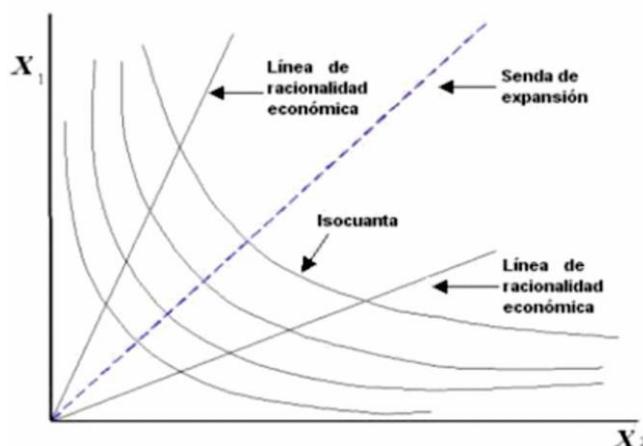
$$b_1 > 0; b_2 > 0 \text{ y } A > 0$$

- **Homogeneidad.** La función Cobb-Douglas es homogénea de grado  $b_1 + b_2$ .
- **Elasticidad de Producción.** Para este tipo de función la elasticidad de producción respecto a los insumos está representada por los parámetros estimados:  $\varepsilon_1 = b_1, \varepsilon_2 = b_2$
- **Elasticidad de Sustitución.** La función Cobb-Douglas presenta elasticidad de sustitución constante y puede obtenerse de la siguiente forma:

$$\sigma = \frac{\Delta\% \left( \frac{X_2}{X_1} \right)}{\Delta\% (TMST)} = \frac{dLn \left( \frac{X_2}{X_1} \right)}{dLn (TMST)} = 1$$

- **Independencia Técnica.** La función de producción Cobb-Douglas presenta factores técnicamente complementarios.
- **Líneas de Acotamiento.** Esta función no tiene líneas de acotamiento o de racionalidad técnica.
- **Isocuantas.** Las isocuantas presentan las siguientes características:
  - a. Pendiente: las isocuantas tienen pendiente negativa.
  - b. Convexidad: las isocuantas son convexas con respecto al origen.
  - c. Espaciamiento: Si  $(b_1 + b_2) > 1$ , las isocuantas convergen, cuando  $(b_1 + b_2) = 1$ , las isocuantas están igualmente espaciadas y si  $(b_1 + b_2) < 1$ , las isocuantas divergen.

**Etapas de producción.** Esta función de producción presenta solamente la etapa II para cada factor individual y para la escala si existe estricta concavidad. Por otro lado, presenta la etapa I, o etapa II solamente para cada factor individual y para la escala si existe estricta cuasiconcavidad.



**Figura 4. Función de producción Cobb-Douglas**

Fuente: Rosales et al. (2004)

### La función de producción cuadrática

Se caracteriza por la existencia de una relación no lineal entre los factores y la producción.

A diferencia de la función lineal, esta especificación permite la obtención de una productividad marginal de los factores no constante. La función de producción cuadrática tiene la forma (Rosales et al., 2004):

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + 0.5b_1X_1^2 + 0.5b_2X_2^2 + b_3X_1X_2$$

### Características generales

La función cuadrática cuenta con las siguientes características:

#### - Estricta Concavidad

La función presenta estricta concavidad cuando se cumplen las siguientes desigualdades:

$$b_1b_2 > b_3^2; b_1 < 0; b_2 < 0; a_1 > 0; a_2 > 0$$

Es importante anotar, que el cumplimiento de estas expresiones garantiza la racionalidad de uso de los factores.

### - **Estricta Cuasiconcavidad**

Ante la ausencia de estricta concavidad, la función puede ser cuasiconcava con óptimo local.

### - **Homogeneidad**

La función de producción cuadrática no presenta homogeneidad.

### - **Elasticidad de Producción**

La elasticidad de producción de esta función depende del nivel de uso de insumos. La elasticidad respecto al insumo  $X_1$  tiene la forma:

$$\varepsilon_i = \frac{\partial Y}{\partial X_i} \frac{X_i}{Y} = \frac{a_i X_i + b_i X_i^2 + b_3 X_i X_1}{a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + 0.5 b_1 X_1^2 + 0.5 b_2 X_2^2 + b_3 X_1 X_2}$$

### - **Elasticidad Total o Elasticidad Escala**

La elasticidad de escala es variable:  $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$

### - **Elasticidad de Sustitución**

La elasticidad de sustitución no es constante y la ecuación que la describe es compleja en su representación.

### - **Isocuantas**

La pendiente, convexidad y espaciamiento de las isocuantas se evalúa de la siguiente manera:

- a. Pendiente, las isocuantas tienen forma de elipse, en ese sentido, existen puntos de pendiente positiva, negativa, cero e infinita.

- b. Convexidad, las isocuantas son convexas con respecto al origen.
- c. Espaciamiento, cuando  $a_i b_i > 0$ , las isocuantas convergen, mientras que si  $b_i < 0$  las isocuantas divergen, para todo  $i = 1, 2$

#### - **Independencia Técnica**

Para identificar la interrelación de los factores, se requiere verificar el signo del coeficiente de interacción de los insumos:

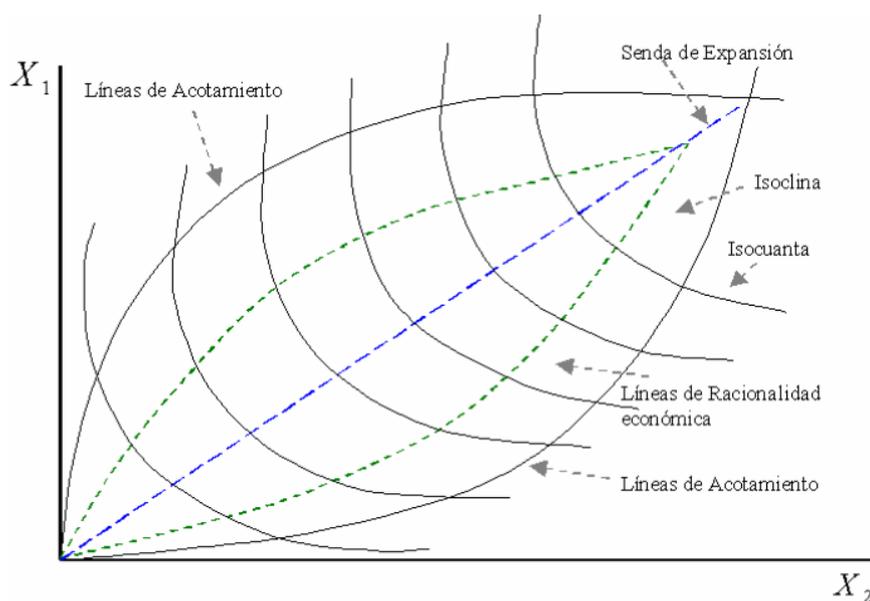
$b_3 > 0$  Factores técnicamente complementarios.

$b_3 = 0$  Factores técnicamente independientes.

$b_3 < 0$  Factores técnicamente competitivos.

#### - **Líneas de Acotamiento o de Racionalidad Técnica**

De acuerdo con los resultados de interdependencia de factores, se puede identificar el tipo de pendiente de las líneas de acotamiento: i) las líneas de acotamiento tienen pendiente positiva cuando los factores son técnicamente complementarios, ii) las líneas de acotamiento son rectangulares si los factores son técnicamente independientes, y iii) las líneas de acotamiento tienen pendiente negativa cuando los factores son técnicamente competitivos.



**Figura 5. Líneas de acotamiento, líneas de racionalidad económica y senda de expansión**

Fuente: Rosales et al. (2004)

#### - Etapas de Producción

La función presenta las etapas de producción II y III para cada factor individual y para la escala cuando la función es estrictamente cóncava. Por otro lado, presenta la etapa I solamente, o las etapas II y III para cada factor individual y para la escala si la función es estrictamente cuasicóncava.

### 2.3. Marco Conceptual

**Instituto Nacional de Innovación Agraria:** Es un organismo técnico especializado del Ministerio de Agricultura y Riego, ente rector del Sistema Nacional de Innovación Agraria (SNIA).

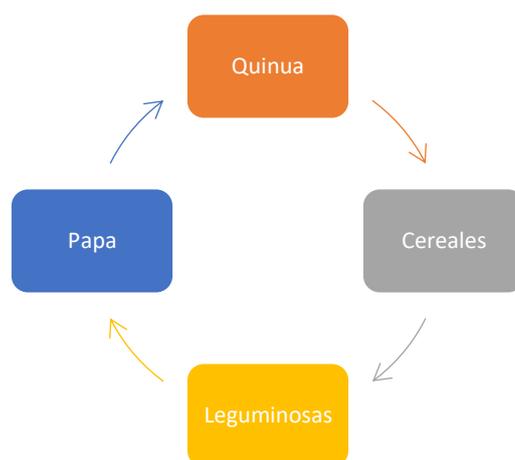
- Desarrolla actividades de investigación, transferencia de tecnología, conservación y aprovechamiento de los recursos genéticos, así como la producción de semillas, plántones y reproductores de alto valor genético.

- Articula y regula la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) con los actores del SNIA, orientadas a la competitividad, seguridad alimentaria y adaptación al cambio climático.
- Formula, propone y ejecuta la política nacional y el plan de innovación agraria.

**Mejoramiento genético:** Los objetivos del mejoramiento genético de la quinua dependerán del uso que se le quiera dar. Hasta el momento se ha dado énfasis a los requerimientos del productor relacionados con el incremento en el rendimiento, resistencia a plagas y precocidad. En un segundo plano se ha priorizado los requerimientos de mercado tales como la quinua blanca de grano grande, sin contenido de saponinas. Actualmente también se buscan quinuas de color, con aptitud de procesamiento, y un alto rendimiento molinero, dureza de pericarpio y contenido alto de grasa (Estación Experimental Illpa-Puno, 1997).

**Quinua:** La quinua es un recurso alimentario de alto valor nutricional, en el altiplano puneño se está sujeto a grandes variaciones climáticas que significan alto riesgo en la agricultura. Las sequías y heladas son continuas, y su magnitud frecuentemente causa la disminución o pérdida de las cosechas. La quinua presenta facultades de adaptación a condiciones adversas del clima, como tolerancia a frío y a la sequía.

**Rotación del cultivo:** La rotación es la sucesión de diferentes cultivos dentro del mismo campo a través del tiempo. Es uno de los componentes vitales de la agricultura orgánica, tiene como objetivo mantener y aumentar la productividad del suelo, controlar en forma ecológica las plagas, enfermedades y malas hierbas, y diversificar la producción.



*Figura 6. Rotación de cultivos en el altiplano Puno*

**Semillas de buena calidad:** La semilla de buena calidad es seleccionada y certificada, para garantizar mejores rendimientos en la cosecha. Es importante mantener la pureza varietal, es decir que la semilla que utilicemos represente la variedad y no sea una mezcla de variedades. Además, es importante que la semilla tenga un alto poder germinativo, mayor al 80 %. Tenemos dos opciones para obtener semilla de buena calidad: comprar semilla certificada o seleccionar y mantener el productor mismo semilla de buena calidad. La primera opción es la mejor, pero significa que se debe hacer una inversión en dinero, la segunda es igual de buena, pero se debe invertir tiempo, cuidado y dedicación (Zanabria & Mamani, 2017).

### **Conceptos de Costos de Producción**

**Beneficio:** Es la utilidad equivalente a la diferencia entre el ingreso y los gastos de una operación o conjunto de operaciones con saldo favorable (Nicholson, 2008).

**Costo:** En economía, el costo es el valor monetario de consumo de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien o servicio.

**Costo fijo:** Son aquellos costos que no varían al variar la cantidad producida es decir son constantes e independientes del nivel de producción de la empresa.

**Costo variable:** Son los costos que varían con el nivel de producción o la cantidad producida.

**Costo total:** Es la sumatoria del costo fijo más el costo variable, y representa pues, lo que globalmente supone obtener un cierto volumen de producción.

**Costo unitario:** Se determina dividiendo el costo total entre la cantidad de producción proyectada.

**Costo fijo medio:** Se encuentra dividiendo el costo fijo entre la cantidad producida.

**Costo variable medio:** Es aquel que divide al costo variable entre la cantidad producida.

**Costo de producción:** Es la valoración monetaria de los gastos incurridos y aplicados en la obtención de un bien. Incluye el costo de los materiales, mano de obra y los gastos indirectos de fabricación cargados a los trabajos en su proceso.

**Costos de venta:** Es el costo de venta para comercializar un bien, o para prestar un servicio.

**Ingresos:** Todo lo que una persona percibe u obtiene; es decir por la venta de bienes y servicios en un determinado tiempo o periodo establecido.

**Ingreso total:** Monto total que recibe una empresa por la venta de su producto; el precio unitario ( $p$ ) por la cantidad ( $q$ ) de producto que la empresa decide producir.

**Incertidumbre:** Se refiere a la duda o perplejidad que sobre un asunto o cuestión se tiene.

**Mano de obra directa:** Es aquella que se paga por variar o alterar la composición, condición o constitución de la materia prima que constituye el producto final (Estación Experimental Illpa Puno, 1997).

**Mano de obra indirecta:** Es aquella que no afecta ni la composición, ni el productor final.

**Óptimo técnico:** Es donde la función de producción encuentra su máximo en términos de volumen de producción física (Montilla, 2007).

**Óptimo económico:** Hace referencia al nivel de producción donde se maximizan los beneficios, dependiendo del precio o los productos que genera y de su estructura de costos (Montilla, 2007).

**Producción:** Es toda actividad que crea utilidad actual o futura. Proceso que transforma los factores de producción en bienes finales.

**Productividad:** Se entiende por productividad al vínculo que existe entre lo que se ha producido y los medios que se han empleado para conseguirlo (mano de obra, materiales, energía, etc.). La productividad suele estar asociada a la eficiencia y a tiempo: cuanto menos tiempo se invierta en lograr el resultado anhelado, mayor será el carácter productivo del sistema.

**Precio:** Es el valor monetario en que se estima una cosa, es la cantidad de dinero que se paga por una mercancía o servicio. Desde el punto de vista del consumidor el precio representa una decisión de poder de compra sujeto a su restricción presupuestaria. Por el contrario, el vendedor sabe que el precio es una fuente de ingreso y un factor muy importante para la determinación de utilidades. El vendedor fija siempre un precio que maximice sus utilidades y que cubra las expectativas del ingreso por ventas (Kafka, 1997).

**Riesgo:** Riesgo es una medida de la magnitud de los daños frente a una situación peligrosa. El riesgo se mide asumiendo una determinada vulnerabilidad frente a cada tipo de peligro. Si bien no siempre se hace, debe distinguirse adecuadamente entre peligrosidad y (probabilidad de ocurrencia de un peligro), vulnerabilidad (probabilidad de ocurrencia de daños dado que se ha presentado un peligro) y riesgo (propriadamente dicho)(Mun, 2009).

**Rendimiento:** Es una medida de eficiencia en la producción; es decir, una relación entre de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados; es rendimiento es equivalente a la productividad.

**Rentabilidad:** Es un indicador económico que mide la capacidad de una empresa o entidad de generar suficientes beneficios para recuperar lo invertido y la tasa interna de retorno deseada por el inversionista.

**Utilidad:** Es la ganancia o beneficio que se obtiene en una empresa y/o actividad productiva al cabo de un periodo determinado, a su vez también la utilidad es el valor económico asignado al recurso bien o servicio del gozo, derivado de la satisfacción que experimenta por su uso.

**Variable:** Son todas aquellas magnitudes o datos susceptibles de ser medibles y cuantificables, pudiendo adoptar diferentes valores y por esta razón no pueden permanecer constantes(Gujarati & Porter, 2010a).

## 2.4. Hipótesis de la investigación

### 2.4.1. Hipótesis general

El beneficio neto de la producción de semilla de quinua del Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno presenta un menor número de escenarios negativos, y por tanto un menor riesgo económico.

#### **2.4.2. Hipótesis específicas**

La estructura de costos de producción de semilla de quinua está representada en su mayoría por horas máquina y jornales, la actividad que requiere mayor recurso económico son las labores culturales.

Existe mayor probabilidad de obtener resultados positivos de beneficio neto en la producción de semilla de quinua, con ello se puede indicar que no es una actividad riesgosa.

Existe diferencia significativa en cuanto a los rendimientos de producción de semilla de quinua cuando la producción es intensiva en mano de obra y cuando es intensiva en maquinaria.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Métodos Utilizados en la Investigación

##### Método analítico

Este método “consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver, por ejemplo, las relaciones entre éstas”, es decir, es un método de investigación, que consiste en descomponer el todo en sus partes, con el único fin de observar la naturaleza y los efectos del fenómeno (Bastar, 2014), es correlacional causal debido a que la investigación tiene una relación causa – efecto entre la variable dependiente y las variables independientes.

Tipo de investigación: La presente investigación es aplicada, porque se utilizan teorías y técnicas para propósitos específicos.

Nivel de investigación:

- Descriptivo, con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; esto es, detallar cómo son y cómo se manifiestan. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

- Correlacional, los estudios correlacionales miden las dos o más variables que se pretende ver si están o no relacionadas en los mismos sujetos y después se analiza la correlación.
- Explicativo, los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas (Hernández, 2014).

### 3.2. Metodología Utilizada para los Objetivos

**Para el primer objetivo** es necesario realizar el análisis económico de la producción de semilla de quinua en la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno con el siguiente cuadro:

Según la estructura de costos

**Tabla 1. Principales indicadores para el análisis de rentabilidad**

Rubro	Formula	Unidad de Medida
Producción (PT)	Prod/ha	Kg.
Costo Total (CT)	CF+CV	S/.
Valor Bruto de la Producción (VBP)	IT	S/.
Beneficio Neto (BN)	CT-IT	S/.
Costo Unitario (CU)	CT/PT	S/./Kg.
Ingreso Neto x kg.	BN/PT	S/./Kg.
Rentabilidad (%)	$(BN/CT)*100$	%

**Punto de equilibrio**, es para determinar la cantidad que se debe producir para cubrir los gastos operativos de manera que no se gane ni pierda.

Formula:

$$Pe = \frac{\text{Costo fijos}}{Pvu - Cvu}$$

Donde:

Pvu = Precio de venta unitario

Cvu = Costo variable unitario

Margen de contribución<sup>2</sup>: Pvu-Cvu

**Análisis de sensibilidad**, permite diseñar escenarios en los cuales se podrá analizar posibles resultados del beneficio neto, cambiando los valores de sus variables y restricciones financieras para determinar el cómo estas afectan el resultado final, un análisis de sensibilidad intenta evaluar el impacto que los datos de entrada o de las restricciones especificadas tienen en el resultado final o en las variables de salida del modelo, la base para aplicar este método es identificar los posibles escenarios, los cuales se clasifican en los siguientes:

- pesimista
- probable
- optimista

---

<sup>2</sup> Permite determinar cuánto está contribuyendo la producción de semillas de quinua a la EEA Illpa Puno. Entre mayor sea el margen de contribución, mayor será la utilidad (recuerde que el costo fijo es siempre fijo así varíe el margen de contribución)

**Para el segundo objetivo** el método a utilizar es la simulación Monte Carlo que es una técnica que combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen los ordenadores para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

Etapas en la simulación de Monte Carlo en @risk:

1. Selección e identificación de las distribuciones de probabilidad<sup>3</sup> de las variables en estudio.

Para la identificar que distribuciones de probabilidad son apropiadas para los datos, se puede hacer mediante datos históricos si la información no se encuentra disponible se puede usar propio criterio basado en la experiencia, una distribución caracteriza a una variable cuando las condiciones de la distribución hacen juego con las de la variable.

La determinación de la distribución de probabilidad para las variables respectivas, se realizó a partir de las series de datos tomados de los registros de costos de producción de 15 campañas agrícolas en donde se registra información a partir del año 1997 al año 2019, esto para obtener la distribución de los rendimientos, y para determinar la distribución de los precios se hizo uso de la guía de servicios<sup>4</sup> y se consideró información del personal especialista de la EEA Illpa Puno.

2. Selección aleatoria de un valor para cada variable en estudio, asociado a su probabilidad de ocurrencia.

Para esta etapa de la investigación, es necesario trabajar con software especialmente diseñado para la realización de las simulaciones estocásticas. En este trabajo de

---

<sup>3</sup> Se refiere a todos los resultados posibles que pueda tener una variable aleatoria, es decir, describe el comportamiento de dicha variable dentro de un intervalo de valores o de posibles resultados.

<sup>4</sup> Resolución Jefatural en donde se aprueba el rango de precios en porcentaje a una UIT de la semilla de quinua

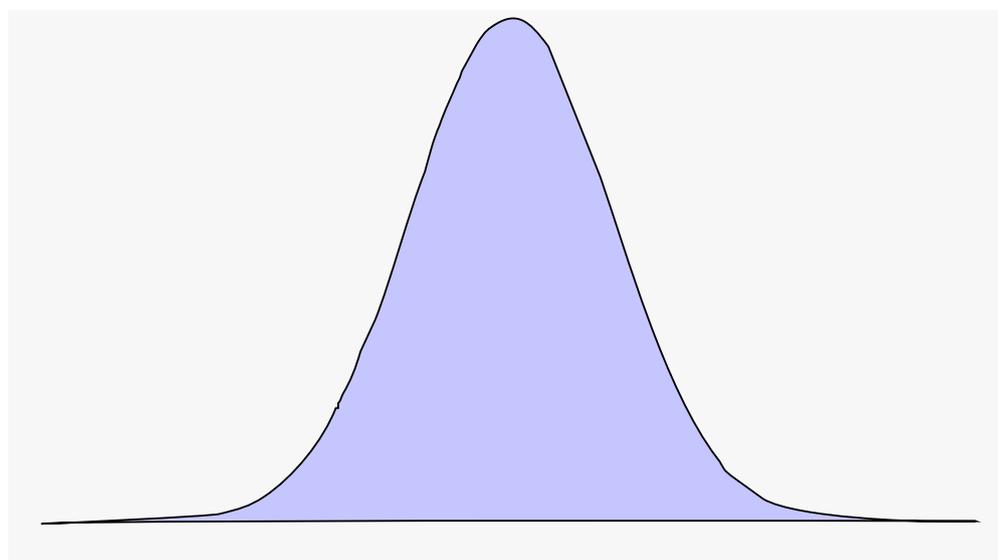
investigación se usó un software específico para trabajar el tema de análisis de riesgo; Risk Simulator para Excel, con capacidad de generar números aleatorios para distribuciones de probabilidad continuas y discretas.

3. Distribuciones de probabilidad utilizadas en la investigación.
  - Distribución Normal: Se caracteriza por que los valores de la variable incierta están alrededor de la media, se tiene más probabilidad que este cerca de la media; tiene la propiedad de que la mediana, la moda y la media aritmética coinciden.

**Tabla 2. Parámetros de la distribución normal**

Densidad	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$
Distribución	No es cerrada
Parámetros	$\sigma^2 > 0, \mu$
Dominio	$-\infty \leq X \leq +\infty$
Media	$\mu$
Varianza	$\sigma^2$

Fuente: Mun (2009)



**Figura 7. Distribución normal**

Fuente: Mun (2009)

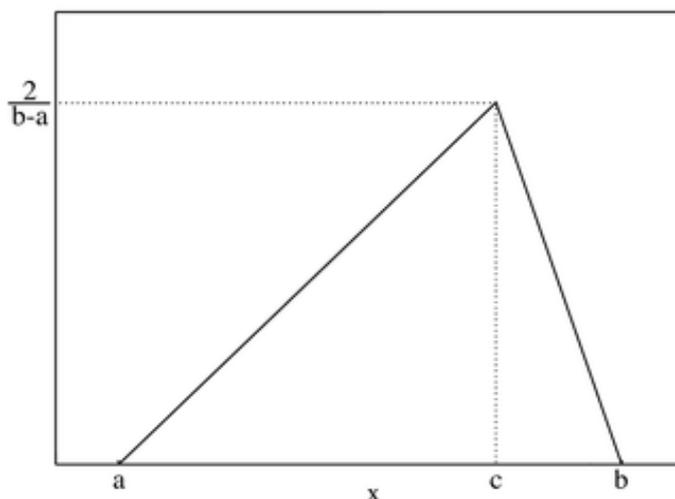
- Distribución triangular: La distribución triangular describe una situación donde se conoce los valores mínimos, máximos, y más probables a ocurrir, la distribución puede ser simétrica o no; se usa usualmente como una aproximación de otras

distribuciones, como la normal, o ante la ausencia de información más completa, dado que depende de tres parámetros simples y puede tomar una variedad de formas, es muy flexible para modelizar una amplia variedad de supuestos. Una característica es que es cerrada, eliminando la posibilidad de valores extremos que quizás podrían ocurrir en la realidad.

**Tabla 3. Parámetros de la distribución triangular**

Parámetros	$a \leq c \leq b$
Dominio	$a \leq x \leq b$
Media	$(a + b + c)/3$
varianza	$\frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18}$

Fuente: Mun (2009)



**Figura 8. Distribución triangular**

Fuente: Mun (2009)

4. Determinación del valor del indicador de beneficio neto.

El riesgo económico hace referencia a la incertidumbre producida en el rendimiento de la inversión debido a los cambios producidos en la situación económica del sector en el que opera la empresa. El riesgo económico se refiere a la variabilidad relativa de los beneficios esperados antes de intereses, pero después de impuestos. Es una consecuencia directa de las decisiones de inversión. De manera que la estructura de los activos de la empresa es responsable del nivel y de la variabilidad de los beneficios de explotación.

La fórmula para determinar el riesgo económico:

$$\text{Riesgo económico}(\text{BN} < 0) = \frac{\text{valores negativos}}{\text{total de valores}}$$

El Risk simulator permite la ejecución de hasta 10,000 iteraciones o selección aleatoria de los valores de las variables simuladas y sus respectivas probabilidades de ocurrencia a partir de las distribuciones de frecuencias. Si uno desea un nivel mayor de rigor se puede incrementar las simulaciones, las cuales pueden ser desde 1 hasta 1000 en este caso.

**Para el tercer objetivo** se deberá realizar la estimación de la función de producción Cobb – Douglas y una comparación de medias según los niveles de tecnología.

Para la formulación del modelo se tiene:

$$Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} X_{4i}^{\beta_4} e^{u_i}$$

La relación entre variables es no lineal, por lo que para realizar la estimación se transforma el modelo mediante una función logarítmica, de tal forma que el modelo queda:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + \beta_4 \ln X_{4i} + u_i$$

Donde:

Y indica el nivel de rendimiento que se produjo en cada campaña

$X_2$  = Variable independiente, si la producción se realizó implementando tecnología o no.

$X_3$  = Variable independiente que es el factor horas maquina empleado en la producción.

$X_4$  = Variable independiente que es el factor número de jornales empleado.

$\beta_0$  = Parámetro de eficiencia

$\beta_2, \beta_3, \beta_4$  = Son coeficientes de las variables.

- Optimo técnico

Se deriva la cantidad de producto respecto a cada uno de los insumos, número de jornales ( $n_{jor}$ ) y horas maquina ( $horma$ ), para cada caso se mantiene fijo un factor, es la producción máxima.

Para obtener el óptimo físico del factor número de jornales:  $PM_{n_{jor}} = \frac{\partial rend}{\partial n_{jor}}$

Para obtener el óptimo físico del factor horas maquina:  $PM_{horma} = \frac{\partial rend}{\partial horma}$

- Optimo económico

Como todo empresario, los productores quieren maximizar sus ingresos monetarios y mediante la optimización de Lagrange:

$$L = 65horma + 35n_{jor} - \lambda(61.3061399horma^{0.44532}n_{jor}^{0.4825} - 1713.025)$$

Realizando la derivada parcial respecto a cada factor, se obtiene los óptimos con la siguiente condicione:

$$\frac{PM_{n_{jor}}}{PM_{horma}} = \frac{w}{r}$$

Donde están los productos marginales para cada factor productivo,  $w$  = salario de trabajo y  $r$  es el costo de la hora máquina según la metodología presentada por Cruz Lauracio, 2019.

- Determinación del impacto del cambio de tecnología.

Durante las 15 campañas consideradas para el análisis, se tiene información que según las declaraciones de cosecha ha tenido una producción intensiva en mano de obra hasta el 2014 y a partir de ese año se pudo adquirir maquinaria para las labores de siega y trilla con lo que se ha facilitado la producción, para ello se mide la diferencia significativa de los rendimientos obtenidos antes y después de la adquisición de dicha maquinaria (segadora – trilladora).

- a) Se realiza un análisis con variables dicotómicas

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 D_{2i} + \mu_i$$

Donde:

$Y_i$  = rendimiento de semilla de quinua por hectárea

$D_{2i}$  = 1 si la producción de semilla de quinua es intensiva en maquinaria

= 0 si la producción de semilla de quinua es intensiva en mano de obra

- b) Análisis de Varianza

Para el análisis de varianza de un factor permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ( $K > 2$ ) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés.

**Tabla 4. ANOVA de un factor**

F.V.	S.C.	g.l.	M.C.	Estadístico de contraste
Entre niveles	$S.C_{inter}$	I-1	$M.C_{inter} = \frac{S.C_{inter}}{I - 1}$	$F = \frac{MC_{inter}}{MC_{intra}}$
Dentro de los niveles	$S.C_{intra}$	N-I	$M.C_{intra} = \frac{S.C_{intra}}{N - I}$	
<b>TOTAL</b>	$S.C_{total}$	N-1		

Fuente: Villardon Vicente (2005)

F se distribuye según una F de Snedecor<sup>5</sup> con (I-1) y (N-I) g.l.

Donde:

I es el número de factores

N es el número de sujetos

### 3.3. Técnicas e Instrumentos

La información que permitirá realizar el análisis es de fuente primaria ya que durante todas las campañas de producción se realiza un registro de costos de producción del cual está encargada la oficina de agroeconómica, para contrastar la información se recopiló informes y declaraciones de cosecha que se presentan al finalizar la campaña, con el fin de garantizar la veracidad de la información.

<sup>5</sup> Es una distribución de probabilidad de gran aplicación en la inferencia estadística, fundamentalmente en el contraste de la igualdad de varianzas de dos poblaciones normales, y, fundamentalmente en el análisis de la varianza, técnica que permite detectar la existencia o inexistencia de diferencias significativas entre muestras diferentes y que es, por tanto esencial, en todos aquellos casos en los que se quiere investigar la relevancia de un factor en el desarrollo y naturaleza de una característica.

### 3.4. Población y Muestra

La población de estudio comprende la serie de datos históricos del registro de costos de producción a partir de la campaña 1996-1997 hasta la campaña agrícola 2018-2019, en donde se sembró 84.9 hectáreas de semilla de quinua Variedad Salcedo INIA (Anexo 21) en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno.

El tipo de muestra aplicado para la investigación es determinística ya que las unidades muestrales son seleccionadas de acuerdo a intereses particulares (Beltran & Cueva, 2012), por lo tanto la muestra está comprendida por los datos históricos del registro de costos de producción de 15 campañas agrícolas, que representan 15 hectáreas de producción de semilla de quinua variedad Salcedo INIA categoría certificada, en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno.

### 3.5. Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de información y análisis se utilizó:

- Análisis descriptivo en el software R sobre las variables y en Excel para el análisis de costos de producción.
- Para el análisis de riesgo e incertidumbre se procesaron datos aleatorios en el software estadístico Risk simulator.
- Para el análisis de la función de producción, para los modelos de regresión son variables dicotómicas y análisis de varianza, los datos fueron analizados en el software estadístico R y SPSS.

### 3.6. Caracterización del área de Investigación

#### Ubicación

El Anexo Experimental Tahuaco, se ubica en el distrito y provincia de Yunguyo, colindante con la República de Bolivia a una altitud de 3870 m.s.n.m. sus suelos son caracterizados como franco arenoso aptos para la producción agrícola, así mismo, este anexo se ubica cercano al lago Titicaca y recibe su efecto termo regulador que implica temperaturas benignas superiores a 0°C en época de labranza; influye también la cantidad de lluvia que en promedio es 800 milímetros por año; desde el año de 1987 se inició la producción de semilla de alta calidad de papa, quinua, avena y cebada principalmente, constituyéndose en el Centro Regional de Semillas y en el caso de la quinua se produce para la sierra y costa del Perú, Son las variedades Salcedo INIA, Illpa INIA y otras, cuenta con un área de producción de 95.10 hectáreas.



**Figura 9. Ubicación del Anexo Experimental Tahuaco.**

Fuente: <http://culturaytradiciones-jmgallegos.blogspot.com/2011/11/yunguyo-pueblo-aymara-perla-del.html>

#### Vías de Acceso

Kilómetro 12 de la Carretera Yunguyo – Copani; Referencia: al Costado de la Institución Educativa 70240 – Sanquirá.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Determinación de los Costos de Producción de Semilla de Quinua del Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Ilpa Puno Campaña Agrícola 2018-2019.

Estructura de costos de producción Campaña agrícola 2018-2019 de semilla de quinua Salcedo INIA.

**Tabla 5. Costos de producción de semilla de quinua campaña agrícola 2018-2019**

**I. COSTOS DIRECTOS O VARIABLES**

Procesos/Labores	Epoca Ejec	Unidad Medida	Ind. Téc.		Precio Unit. S/.	Costo S/./ha		%
			4.00	1.00		4.00	1.00	
<b>I. COSTOS DIRECTOS</b>						<b>17186.30</b>	<b>4296.58</b>	
<b>1. PREPARACION DEL TERRENO</b>						<b>1705.00</b>	<b>426.25</b>	
<u>1.1 Analisis de Suelo</u>						<u>0.00</u>	<u>0.00</u>	
Analisis de suelo	Ago	Servicio	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	
<u>1.2 Mano de obra</u>						<u>175.00</u>	<u>43.75</u>	
Extraccion y recojo de piedras	Ago	Jornal	5.00	1.25	35.00	175.00	43.75	7.84
<u>1.3 Maquinaria Agrícola</u>						<u>255.00</u>	<u>382.50</u>	
Aradura	Ago	Hr/Maq.	8.00	2.00	85.00	680.00	170.00	
Rastrado	Ago	Hr/Maq.	4.00	1.00	85.00	340.00	85.00	
Nivelado	Ago	Hr/Maq.	6.00	1.50	85.00	510.00	127.50	
<b>2. SIEMBRA Y ABONAMIENTO</b>						<b>4253.80</b>	<b>1063.45</b>	
<u>2.1 Mano de Obra</u>						<u>490.00</u>	<u>122.50</u>	
Mezcla de fertilizantes y aplicacion	Set-Oct	Jornal	4.00	1.00	35.00	140.00	35.00	
Siembra manual	Set-Oct	Jornal	6.00	1.50	35.00	210.00	52.50	
Tapado manual	Set-Oct	Jornal	4.00	1.00	35.00	140.00	35.00	
<u>2.2 Maquinaria Agrícola</u>						<u>2720.00</u>	<u>680.00</u>	
Rastra cruzada siembra	Set-Oct	Hr/Maq.	8.00	2.00	85.00	680.00	170.00	
Surcado	Set-Oct	Hr/Maq.	20.00	5.00	85.00	1700.00	425.00	19.57
Mezcla de fertilizantes y aplicacion	Set-Oct	Hr/Maq.	4.00	1.00	85.00	340.00	85.00	
<u>2.3 INSUMOS</u>						<u>1043.80</u>	<u>260.95</u>	
Semilla	Oct-Nov	Kg.	40.00	10.00	3.50	140.00	35.00	
Urea Siembra	Oct-Nov	Kg.	100.00	25.00	1.56	156.00	39.00	
Fosfato di Amonico	Oct-Nov	Kg.	350.00	87.50	2.10	735.00	183.75	
Antracol	Oct-Nov	Kg.	5.00	1.25	1.56	7.80	1.95	
adherente	Oct-Nov	Lt.	5.00	1.25	1.00	5.00	1.25	

<b>3. LABORES CULTURALES</b>						6205.00	1551.25	
<b>3.1 Mano de Obra</b>						<b>4165.00</b>	<b>1041.25</b>	
Apertura de drenes	Dic-Ene	Jornal	2.00	0.50	35.00	70.00	17.50	28.55
1er Deshierbo Manual	Dic-Ene	Jornal	8.00	2.00	35.00	280.00	70.00	
Fertilizacion complementaria	Dic-Ene	Jornal	10.00	2.50	35.00	350.00	87.50	
1er Roguin o Raleo	Dic-Ene	Jornal	22.00	5.50	35.00	770.00	192.50	
1er tratamiento fitosanitario	Dic-Ene	Jornal	8.00	2.00	35.00	280.00	70.00	
Destapado de plantas pillchado	Dic-Ene	Jornal	5.00	1.25	35.00	175.00	43.75	
Control ornitologico	Dic-Ene	Jornal	50.00	12.50	35.00	1750.00	437.50	
2do Roguin o raleo	Dic-Ene	Jornal	14.00	3.50	35.00	490.00	122.50	
<b>3.2 Maquinaria</b>						<b>2040.00</b>	<b>510.00</b>	
1er pillchado o levantado de surco	Ene-Feb	Hr/Maq.	8.00	2.00	85.00	680.00	170.00	21.82
2do pillchado	Ene-Feb	Hr/Maq.	6.00	1.50	85.00	510.00	127.50	
Apertura de Drenes	Ene-Feb	Hr/Maq.	4.00	1.00	85.00	340.00	85.00	
Aplicación de herbicida	Ene-Feb	Hr/Maq.	6.00	1.50	85.00	510.00	127.50	
<b>4. COSECHA</b>						<b>4742.50</b>	<b>1185.63</b>	
<b>4.1 MANO DE OBRA</b>						<b>1102.50</b>	<b>275.63</b>	
Siega y trilla	Mar-Abr	Jornal	2.50	0.63	35.00	87.50	21.88	21.82
Secado de grano	Abr-May	Jornal	18.00	4.50	35.00	630.00	157.50	
Ensayado, cosido y pesado (rumado)	Abr-May	Jornal	8.00	2.00	35.00	280.00	70.00	
Carguio para transporte puro	Abr-May	Jornal	3.00	0.75	35.00	105.00	26.25	
<b>4.2 MAQUINARIA AGRICOLA</b>						<b>3640.00</b>	<b>910.00</b>	
Siega y trilla	May-Jun	Hr/Maq.	8.00	2.00	65.00	520.00	130.00	1.29
Apertura de surcos/surcadora	May-Jun	Hr/Maq.	8.00	2.00	65.00	520.00	130.00	
Selección de grano	May-Jun	Hr/Maq.	40.00	10.00	65.00	2600.00	650.00	
<b>5. COSTOS DE POST COSECHA</b>						<b>280.00</b>	<b>70.00</b>	
<b>5.1 Mano de obra</b>						<b>280.00</b>	<b>70.00</b>	
Selección y clasificación	May-Jun	Jornal	8.00	2.00	35.00	280.00	70.00	
<b>TOTAL CD</b>						<b>17186.30</b>	<b>4296.58</b>	

**II. COSTOS INDIRECTOS O FIJOS**

**A) OTROS GASTOS REMUNERACIONES**

Gastos Administrativos						1230.76	307.69	20.94
Gastos en Personal Permanente						2080.00	520.00	
Asistencia Tecnica (5% CD)						105.87	26.47	
Utiles de Escritorio						12.00	3.00	
Gasolina						447.72	111.93	
Petroleo						352.44	88.11	
Valorizacion de terreno						50.00	12.50	
Valorizacion de inmuebles						100.00	25.00	
Otros gastos (1%)						171.86	42.97	
<b>TOTAL CI</b>						<b>4550.65</b>	<b>1137.66</b>	

Rubro	Unidad Medida	Superficie (ha) 1.00
1. Producción (PT)	Kg.	2,100.0
2. Costo Total (CT)	S/.	5,434.24
3. Valor Bruto de la Producción (VBP)	S/.	19,323.5
4. Beneficio Neto (BN)	S/.	13,889.3
5. Costo Unitario (CU)	S/./Kg.	2.59
6. Ingreso Neto x kg.	S/./Kg.	6.61
7. Rentabilidad (%)	%	255.59

**Tabla 6. Resumen de análisis de rentabilidad**

Del total de costos de producción el 7.84% es para la preparación de terreno, para siembra y abonamiento 19.57%, el 28.55% es para las labores culturales, en la actividad de cosecha 21.82% de los costos, en postcosecha el porcentaje del costo total utilizado es

de 1.29% y finalmente 20.94% del presupuesto es para los costos administrativos y otros incluyendo certificación (tabla 6), la elaboración de costos de producción es un determinante para la toma de decisiones de acuerdo al análisis, se obtiene beneficios, el precio de venta y la rentabilidad; que en este caso es de 255.59% con ello podemos indicar que producir semilla de quinua es rentable, considerando que como INIA se debe producir bajo estándares de calidad ya que se cuenta con especialistas trabajando durante muchos años cuyo sueldo también se incluye en los costos, es por ello que el costo total de producción es de S/. 4,434.24(tabla 7).

Del total del costo directo el presupuesto requerido para producir una hectárea de quinua en cuanto a la utilización de jornales es de S/. 1,533.125 que representa el 36% y horas maquina un total de S/. 2,482.50 que es el 58% y los demás factores como semilla, abono y otros representa el 6% (anexo 1)

#### **4.1.1. Determinación del punto de equilibrio.**

En muchas ocasiones se ha escuchado que alguna empresa está trabajando en su punto de equilibrio o que es necesario vender determinada cantidad de unidades y que el valor de ventas deberá ser superior al punto de equilibrio; sin embargo, este término no es lo suficientemente claro o contiene información que únicamente los expertos financieros son capaces de descifrar. La realidad es que el punto de equilibrio es una herramienta financiera que permite determinar el momento en el cual las ventas cubrirán exactamente los costos, expresándose en valores, porcentaje y/o unidades, es la cantidad producida o vendida con lo que no se gana ni se pierde. Además, muestra la magnitud de las utilidades o pérdidas de la empresa cuando las ventas excedan o caen por debajo de este punto, de tal forma que este viene a ser un punto de referencia a partir del cual un incremento en los volúmenes de venta generara utilidades, pero también un decremento

ocasionara perdidas, por tal razón, se analiza algunos aspectos importantes como son los costos fijos, costos variables y las ventas generadas para que el productor no incurra en pérdidas.

$$Pe = \frac{\text{Costos fijos}}{Pvu - Cvu}$$

Reemplazando lo valores tenemos:

$$Pe = \frac{2,302.26}{10 - 3.93} = 354.739599$$

El margen de contribución es S/. 6.1

El resultado obtenido de 354.74 Kg. Por hectárea para cubrir los costos mínimos, es decir que al producir esa cantidad no se gana ni pierde.

#### 4.1.2. Análisis de sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad es necesario estimar escenarios de precios de venta a ciertos niveles de rendimiento como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7. Análisis de sensibilidad del Beneficio Neto (S/.)**

Precio de venta (S/.)		Rendimiento (k/ha)				
		1,152 -40%	1,536 -20%	<b>1,920</b> 0%	2,304 20%	2,688 40%
14.00	40%	9,882	15,258	20,634	26,010	31,386
12.00	20%	7,578	12,186	16,794	21,402	26,010
<b>10.00</b>	0%	5,274	9,114	<b>12,954</b>	16,794	20,634
8.00	-20%	2,970	6,042	9,114	12,186	15,258
6.00	-40%	666	2,970	5,274	7,578	9,882

En el análisis de sensibilidad se observan diferentes situaciones que podrían darse en relación al beneficio neto de la producción de semilla de quinua; considerando en el caso de que, siendo optimistas, los rendimientos pueden incrementarse hasta en un 25% y el precio puede elevarse hasta S/. 15.00, o en el otro extremo puede darse que los rendimientos como también el precio, tengan una caída del 25% con lo que se obtendría

un beneficio neto del S/. 1,081.00; todos los escenarios que se muestran en la tabla, tienen la misma probabilidad de ocurrencia, esto no puede ser de mucha ayuda ya que en todos los sectores de la economía se busca la mayor aproximación al resultado que pueda ocurrir; este análisis se desarrollara en la siguiente parte.

#### 4.2. Beneficio Neto de Semilla de Quinua Considerando un Entorno de Riesgo e Incertidumbre en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno.

##### 4.2.1. Parámetros de las distribuciones de probabilidad de las variables

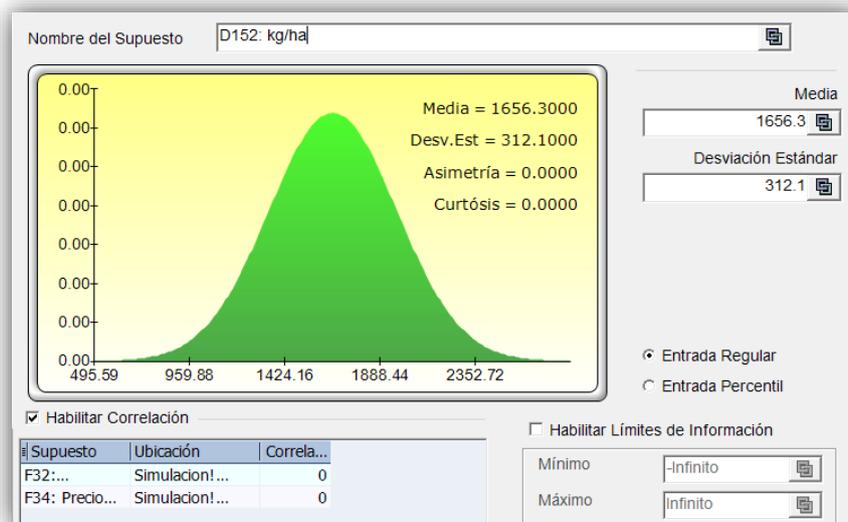
**Tabla 8. Parámetros de las distribuciones de probabilidad de las variables**

	Unidad de medida	Distribución de probabilidad	Parámetros
Rendimiento	Kg./ha	Normal	1656.30 ; 312.10
Precio de venta	S/. /Kg.	Triangular	5 ; 10 ; 15

Como se puede ver en la tabla 9, los parámetros de la distribución de probabilidad son específicos para cada variable, es decir cada conjunto de parámetros representa el comportamiento estocástico de cada una de las variables en el modelo, los parámetros se obtuvieron en el software Risk Simulator teniendo como base la naturaleza de los datos obtenidos para la distribución normal( anexo 03) y para la distribución triangular se consideraron datos históricos del precio de la semilla de quinua en donde se consideró S/. 5.0 como precio mínimo debido a que hasta el año 2018 se tenía registrado en almacén 67 toneladas de semilla de quinua y se optó por rebajar su precio para que se pudiera vender en su totalidad, el precio regular de semilla de quinua es de S/. 10.00, es por ello que se considera el precio más probable y según la guía de servicios emitida por el INIA mediante Resolución Jefatural su precio de venta puede superar los S/. 15.00, pero en condiciones de mercado, no supera ese precio.

#### 4.2.2. Distribución de probabilidad para el rendimiento de semilla de quinua por hectárea

Al realizar el ajuste de distribución de probabilidad se obtuvieron los parámetros necesarios para determinar los supuestos de entrada en la distribución normal como se muestra en la figura 10.



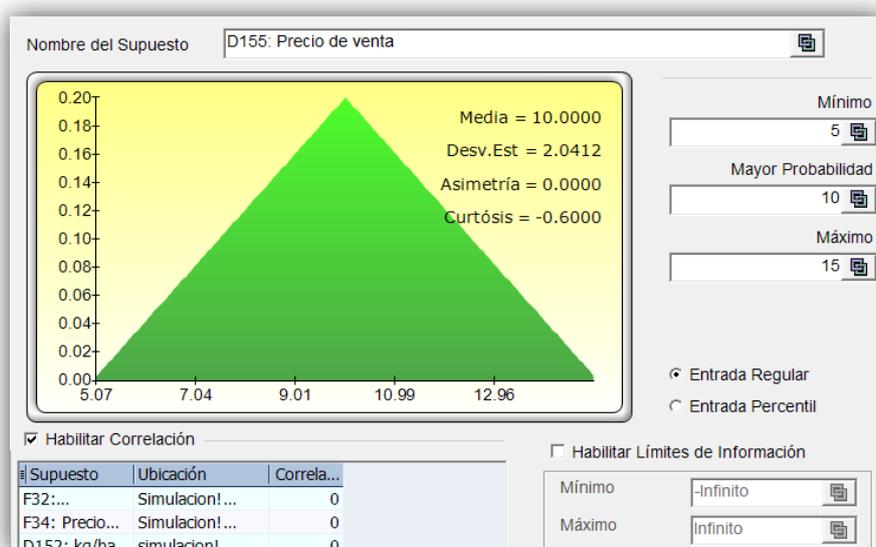
**Figura 10. Distribución de probabilidad para el rendimiento de quinua por hectárea**

Fuente: Supuesto de entrada Risk Simulator para rendimiento de quinua Kg/ha.

En la figura 10 se muestra la distribución normal de los niveles de rendimiento, el rendimiento máximo que se puede obtener es de 2,606.55Kg/ha. y como mínimo 731.04 Kg/ha. al realizar las 1000 iteraciones se obtiene como promedio 1,656.3 Kg/ha.

#### 4.2.3. Distribución de probabilidad para el precio de venta

Tomando los parámetros del cuadro 1 para generar el supuesto de entrada de la variable precio en una distribución triangular.

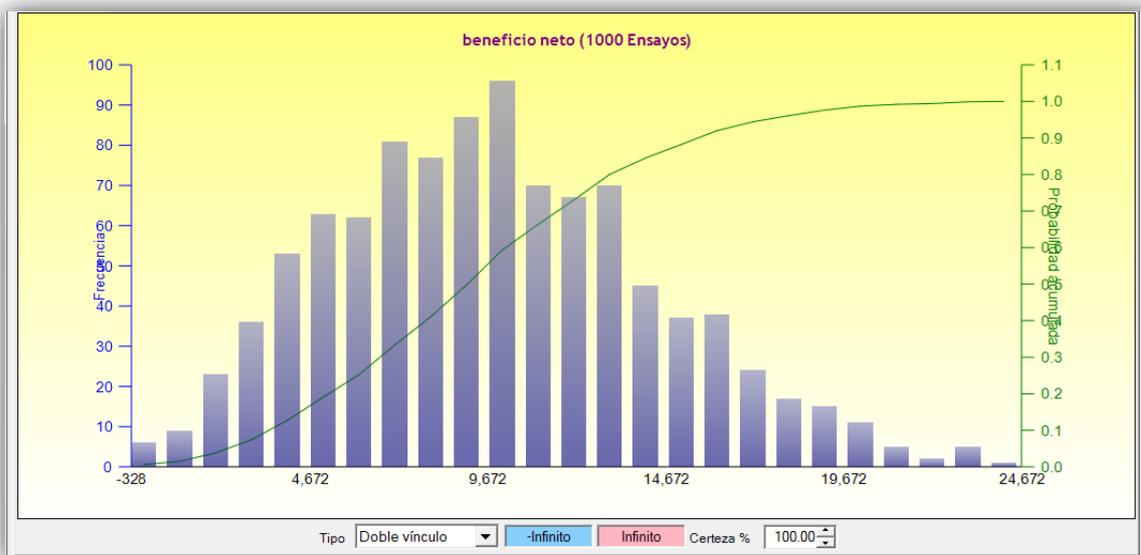


**Figura 11. Distribución de probabilidad para el precio de quinua por kilo**  
Fuente: Supuesto de entrada Risk Simulator para el precio S/. /ha.

Se considera la distribución triangular para este caso, debido a que los valores más próximos al mínimo y máximo tienden a ocurrir con menos frecuencia que aquellos que se encuentran cerca del valor más probable, el precio regularmente es de S/. 10.00 del kilo de semilla de quinua de la variedad salcedo INIA categoría certificada.

#### 4.2.4. Beneficio neto de la producción de semilla de quinua en un entorno de riesgo e incertidumbre.

El beneficio neto es el resultado de la diferencia del ingreso total menos el costo total, para determinar el escenario más probable se realizaron 1000 simulaciones tomando diferentes precios y niveles de rendimiento según la distribución de probabilidad y los parámetros estimados.



**Figura 12. Distribución de probabilidad de beneficio neto obtenido por una hectárea de semilla de quinua**

Fuente: Resultado de las simulaciones en Risk Simulator

Estadísticas		Resultado
Número de simulaciones		1000
Media		9,364.8137
Mediana		9,091.3918
Desviación Estándar		4,564.0289
Variación		20,830,359.3549
Coefficiente de Variación		0.4874
Máximo		24,167.2902
Mínimo		-982.2080
Rango		25,149.4982
Asimetría		0.3541
Curtosis		-0.2203
25% Percentil		6,020.6992
75% Percentil		12,420.9963
Precisión de Error al 95% de Confian...		3.0206%

**Figura 13. Ajuste de distribución normal para los niveles de rendimiento**

Fuente: Supuesto de entrada Risk Simulator para rendimiento de quinua Kg/ha.

En la figura 13, se observa que las probabilidades de ocurrencia en el beneficio neto por hectárea de la producción de semilla de quinua de la variedad Salcedo INIA categoría certificada, se encuentra distribuida entre S/. 982.21 (perdidas) y S/. 24,167.29 con una media de S/. 9,364.81 por hectárea, para determinar el riesgo económico se toma considera la siguiente formula:

Riesgo económico:

$$P(\text{BN} < 0) = \frac{\text{Valores } (-)}{\text{Total}} = \frac{6}{1000} * 100 = 0.6\%$$

Las probabilidades de ocurrencia son bajas para los resultados negativos, las probabilidades de obtener pérdidas (obtener beneficios netos menores a cero) son del 0.6% (anexo 04) mientras que las obtener beneficios netos positivos son 94% (anexo 05) con un 5% de nivel de confianza para eventos poco probables de obtener niveles de beneficio neto positivos entre S/. /ha 358.07 por hectárea y S/. 24,167.29 por hectárea.

Estos resultados muestran que, en la producción de semilla de quinua, es más probable que se registren ganancias económicas para la EEA Illpa Puno, de acuerdo con los posibles valores, presentados por la probabilidad de ocurrencia y distribución de probabilidad de variables importantes como el rendimiento de semilla de quinua por hectárea y precio de venta. La producción de semilla de quinua debido a sus características agronómicas; puede cultivarse en climas diferentes: desérticos, calurosos y secos; es rentable confirmando otros estudios realizados.

## Discusión

El estudio de Coaquira, 2013; recomienda invertir en la producción de quinua orgánica porque tiene bajos costos y alta rentabilidad, con una tecnología media se tiene una rentabilidad de 330.84% el precio de venta de S/. 7.80 y un costo total de S/. 2172.50, obteniendo un beneficio neto de S/. 7187.50; Vilca, (2017) en su tesis indica que la rentabilidad promedio es de 160.10% cifra que significa que el cultivo de quinua de la variedad Kancolla es una actividad rentable, Quispe 2018; en su trabajo de investigación muestra que los productores de quinua orgánica, obtienen un ingreso (VBP) de S/. 8,400.00 así mismo el costo de producir 1 hectárea de quinua orgánica es de S/. 1,663.00

con tecnología media con un beneficio neto de S/. 6526.00 a un precio de S/. 7.00; con los estudios ya mencionados podemos sustentar que la producción de quinua es rentable obteniendo beneficios netos positivos, puede darse el caso de factores como el clima que puede disminuir el rendimiento, sin embargo, considerando el análisis de riesgo es poco probable que la producción de quinua se encuentre con resultados negativos.

#### **4.3. Efecto del cambio de tecnología en los niveles de rendimiento de producción de semilla de quinua en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa Puno.**

Para determinar si existe efecto del cambio en la tecnología (que a partir del 2015 es intensiva en maquinaria) es necesario realizar un análisis para determinar si la función de producción es la adecuada.

##### **4.3.1. Factores de producción que influyen en el rendimiento de la producción de semilla de quinua de la variedad Salcedo INIA categoría certificada**

La función de producción se estima a partir de los factores de producción; mano de obra y horas máquina. La producción de semilla de quinua en el Anexo Experimental Tahuaco de la EEA Illpa-Puno tiene un manejo agronómico especializado, así como la producción de semillas, plántones y reproductores de alto valor genético; es por ello que se evalúan costos de producción durante cada campaña. Para estimar las funciones de producción se ha considerado cuatro variables independientes (mano de obra, horas máquina, cantidad de urea y cantidad de fosfato diamónico) y una variable dependiente que es rendimiento en kilogramos por hectárea.

**Tabla 9. Variables a considerar en la producción de quinua**

<b>Rendimiento Kg/Ha.</b>	<b>Mano de obra Numero de jornales</b>	<b>Maquinaria Horas maquina</b>	<b>Urea Kilogramo</b>	<b>Fosfato Diamónico Kilogramo</b>
1684.97	56.07	22.24	92.82	85.57

En la tabla 9 se muestra el rendimiento y los factores de producción agrícola de una hectárea en promedio del total de las 15 campañas agrícolas consideradas; donde el rendimiento promedio por hectárea es de 1684.97 Kg. para ello fue necesario 56.07 jornales trabajados, empleando 22.24 horas máquina, con un promedio de 92.82Kg. y 85.57Kg. de Urea y fosfato diamónico respectivamente, ya que son los nutrientes necesarios para la fertilidad del suelo, en la formulación N-P-K que son nitrógeno, fosforo y potasio, este último puede ser usado en cantidades mínimas o puede prescindirse de él, debido a las características del suelo en la región Puno.

### Estimaciones de la función de producción de quinua

- Modelo logarítmico

Para estimar el modelo econométrico del rendimiento de quinua por hectárea, se generaron los logarítmicos de cada variable en el software estadístico R, Tabla N°11.

**Tabla 10. Estimación econométrica de la función de producción Cobb-Douglas**

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.12599	-0.06265	0.00257	0.02746	0.19975

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-2.75531	5.70614	-0.483	0.63959
horma	0.37456	0.10590	3.537	0.00539 **
njor	0.31416	0.19614	1.602	0.14030
ur	0.04751	0.15319	0.310	0.76282
fos	1.69658	1.44265	1.176	0.26683

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.09589 on 10 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.823, Adjusted R-squared: 0.7522  
F-statistic: 11.62 on 4 and 10 DF, p-value: 0.0008891

Las probabilidades estadísticas de cada variable explicativa en el modelo no son significativas con excepción de la variable cantidad de horas máquina, es por ello que se estima un nuevo modelo con la variable significativa y con la variable número de jornales.

Los resultados para la estimación se presentan en la siguiente tabla. Se realizó las estimaciones para el modelo de regresión lineal (anexo 06 y 07).

**Tabla 11. Estimación econométrica de la función de producción Cobb-Douglas reducido**

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.12074	-0.06575	-0.01384	0.06938	0.20089

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	4.11588	0.54204	7.593	6.39e-06 ***
horma <sub>q</sub>	0.44532	0.08454	5.267	0.000199 ***
n <sub>jor</sub>	0.48258	0.12511	3.857	0.002280 **

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.09384 on 12 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.7966, Adjusted R-squared: 0.7627  
 F-statistic: 23.49 on 2 and 12 DF, p-value: 7.088e-05

Según los resultados, las variables incluidas en el modelo explican un 79.66% la variabilidad de los rendimientos de quinua por hectárea  $R^2=0.7966$  a un nivel de significancia del 95%, a partir de los resultados presentados en la tabla 12 se puede establecer el modelo econométrico de la función de producción de semilla de quinua en la EEA Illpa Puno, Anexo Tahuaco.

$$Rendimiento = e^{4.11588} * horma_q^{0.44532} * n_{jor}^{0.4825}$$

La interpretación de esta ecuación permite afirmar el valor de las elasticidades del número de jornales y horas maquina:

a) *Elasticidad Rendimiento – horas maquina:*  $\epsilon = \frac{\Delta\%Rend}{\Delta\%horma_q} = 0.445$

b) *Elasticidad Rendimiento – numero de jornales :*  $\epsilon = \frac{\Delta\%Rend}{\Delta\%n_{jor}} = 0.4825$

La suma de las elasticidades individuales de 0.9278 que indica que la producción de semilla de quinua presenta rendimientos decrecientes a escala.

En el estudio realizado por Torres (2018), se hizo la estimación de los factores de producción que más influyen en el rendimiento para la quinua donde los coeficientes para mano de obra y maquinaria son 0.48 y 0.59; en este trabajo de investigación se consideraron otros factores como la cantidad de semilla, agua utilizada y fertilizantes. En el presente trabajo se evaluaron qué factores influyen en los niveles de rendimiento de la producción de semilla de quinua variedad Salcedo INIA categoría certificada y con los resultados previos, se demuestra que, al incrementar los factores productivos, se incrementan en los niveles de rendimiento.

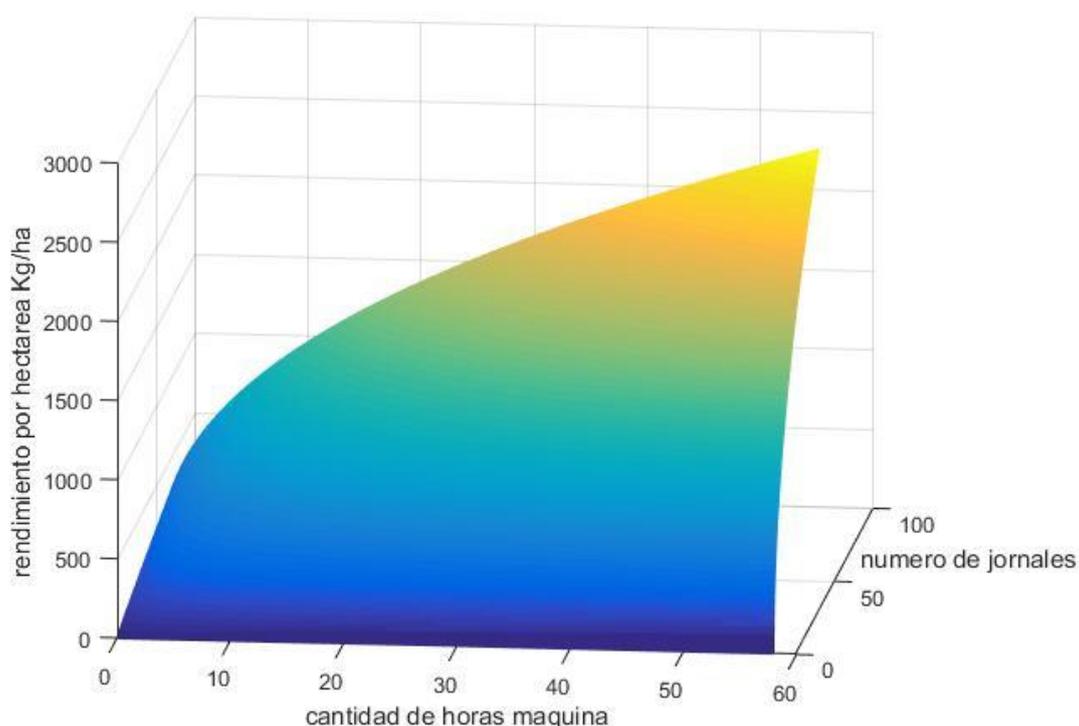
En cuanto a los niveles de fertilización se indica que si bien el INIA es un Organismo Técnico Especializado, previa a la fertilización está el análisis de suelo, dicho análisis no se cumple con rigurosidad para cada campaña por diversos factores, pero como en el presupuesto ya se establece la cantidad de fertilizantes a utilizarse debido a un histórico en campañas anteriores, es por eso que las variables como cantidad de urea y fosfato diamónico utilizados casi son constantes en la mayoría de campañas agrícolas.

Así, ante un aumento del 100% en la utilización de mano de obra (cantidad de jornales), los niveles de rendimiento de semilla de quinua variedad Salcedo INIA categoría certificada se incrementan en 48.25% muy cercano al estudio de Torres (2018) que halló 48.82% y ante un incremento del 100% en la cantidad de horas maquina utilizadas para una hectárea de producción de semilla de quinua, los niveles de rendimiento se incrementaron en 44.5%, resultando un porcentaje menor que el de mano de obra.

### 4.3.2. Valores críticos que maximizan la producción de quinua en el Anexo Experimental Tahuaco EEA Illpa-Puno.

Para determinar los factores críticos que maximizan la función de producción de quinua es importante empezar, analizando el nivel óptimo técnico (NOT) en la producción en base a los insumos capital (horas maquina), y mano de obra (jornales) para lo cual primero tenemos la función de producción estimada, el procedimiento será similar al presentado por Cruz Lauracio, 2019 en su investigación:

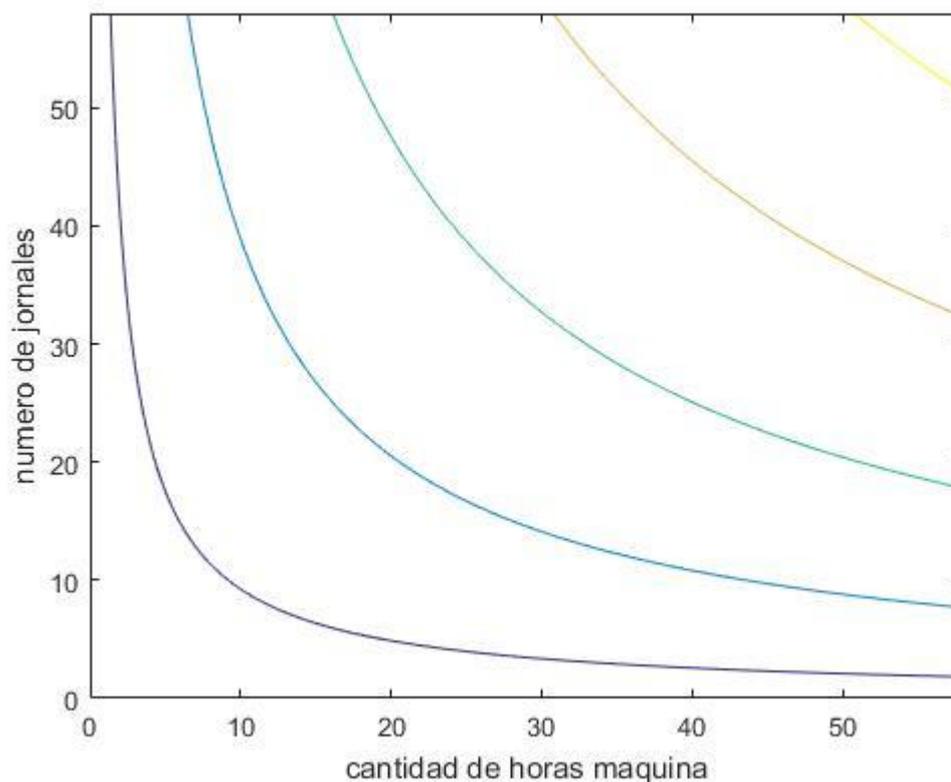
$$Q = 61.30613994X_1^{0.44532}X_2^{0.48258}$$



**Figura 14. Función de producción Cobb Douglas según el modelo estimado.**

Fuente: Elaboración en el software Matlab.

En la figura 14 se muestra la función de producción Cobb Douglas estimado según los datos, que representa la cantidad de horas máquina y cantidad de jornales.



**Figura 15. La Función de producción Cobb Douglas genera un mapa de isocuantas.**

Fuente: Elaboración en el software Matlab.

La figura 15 muestra el mapa de isocuantas, para los diferentes niveles de producción (anexo 17) con lo cual se puede verificar que los factores que pueden sustituirse a lo largo de la isocuanta esto también se verifico con mediante la metodología de Henderson y Quant (anexo 10).

- Optimo Técnico: para determinar el óptimo técnico es necesario derivar la función de producción para cada factor productivo.

Se ha calculado la cantidad de maquinaria agrícola que conduce a optimizar el producto, para ello la variable mano de obra se mantiene constante, reemplazando por su promedio estadístico, se tiene que  $\bar{n}j\bar{o}r = 56.07$  jornales.

$$Q = 427.825302 * horma q^{0.44532}$$

Luego aplicando la primera derivada, que es igual al producto marginal de horas maquina a un valor de  $PM_{Hormaqa} = 25$ , tenemos:

$$\frac{\partial Rend}{\partial Hormaqa} = PM_{Hormaqa} = 0.44532 * 427.825302 * hormaqa^{0.44532-1}$$

$$PM_{Hormaqa} = 190.519163 * hormaqa^{-0.55477} = 20$$

$$Hormaqa = \left( \frac{25}{190.519163} \right)^{\frac{-1}{0.55477}}$$

Como resultado se tiene  $Hormaqa=58.1474469$  horas maquina por hectárea cultivada, es la cantidad de capital o maquinaria que permitirá alcanzar el nivel de producto deseado de semilla de quinua en 2612.44 kilos por hectárea.

$$\begin{aligned} Q &= 427.825302 * (58,1474469)^{0.44532} \\ &= 2612.44 \text{ kilos de semillas de quinua/ha} \end{aligned}$$

De igual forma tenemos la cantidad de trabajo ( $njor$ ) que lleva a la optimización deseada de producto, en ese caso la variable capital se mantiene constante, reemplazando igual que el anterior por su promedio estadístico  $\overline{njor}=56.07$  horas maquina por hectárea de cultivo.

$$Q = 61.3061399 * 56.07^{0.44532} * njor^{0.4825}$$

$$Q = 368.33981 * njor^{0.4825}$$

Luego se aplica la primera derivada, que es igual al producto marginal del trabajo:

$$\frac{\partial Rend}{\partial njor} = PM_{njor} = 0.44532 * 368.339813 * njor^{-0.55468}$$

Para optimizar se ha igualado el producto marginal del trabajo a un valor de 18 ( $PM_{n_{jor}} = 18$ ), se tiene:

$$PM_{n_{jor}} = 164,029086 * n_{jor}^{-0.55468} = 18$$

$$n_{jor} = \left( \frac{18}{164.029086} \right)^{\frac{-1}{0.55468}}$$

Luego la mano de obra ( $n_{jor}=53$ ) jornales por hectárea cultivada se permitirá alcanzar el nivel óptimo de producción de semilla en kilos por hectárea de la siguiente forma:

$$Q = 368.33981 * 53^{0.4825} = 2501.56486 \text{ kilos de semilla de quinua/ha}$$

Los valores críticos que optimizan la producción de semilla de quinua por hectárea en el Anexo Experimental Tahuaco son 58 horas máquina y 53 jornales, con estos valores se maximiza los niveles de rendimiento.

- **Óptimo Económico:** para determinar el óptimo económico es necesario realiza la primera derivada de la función de producción con respecto a la derivada de cada factor productivo igualando la relación factor/precio.

Se asume el método de optimización de Lagrange, para lo cual se ha formulado la ecuación de costo total (isocosto) de producción de semilla de quinua en una hectárea de cultivo, teniendo en cuenta que el costo de mano de obra es de  $w = S/. 35$  el jornal y el costo del capital es  $r = S/. 65$  por hora maquina; estos valores corresponden a los precios establecidos por la EEA Illpa Puno; en la metodología de Lagrange se toma en cuenta la función de producción Cobb douglas, que viene a ser la isocuanta del modelo.

$$Q = 61.3061399 * 22.54^{0.44532} * 56.07^{0.4825} = 1713.025$$

Tenemos que 1713.025 kilos del producto de semilla de quinua por hectárea cultivada, para lo cual se ha utilizado el promedio de las cantidades de cada factor productivo.

$\overline{horma q} = 22.24$ , factor capital horas maquina por hectárea de producción de semilla de quinua

$\overline{n jor} = 56.07$ , factor número de jornales por hectárea de producción de semilla de quinua

Luego se formula el lagrangeano de optimización de la producción (minimización de costos):

$$L = 65horma q + 35n jor - \lambda(61.3061399 * 22.54^{0.44532} * 56.07^{0.4825} - 1713.025)$$

Habiendo realizado la condición de primer orden, derivadas parciales para cada insumo, una vez que se tiene el producto marginal de los insumos se aplica la siguiente regla de optimización (Anexo 11):

$$\frac{PM_{n jor}}{PM_{horma q}} = \frac{w}{r}, \text{ donde:}$$

$PM_{n jor}$  y  $PM_{horma q}$  son la productividad marginal de mano de obra y producto marginal del capital respectivamente.

$w$  = Costo de trabajo, remuneración por jornal de trabajo por hectárea.

$r$  = Costo de capital, pago por empleo de maquinaria horas maquina por hectárea.

Con el procedimiento de optimización se ha obtenido los niveles de óptimo económico de mano de obra ( $n_{jor}=51$  jornales por hectárea) y para capital ( $h_{ormaq} = 25$  horas maquina por hectárea, con esta combinación de factores, la producción de semilla de quinua es de 1713.025 kilos por hectárea, nivel que lleva a maximizar los beneficios de la EEA Illpa Puno.

Los valores críticos que maximizan el nivel de ingreso son 51 jornales y 25 horas maquina por hectárea, por lo cual, si se requiere incrementar los ingresos obtenidos por la venta de semilla de quinua de la variedad Salcedo INIA categoría certificada, este análisis puede ayudar a la toma de decisiones para mejorar la estimación de presupuesto; ya que, al incrementarse las cantidades para cada factor, se incrementarían los costos de producción. Como se muestra en la figura 14, las estimaciones de los niveles de rendimientos tienden a decrecer a medida que los factores de producción se incrementan. El óptimo técnico agrícola es un nivel de producción por cada hectárea de cultivo, que se desearía obtener, en cambio el óptimo económico es el nivel o cantidad de producto que realmente se obtiene y le permite lograr el mejor nivel de ingresos.

Analizando los rendimientos de producción de semilla de quinua bajo la teoría de producción de largo plazo en la cual los factores mano de obra ( $n_{jor}$ ) y maquinaria ( $h_{ormaq}$ ), ambos son variables; se aplica la teoría de isocuantas y los isocostos, con la metodología de Lagrange de optimización de la función de producción (minimización de costos).

Se muestra la optimización de la producción, el punto de equilibrio de producción de semilla de quinua, donde la pendiente de la curva de isocosto es igual a la pendiente de la curva de isocuanta, en ese punto la producción óptima es  $rend=1713.025$  kilos por hectárea cultivada, con un costo total de S/. 3,416.206 representado por la recta de

isocosto. Analizando matemáticamente el punto en la que maximiza los beneficios corresponde a la siguiente regla:

$$\frac{PM_{n\text{jor}}}{PM_{h\text{ormaq}}} = \frac{w}{r}$$

$$\frac{0.9229n\text{jor}}{h\text{ormaq}} = \frac{65}{35}$$

El proceso productivo de la semilla de quinua que es intensivo en mano de obra (jornales) es mayor al de horas máquina, si se incrementa el 10 % la mano de obra, la producción aumenta en 4.8%, si se incrementa la misma proporción el uso de maquinaria el producto aumenta en 4.4%.

A partir de la minimización de costos se ha optimizado la productividad de la semilla de quinua para luego estimar los ingresos con un precio de S/. 10.00 por kilo luego se calcula los beneficios totales por hectárea.

$$\text{Beneficios} = \text{ingresos} - \text{costos}$$

$$\text{Ecuación de costo: } CT = n\text{jor} * w + h\text{ormaq} * r = 51 * 35 + 25 * 65 = 3,410.00$$

$$\text{Ingreso: } I = P * Q = 10 * 1,713.025 = 17,130.25$$

$$\text{Beneficios} = 17,130.25 - 3,410.00 = 13,720.25$$

El resultado muestra que la producción de semilla de quinua, obtiene beneficios económicos por un monto de S/ 13,720.25, por hectárea de cultivo, en una campaña agrícola, sin embargo, es de considerar que al ingreso mencionado se debe adicionar los costos fijos que son los gastos administrativos, gastos de pesticidas y fertilizantes, gastos de venta y pago de personal especializado que trabaja en la EEA Illpa Puno debido que

la semilla que se proporciona debe tener la certificación ARES6 y debe ser categorizada como semilla de quinua certificada. La función de producción Cobb-Douglas y el procedimiento de Lagrange, optimiza mejor la productividad de la semilla de quinua, aporta soluciones para el proceso productivo, en la decisión de mejorar el empleo de los factores productivos.

Habiendo realizado diferentes regresiones el modelo econométrico finalmente quedando con dos factores (maquinaria agrícola y mano de obra) significativos, más una variable aleatoria- estocástica ( $\mu$ ); sobre este último (Gujarati & Porter, 2010b) indican que la variable aleatoria, representa a todos los factores que afectan a la variable dependiente pero que no se considera en el modelo en forma explícita y son fijas, dentro de estos se encuentra los factores climatológicos (temperatura, precipitaciones pluviales y heladas entre otras); de igual forma (Rosales et al., 2004) en la generalización de la función de producción Cobb Douglas ( $Y=AX_1^{\beta_1}X_2^{\beta_2}$ ), refiere que en la empresa agrícola existen insumos variables ( $X_1$  y  $X_2$ ) que están bajo el control del administrador, los insumos restantes se tratan como fijas y el parámetro tecnología ( $A$ ) se considera el impacto de los factores fijos, que no está bajo el control del agricultor; dentro de este último se encuentra la variable clima. Bajo estos supuestos se optimiza la productividad de la quinua orgánica; el factor clima no es controlable por el agricultor de quinua, y no podría tomar ninguna decisión sobre la situación climatológica que se presente durante la campaña agrícola e influya positiva o negativamente en la producción.

#### **4.3.3. Análisis de los niveles de rendimiento.**

---

<sup>6</sup> Área de Regulación de Semillas, donde se supervisa la producción y certificación de semillas de los diversos cultivos.

Para determinar el efecto del cambio de tecnología es necesario estimar un modelo con variables dicotómicas en donde la variable dependiente es el rendimiento de semilla de quinua obtenida en cada campaña y la variable independiente es el nivel de tecnología<sup>7</sup> empleada (anexo 09).

**Tabla 12. Estimación del modelo de regresión con variable dicotómica**

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-380.64	-112.19	-48.75	79.36	814.36

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	1582.64	86.72	18.250	1.2e-10 ***
Ntec	384.11	167.94	2.287	0.0396 *

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 287.6 on 13 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.2869, Adjusted R-squared: 0.2321  
 F-statistic: 5.232 on 1 and 13 DF, p-value: 0.03958

En la estimación del modelo se tiene un ajuste relativamente bajo, sin embargo, el objetivo de la estimación es determinar si existe o no diferencia significativa entre el nivel de tecnología empleado durante las 15 campañas evaluadas.

La estimación se puede realizar a su vez mediante un análisis de varianza ANOVA<sup>8</sup> de un factor como se muestra en la tabla 14.

**Tabla 13. Análisis de varianza para determinar diferencia significativa**

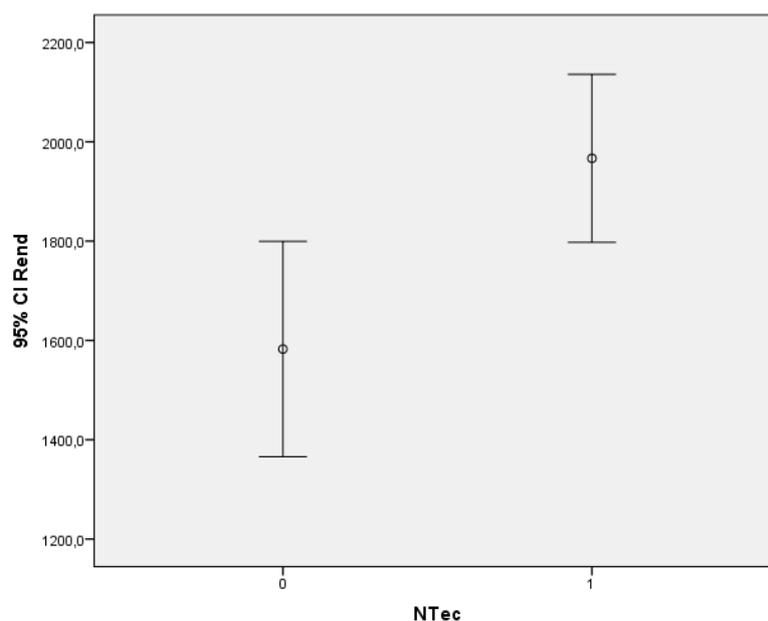
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Ntec	1	432794	432794	5.232	0.0396 *
Residuals	13	1075461	82728		

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

<sup>7</sup> Consideramos los valores; para el nivel de tecnología intensivo en mano de obra igual a 0 y para el nivel de tecnología intensivo en maquinaria igual a 1.

<sup>8</sup> Es una técnica estadística que señala si dos variables (una independiente y otra dependiente) están relacionadas en base a si las medias de la variable dependiente son diferentes en las categorías o grupos de la variable independiente. Es decir, señala si las medias entre dos o más grupos son similares o diferentes.

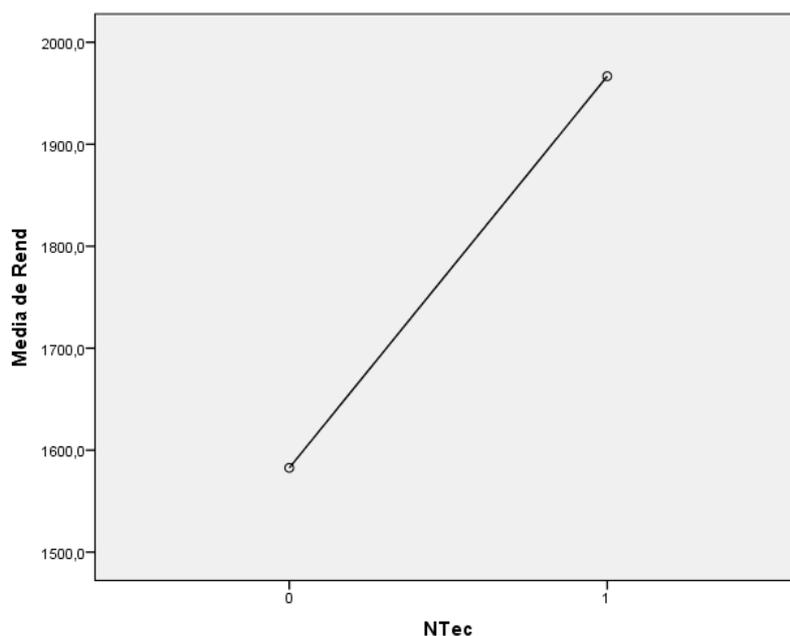
Según los resultados obtenidos en la tabla 13, podemos indicar que a un nivel de significancia del 5%, existe diferencia significativa entre las medias según el nivel de tecnología empleada en la producción de semilla de quinua variedad Salcedo INIA categoría certificada.



**Figura 16. Gráfico de comparación de medias de rendimiento según el nivel de tecnología**

Fuente: Salida del software estadístico SPSS versión 20

La figura muestra que si existe homogeneidad de varianzas la por lo que se analizara mediante la prueba de Levene (Anexo 12), se puede notar que el promedio de rendimientos para el nivel de tecnología intensivo en capital es mayor, como se corrobora en la figura 16.



**Figura 17. Comparación de medias según nivel tecnológico**

Fuentes: Salida del software estadístico SPSS versión 20

Se observa que el rendimiento de semilla de quinua es mayor cuando el nivel de tecnología es intensivo en la utilización de maquinaria.

### Discusión

Díaz, Trujillo, & Trujillo(2017) en su estudio “Análisis de la cadena productiva de la quinua en San Román – Puno para usos prospectivos”, indica en cuanto al uso de tecnología, contribuye en mejorar la eficiencia en las actividades a realizar, mencionan que el uso de tractor permite obtener una tierra homogénea, que permite que el abono enterrado se descomponga de manera pareja y, a su vez, permita nutrir el suelo en la misma proporción; la preparación del terreno representa una sub etapa muy importante ya que permite nutrir el suelo para lograr rendimientos altos en la producción.

El nivel de tecnología empleado en Anexo Tahuaco es tecnología media debido a que para algunas labores se utiliza maquinaria agrícola; por esa razón en las diferentes etapas de la producción y con el personal especializado se obtienen niveles por encima del promedio en la Región Puno.

## V. CONCLUSIONES

El costo estimado para producir una hectárea de semilla de quinua durante la campaña agrícola 2018-2019 en el Anexo Experimental Tahuaco es de S/. 5,434.24, que se dividen en costos directos y costos indirectos, a nivel de costos directo la actividad donde se requiere mayores recursos es en las labores culturales que representa el 28.55%; la rentabilidad hallada es de 255.59%; el punto de equilibrio es de 357.73 kilos con lo que se estaría cubriendo los costos, en cuanto al análisis de sensibilidad, si tanto el precio como el rendimiento tienen una caída del 40% al producir semilla de quinua aún se obtienen ingresos, en el caso más óptimo los ingresos serían de S/. 31,386 observando el caso en que el precio y los rendimientos se incrementan en 40%.

Para realizar el análisis mediante la simulación Monte Carlo se determinaron las distribuciones de probabilidad del precio de venta por kilogramo y los rendimientos por hectárea, realizando 1,000 iteraciones, se obtuvo la probabilidad de ocurrencia de beneficios netos negativos de la producción de semilla de quinua resultando 0.6%, con lo que se demuestra que el riesgo es mínimo debido también a su precio que por ser semilla es más elevado y a sus características agronómicas, haciendo de este cultivo rentable y poco riesgoso.

Según los resultados obtenidos de la estimación de la función de producción Cobb – Douglas, los factores de producción que más influyen en el rendimiento por hectárea de semilla de quinua variedad Salcedo INIA categoría certificada son mano de obra y horas máquina; la función de producción de semilla de quinua presenta un valor de elasticidad sustitución de 0.999, mediante la metodología de Henderson y Quant, determinándose que son factores sustitutos, si incrementa el precio de uno se puede utilizar el otro. La producción de semilla de quinua presenta rendimientos decrecientes a escala con un valor

de  $0.9275 < 1$ , los niveles óptimos técnicos y económicos de producción son: 2501.56 kg/ha y 1713.025Kg/ha, en cuanto al análisis de rendimiento mediante un análisis de varianza se verifica que, si existe diferencia significativa entre los dos grupos, intensivo en el uso de mano de obra e intensivo en el uso de maquinaria agrícola, con la implementación de tecnología en las actividades de cosecha y postcosecha la reducción de pérdidas en semilla es considerable lo cual influye en los costos de producción y la rentabilidad.

## VI. RECOMENDACIONES

Los costos de producción son fundamentales para toda actividad agrícola, con ello se puede determinar si es rentable la producción de semilla de quinua y realizar un análisis muy minucioso sobre qué actividades que se realizan y si es posible tecnificar algunas labores en donde se hace mayor uso de mano de obra ya que para lograr los niveles de producción comparado con otros países es necesario implementar tecnologías.

La producción de semilla de quinua es poco riesgosa, considerando que a nivel del INIA toda producción es de mejor calidad, que se debe brindar a los productores, es por ello que se tiene un buen manejo agronómico del cultivo, sin embargo es necesario realizar este tipo de análisis se brinde información no solo del cultivo de quinua sino de otros cultivos que también se producen en la EEA Illpa Puno, para generar información profundizada que servirá para la formación de productores semilleristas del cultivo de quinua.

La implementación de tecnología es recomendable debido a que reduce los costos de producción y ayuda al incremento en el rendimiento evitando pérdidas en las diferentes actividades del manejo agronómico del cultivo de quinua. Se le recomienda a la EEA tecnificar las labores que faltan para así ser referente en la actividad agrícola para los productores de la región y el país; a su vez se recomienda a los agricultores a llevar un adecuado manejo agronómico ya que es fundamental realizar las diversas actividades agrícolas de forma correcta y oportunamente.

## VII. REFERENCIAS

- Bastar, G. (2014). Metodología De La Investigación. In *Metallurgia Italiana*.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Beltran, A., & Cueva, H. (2012). *Evaluacion Privada de proyectos* (Segunda Ed; Apesu, Ed.). Lima.
- Benger, A. M., Pena De Ladaga, S., & Monti, S. (2015). *Riesgo en Campos Agrícolas de Pampa Ondulada Alta: Uso de Estrategias de Cobertura de Precios y de Diversificación para la Disminución del Riesgo*. 1–19.
- Cerda, R., Alejandro, C., & Manuel, F. (2014). *Gestion de operaciones en empresas agropecuarias. TOPICO III*, 64.
- Coaquira, L. (2013). *Análisis de la producción de quinua orgánica y convencional en la comunidad de chocco quelicani, distrito de ilave, periodo 2012 – 2013*.  
Universidad Nacional del Altiplano.
- Cruz Lauracio, J. (2019). Análisis de la función Cobb-Douglas que mejor optimiza la productividad de la quinua orgánica en la región de Puno. *Escuela de Posgrado*, 1–254. Retrieved from  
[http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2383/Oblitas\\_Huayllapuma\\_Elizabeth\\_Quinto\\_Apaza\\_Deyse.pdf?sequence=1](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2383/Oblitas_Huayllapuma_Elizabeth_Quinto_Apaza_Deyse.pdf?sequence=1)
- Delgado Castillo, A. (2013). *Defensa del Cultivo de la Quínoa en la Provincia del Guavio y la Justificación Teórica para la Creación y Comercialización a Nivel Local de un Producto Con Base a Quínoa para Garantizar el Autoconsumo Indirecto por parte de la Población Productora*. Retrieved from

<http://www.ghbook.ir/index.php?name=های رسانه و فرهنگ>

[http://www.ghbook.ir/index.php?option=com\\_dbook&task=readonline&book\\_id=13650&page=73&chkhask=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component](http://www.ghbook.ir/index.php?option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chkhask=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component)

Díaz, A., Trujillo, S., & Trujillo, Y. (2017). *Análisis de la cadena productiva de la quinua en San Román – Puno para usos prospectivos*. Pontificia Universidad Católica Del Perú.

Duchitanga Vale, S. M. (2017). *Evaluación del rendimiento y rentabilidad de quinua *Chenopodium quinoa* Willd con la utilización de abonos agroecológicos en la parroquia Tarqui (Sur del Ecuador) TESIS*. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/19845/1/TESIS.pdf>

Estacion Experimental Illpa Puno. (1997). *Compendio de Alternativas Tecnologicas* (Primera Ed). Puno.

Fredericick, H., & Gerald, L. (2010). *Introduccion a la Investigacion de Operaciones* (Novena edi; Mc Graw Hill, Ed.).

Gould, F., & Eppen, G. (1992). *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. 1524. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Investigación+de+Operaciones+en+la+Ciencia+Administrativa#4>

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010a). *Econometría*. 5.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010b). *Econometría*. In *Mc Graw Hill*.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Hernández, R. (2014). *Metodologia de la Invetigacion* (6ta edicio). D.F. Mexico.

- Herrera, C. (2016). *“Los costos de producción en la crianza de cuyes y su implicancia en la comercialización de la asociación los andinos de la comunidad de Ilave en el Distrito de Pitumarca-Canchis-Cusco periodo 2015.”*
- Kafka, F. (1997). *Teoría Económica* (Tercera Ed). Lima.
- Leon, J. (2003). Cultivo de la Quinoa en Puno-Perú, Descripción, Manejo y Producción. *Ciencia Agraria*. Retrieved from <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/07/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>
- MINAGRI. (2018). *Manejo agronómico prácticas de conservación de suelos, producción, comercialización y perspectivas de granos andinos*. 88. Retrieved from [http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia\\_plantas/f01-cultivo/2019/manejo\\_granos\\_andinos19.pdf](http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/2019/manejo_granos_andinos19.pdf)
- Minaya, C. (2014). *Análisis de Rentabilidad en la Producción de Papa Blanca Comercial en las Regiones de Huanuco y Lima*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Montilla, F. (2007). *Conceptos básicos de microeconomía de la empresa. Función de producción*. Retrieved from [www.econlink.com.ar](http://www.econlink.com.ar)
- Moré Olivares, E. (2014). *Sistemas económicos y modelos de economía moderna*.
- Mun, J. (2009). *Simulador de Riesgo Manual de Usuario en Español*.
- Nicholson. (2008). *Teoría microeconómica: principios básicos* (Novena Edición).
- Pérez, G., & Lilia, S. (2017). *Empresas Agropecuarias y la Administración Financiera*.

- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2001). *Microeconomía* (Quinta edi; P. Hall, Ed.).
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2009). *Microeconomía* (Septima Ed; P. EDUCACIÓN, Ed.). Madrid.
- Quispe, L. (2018). *Análisis de producción y productividad de quinua en la comunidad campesina de cahualla, distrito de mañazo – periodo 2014 – 2015*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Rosales, R., Apaza, E., & Bonilla, J. (2004). Economía de la producción de bienes agrícolas. Teoría y aplicaciones. *Documento CEDE. Universidad de Los Andes. Colombia., 7191, 2–64*.
- SIEA. (2019). *Anuario Estadístico de producción Agrícola 2018-2019*.
- Tapia, G. (2017). *Simulación de Monte Carlo para la Gestión de Costos en la Evaluación de Proyectos de Inversión, caso: Construcción del Hotel Wyndham Gran Condor PRONOBIS S.A. Ecuador (2014-2015)*. 1–70.
- Torres, E. (2018). *Factores determinantes de la producción de quinua y papa en la comunidad de Cullillaca Joven, distrito de Cabanilla, provincia de Lampa – Puno, periodo 2017*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Vilca, J. (2017). *Determinación de los costos de producción de la quinua y su rentabilidad en el distrito de taraco en la campaña agrícola 2014 – 2015*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Villardón Vicente, J. L. (2005). *Introducción al análisis de varianza*. 1–20.
- Zanabria, E., & Mamani, F. (2017). *Granos Andinos Nutraceuticos; Quinua, Cañihua y*

*Kiwicha* (Primera ed). Puno.

Zegarra Alarcon, J. C. (2018). *La Rentabilidad del Cultivo de Quinoa en Diferentes*

*Periodos de Siembra en la Irrigación Majes, durante la Campaña 2016- 2017.*

Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.

# ANEXOS

**Anexo 01: Resumen de costos**

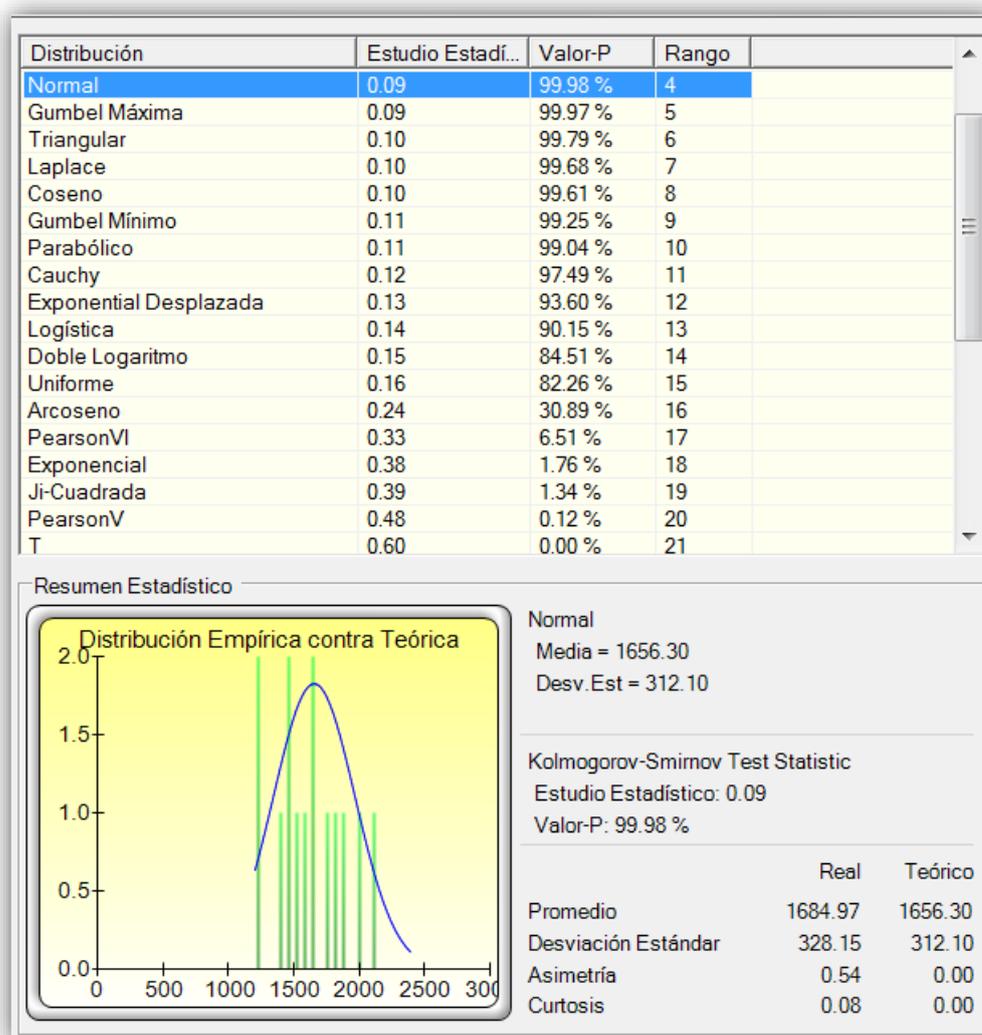
Costos	Costo S./ha	
	171.86	%
Directos o Variables	4296.58	79.06
Indirectos o Fijos	1137.66	20.94
<b>TOTAL</b>	<b>5434.24</b>	<b>100.00</b>

**Anexo 02: Producción obtenida de semilla de quinua campaña agrícola 2018-2019**

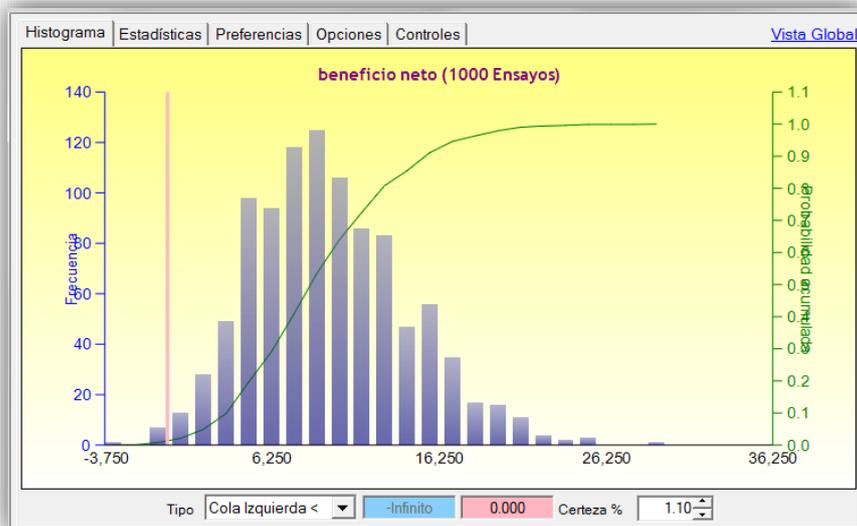
III. PRODUCCION OBTENIDA

Clasificación	Unidad Medida	Ind. Téc.		Precio Unit. S/.	Ingreso S./ha	
		1.00	4.00		1.00	%
<b>1. SEMILLA</b>		<b>1920</b>	<b>7679</b>		<b>19198</b>	<b>99.35</b>
- Semilla Primera	Kg.	1920	7679	10.00	19198	99.35
<b>2. DESCARTE</b>		<b>180</b>	<b>720</b>		<b>126</b>	<b>0.65</b>
- Consumo	Kg.	23	90	3.50	79	0.41
- Consumo Animal	Kg.	158	630	0.30	47	0.24
<b>TOTAL PRODUCCION:</b>		<b>2100</b>	<b>8399</b>		<b>19324</b>	<b>100.00</b>

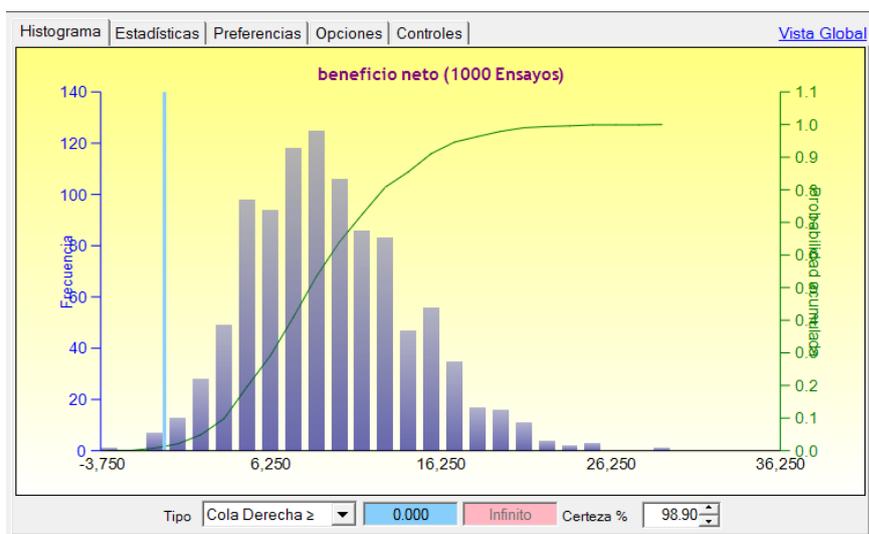
**Anexo 03: Ajuste de distribución normal para los niveles de rendimiento**



**Anexo 04: Probabilidades de obtener beneficios netos negativos.**



**Anexo 05: Probabilidad de obtener beneficios netos positivos**



### Anexo 06: Estimación de la función de producción lineal

Min	1Q	Median	3Q	Max
-202.05	-109.63	-11.14	77.35	343.91

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1028.7819	2196.9215	-0.468	0.6496
horma <sub>q</sub>	29.3417	7.9290	3.701	0.0041 **
njor	14.6091	6.1549	2.374	0.0390 *
ur	0.7266	2.9921	0.243	0.8130
fos	13.6915	29.4756	0.465	0.6522

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 171.9 on 10 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.804, Adjusted R-squared: 0.7522  
 F-statistic: 10.26 on 4 and 10 DF, p-value: 0.001451

### Anexo 07: Estimación de la función de producción lineal reducida

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.12074	-0.06575	-0.01384	0.06938	0.20089

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	4.11588	0.54204	7.593	6.39e-06 ***
horma <sub>q</sub>	0.44532	0.08454	5.267	0.000199 ***
njor	0.48258	0.12511	3.857	0.002280 **

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.09384 on 12 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.7966, Adjusted R-squared: 0.7627  
 F-statistic: 23.49 on 2 and 12 DF, p-value: 7.088e-05

### Anexo 08: Estimación de la función de producción neoclásica

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-116.473	-67.795	-7.334	50.780	119.028

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2259.2746	851.3710	2.654	0.02632 *
horma <sub>q</sub>	-39.0780	47.3489	-0.825	0.43052
njor	-36.9989	24.4995	-1.510	0.16528
njor <sup>2</sup>	0.5654	0.1734	3.261	0.00983 **
horma <sub>q</sub> <sup>2</sup>	1.9128	0.7579	2.524	0.03256 *
njorhorma <sub>q</sub>	-0.4063	0.5122	-0.793	0.44805

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 94.73 on 9 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.9464, Adjusted R-squared: 0.9167  
 F-statistic: 31.81 on 5 and 9 DF, p-value: 1.841e-05

**Anexo 09: Nivel de tecnología utilizado para el análisis ANOVA**

Campaña Agrícola	Rendimiento	Nivel de tecnología
1996-1997	1414	0
2001-2002	1654	0
2002-2003	1506	0
2004-2005	1496	0
2005-2006	1202	0
2007-2008	1577	0
2008-2009	2397	0
2009-2010	1472	0
2010-2011	1670	0
2011-2012	1231	0
2012-2013	1790	0
2015-2016	1853	1
2016-2017	1996	1
2017-2018	1918	1
2018-2019	2100	1

**Anexo 10: Elasticidad sustitución de factores, metodología Hernderson y Quant**

$$e_s = \frac{f_1 f_2 (f_1 h_{ormaq} + f_2 n_{jor})}{h_{ormaq} + n_{jor} (2f_{12} f_1 f_2 - f_1^2 f_{22} - f_2^2 f_{11})}$$

Para ello se tiene la ecuación de función de producción, con dos variables independiente.

$$Q = 61.3061399 * 56.07^{0.44532} * n_{jor}^{0.4825}$$

Primeras derivadas de la función de producción

$$f_1 = \frac{\partial Rend}{\partial h_{ormaq}} = 27.3 h_{ormaq}^{-0.55468} n_{jor}^{0.4825}$$

$$f_2 = \frac{\partial Rend}{\partial n_{jor}} = 29.58 h_{ormaq}^{0.44532} n_{jor}^{-0.5175}$$

Segundas derivadas en la función de producción, se tiene:

$$f_{11} = \frac{\partial^2 Rend}{\partial h_{ormaq}^2} = -15.14276 h_{ormaq}^{-1.55468} n_{jor}^{0.4825}$$

$$f_{22} = \frac{\partial^2 Rend}{\partial n_{jor}^2} = -15.30765 h_{ormaq}^{0.44532} n_{jor}^{-1.5175}$$

Luego se tiene:

Por el teorema de Young

$$f_{12} = f_{21} = \frac{\partial^2 Rend}{\partial n_{jor} * \partial h_{ormaq}}$$

Derivamos a la vez:

$$61.3061399 * hormaq^{0.44532} * njor^{0.4825}$$

$$\frac{\partial^2 Rend}{\partial njor * \partial hormaq} = 13.1726602 * hormaq^{-0.55468} * njor^{-0.5175}$$

Resolución del numerador de la ecuación de elasticidad de sustitución de factores, realizando operaciones algebraicas se tiene:

$$f_1 f_2 (f_1 hormaq + f_2 njor)$$

$$f_1 f_2 = 807.534 hormaq^{-0.10936} njor^{-0.035}$$

Utilizamos los valores promedios.

$$f_1 hormaq + f_2 njor = \frac{607.152 njor^{0.4825}}{hormaq^{0.55468}} + \frac{1658.5506 hormaq^{0.44532}}{njor^{0.5175}}$$

$$f_1 f_2 (f_1 hormaq + f_2 njor) = \frac{490295.883 njor + 1339336.0002204 hormaq}{hormaq^{0.66404} njor^{0.5525}}$$

Luego se resuelve la ecuación del denominador para la elasticidad sustitución de los factores:

$$hormaq + njor(2f_{12}f_1f_2 - f_1^2f_{22} - f_2^2f_{11})$$

$$2f_{12}f_1f_2 = 2 \left( \frac{13.1726602}{hormaq^{0.55468} njor^{0.5175}} \right) \left( \frac{807.534}{hormaq^{0.10936} njor^{0.035}} \right) = \frac{21274.742}{hormaq^{0.66} njor^{0.5525}}$$

$$f_1^2 f_{22} = \left( \frac{27.3 njor^{0.4825}}{hormaq^{0.55468}} \right)^2 \left( - \frac{15.30765 hormaq^{0.44532}}{njor^{1.5175}} \right) = - \frac{11408.6385}{hormaq^{0.6604} njor^{0.5525}}$$

$$f_2^2 f_{11} = \left( \frac{29.58 hormaq^{0.44532}}{njor^{0.5175}} \right)^2 \left( - \frac{15.14276 njor^{0.4825}}{hormaq^{1.5547}} \right) = - \frac{13249.5611}{hormaq^{0.6604} njor^{0.5525}}$$

Remplazando las ecuaciones en:

$$= 1246.9986 \left( \frac{21274.742}{hormaq^{0.66} njor^{0.5525}} + \left( - \frac{11408.6385}{hormaq^{0.6604} njor^{0.5525}} \right) + \left( - \frac{13249.5611}{hormaq^{0.6604} njor^{0.5525}} \right) \right) = \frac{57278231.21}{hormaq^{0.66} njor^{0.5525}}$$

Juntando el numerador con el denominador se tiene:

$$e_s = \frac{\frac{490295.883 njor + 1339336.0002204 hormaq}{hormaq^{0.66} njor^{0.5525}}}{\frac{57278231.21}{hormaq^{0.66} njor^{0.5525}}}$$

Simplificando y reemplazando valores promedios de  $n_{jor}=56$  y  $hormaqa=22$

Se tiene:

$$\frac{57277722.8}{57278231.21} = 0.999$$

Redondeando se tiene 1

**Anexo 11: Optimización de la función de producción**

Formulamos el lagrange, para ello primero formulamos la ecuación de isocosto

$$C = 65Hormaqa + 35Njor$$

$$L = 65hormaqa + 35njor - \lambda(61.3061399hormaqa^{0.44532}njor^{0.4825} - 1713.025)$$

Condición de primer orden.

$$\frac{\partial L}{\partial hormaqa} = 65 - \lambda(27.3hormaqa^{-0.55468}njor^{0.4825}) = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial L}{\partial njor} = 35 - \lambda(29.58hormaqa^{0.44532}njor^{-0.5175}) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \lambda(61.3061399hormaqa^{0.44532}njor^{0.4825} - 1713.025) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

Se divide la ecuación 1 y 2

$$\frac{\lambda(27.3hormaqa^{-0.55468}njor^{0.4825})}{\lambda(29.58hormaqa^{0.44532}njor^{-0.5175})} = \frac{65}{35}$$

Se tiene la ecuación de expansión de producción.

$$njor = 2.01229hormaqa \dots \dots \dots (4)$$

Luego en la ecuación (3) se reemplaza la ecuación (4), y se obtiene los óptimos económicos:

$hormaqa = 25$  horas maquina por hectárea.

$n_{jor} = 51$  jornales por hectárea

**Anexo 12: Salida del SPSS**

**ANOVA**

Rend

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	432793,638	1	432793,638	5,232	,040
Dentro de grupos	1075461,295	13	82727,792		
Total	1508254,933	14			

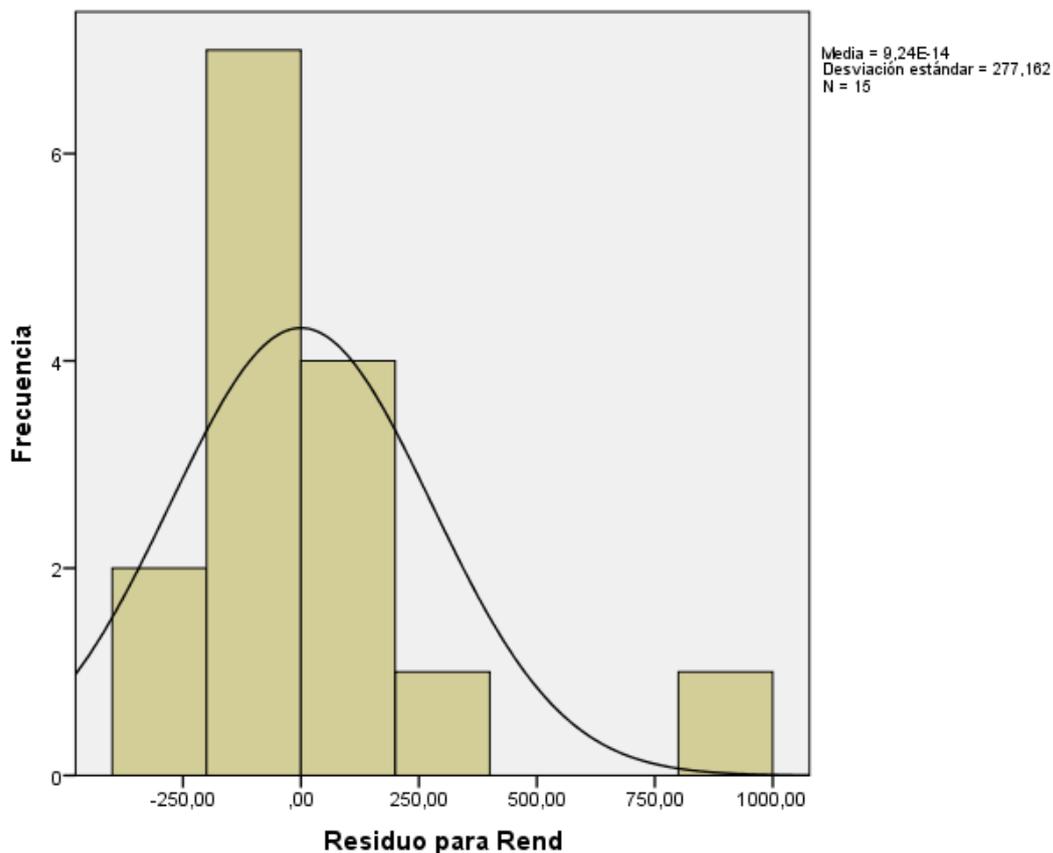
**Anexo 13: Prueba de normalidad**

**Pruebas de normalidad**

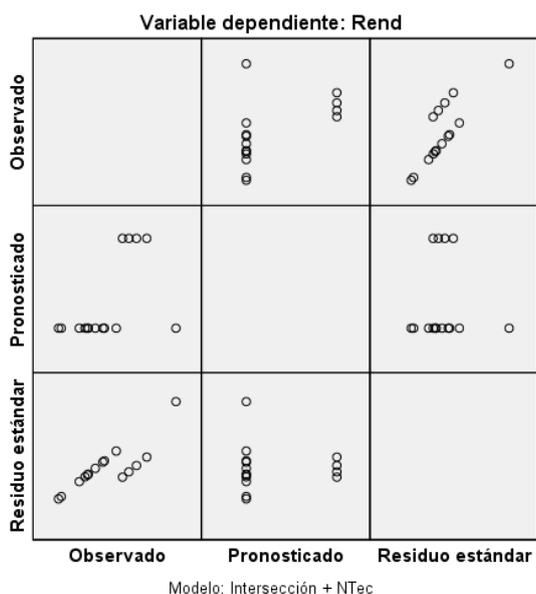
	Ntec	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rend	0	,211	11	,183	,856	11	,051
	1	,177	4	.	,984	4	,926

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Anexo 14: Grafico de normalidad**



**Anexo 15: Hipótesis de independendia**



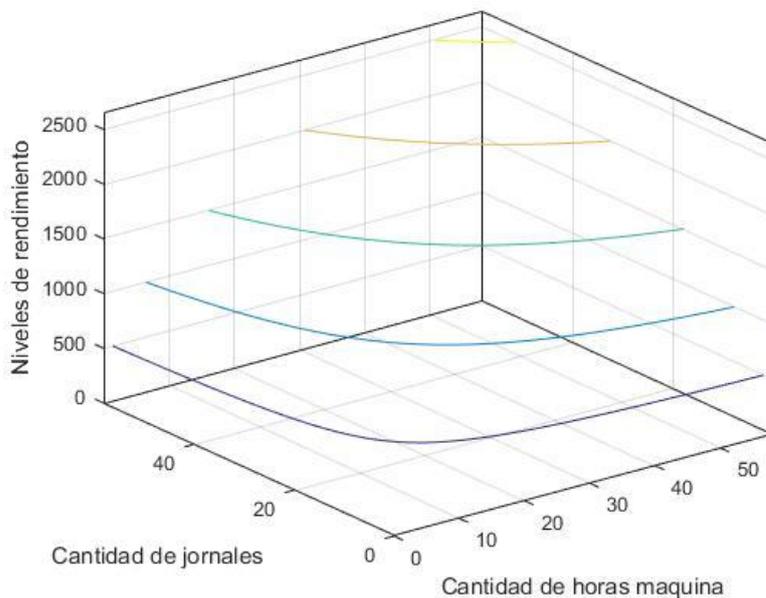
**Anexo 16: Prueba de Levene**

**Prueba de homogeneidad de varianzas**

Rend

Estadístico de			
Levene	gl1	gl2	Sig.
1,251	1	13	,284

**Anexo 17: Mapa de isocuantas para los diferentes niveles de producción**



### **Anexo 18: Actividades para la producción de semilla de quinua**

**Actividades que se realizan en la producción de semilla de quinua:** En el compendio de alternativas tecnológicas publicado por la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno en el año 1997 tenemos las siguientes actividades:

- 1. Preparación de terreno:** Por lo general se cultiva la quinua en suelos pobres de poca aptitud agrícola, en zonas con condiciones climáticas de alto riesgo, como heladas o granizadas. La preparación del suelo es una de las labores más importantes y de ella depende en gran parte el éxito del cultivo. Esta labor puede realizarse con tractor, yunta o manualmente. La preparación del suelo consiste en lograr la descomposición de residuos en materia orgánica y facilitar la aireación del suelo, a través de un buen mullido y conseguir un suelo parejo con la nivelación.
- 2. Siembra:** El poder germinativo de la semilla debe tomarse en cuenta a la siembra, a mayor porcentaje de germinación posible. La época adecuada óptima para la siembra de quinua se encuentra entre el 15 de septiembre al 15 de noviembre, En zonas más frías se acostumbra adelantar la fecha de siembra sobre todo si se usan genotipos tardíos. Se recomienda 10-8 kilos por hectárea. Se tiene que tomar en cuenta el clima de la zona con el ciclo vegetativo de la variedad de quinua.
- 3. Abonamiento:** La quinua requiere un buen abonamiento si se desea un nivel de producción y una calidad alta. Los niveles a utilizar dependen del contenido de nutrientes del suelo y la rotación de cultivos. Por lo general, en la producción tradicional se abona a la papa y no a la quinua, que se alimenta de los residuos de la papa. Cuando se siembra después de la papa el contenido de materia orgánica y de nutrientes favorece al cultivo de la quinua, por la descomposición lenta del estiércol no aprovechado por la papa.
- 4. Labores culturales:** Las prácticas culturales de la quinua son mayormente las de una agricultura de subsistencia, con escasa preparación de suelo, ocasionalmente se deshierba y se ralea.

- **Deshierbo y aporque**

En las primeras etapas de crecimiento la quinua carece de fuerza suficiente para competir con la maleza es susceptible a ellas. Por esto es necesario eliminarlas tempranamente para evitar reducciones en el rendimiento, a

medida que el cultivo toma altura va a cubrir con follaje los espacios donde aparecen las malezas y reduciendo la competencia por luz, agua y nutrientes. Cuando no se controlan las malezas se obtienen plantas de quinuas pequeñas, raquílicas, que resulta en bajos rendimientos.

Los aporques son necesarios para sostener la planta sobre todo en los valles interandinos donde la quinua crece en forma bastante exuberante y requiere acumulación de tierra para mantenerse de pie y sostener las grandes panojas que se desarrollan evitando de este modo el tumbado o vuelco de las plantas. Generalmente se recomienda un buen aporque antes de la floración y junto al abono complementario, lo que permitirá un mayor enraizamiento y por lo tanto mayor sostenibilidad.

- **Raleo**

Se realiza con la finalidad de evitar el ahilamiento y competencia por los nutrientes y dar el espacio vital necesario para su desarrollo normal.

## 5. Control fitosanitario

- **Control de plagas**

El uso de las plantas para controlar las plagas y enfermedades constituye una herramienta muy difundida en la producción orgánica, acorde a las nuevas corrientes de preservación y conservación del medio ambiente y con productos que no son nocivos para los agricultores o las personas que consumen los productos. El cultivo de quinua tiene diferentes plagas, siendo la principal la k'ona k'ona (*Eurysacca quinoae*), que se alimenta de los granos de quinua, causando reducciones de hasta 40% de la producción anual.

## 6. Cosecha

El grano en madurez fisiológica se vuelve duro y difícil quebrar, las hojas inferiores cambian de color y son caedizas, dando un color amarillento, sin embargo, las panojas permanecen intactas, no hay caída de granos. Esta debe realizarse con la debida oportunidad para evitar las pérdidas por desgrane o ataque de aves, y el deterioro de la calidad del grano por las inesperadas lluvias, granizadas o nevadas la cosecha tradicional que es totalmente manual y consta de

cinco etapas: siega o corte, emparvado, trilla, limpieza y secado de grano para su posterior almacenamiento.

## 7. Postcosecha

### - **Aventado y limpieza del grano**

El aventado y limpieza consiste en separar el grano de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas), aprovechando las corrientes de aire que se producen en las tardes, de tal manera que el grano esté completamente limpio. Actualmente existen aventadoras mecánicas manuales o propulsadas por un motor, cuya labor es eficiente y relativamente fáciles de operar y permiten obtener un grano limpio sin impurezas.

### - **Secado del grano**

Después de la trilla es necesario que el grano pierda humedad hasta obtener una humedad comercial y permitir su almacenamiento adecuado. Esto se consigue exponiendo el grano trillado, limpio y extendido en mantas a los rayos solares durante todo el día, debiendo remover y voltear el grano varias veces hasta que pierda completamente la humedad.

En caso contrario se corre el riesgo de producirse fermentaciones o amarillamiento del grano en almacén. Se considera que el grano de quinua está seco cuando las semillas contengan máximo un 10% de humedad.

### - **Selección del grano**

Una vez que el grano está completamente seco, se debe proceder a la selección y clasificación del grano, puesto que la panoja produce granos grandes, medianos y pequeños. Así mismo, se tiene presencia de granos inmaduros los cuales en gran parte ya fueron eliminados con el venteo. Esta clasificación permitirá un mejor uso de los granos, los pequeños para la molienda y productos transformados a partir de harina, los medianos para su uso como sémola, hojuelas, expandidos, pop quinua y otros usos en los que el grano entero no esté visible y los granos grandes para los perlados y embolsados como grano natural. Con ello se obtendrá mejor presentación, mayores precios y ganancias.

Actualmente existen clasificadoras por tamaño variando el diámetro de las cribas y mallas por las que tienen que pasar los granos. Cada variedad tiene un tamaño y composición diferente de tamaños de grano. La quinua se clasifica por el tamaño de grano en dos grupos:

- Quinua grande o de primera calidad: diámetro mayor a 18 mm
- Quinua pequeña o de segunda calidad: diámetro menor a 18 mm

La estación experimental Agraria Illpa Puno cuenta con seleccionadora donde se clasifica el grano.

## 8. Almacenamiento

Se debe almacenar en lugares frescos, secos y en envases apropiados, de presencia silos metálicos que evitarán la presencia de roedores y polillas, en ningún caso usar envases de plástico o polipropileno; puestos que ellos facilitan la conservación de humedad, dando olores inadecuados al producto.

### Anexo 19: Número de hectáreas producidas de semilla de quinua variedad Salcedo INIA en las campañas agrícolas.

Campaña Agrícola	Hectárea cultivada Has	Muestra considerada Ha
1996-1997	1	1
2001-2002	9.3	1
2002-2003	6	1
2004-2005	5	1
2005-2006	9	1
2007-2008	12	1
2008-2009	11	1
2009-2010	6	1
2010-2011	4.3	1
2011-2012	2	1
2012-2013	1.5	1
2015-2016	6.8	1
2016-2017	2	1
2017-2018	4	1
2018-2019	5	1
<b>Total de área sembrada durante las 15 campañas</b>	<b>84.9</b>	<b>15</b>

**Anexo 20: Operacionalizacion de variables.**

<b>VARIABLE</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>ÍNDICE</b>
Variable Dependiente	Rendimiento de semilla de quinua por hectárea	Kg/ha
	Numero de jornales	Jornales/hectárea
Variables Independientes	Horas maquina	Horas maquina/hectárea
	kilos de fosfato diamonico	Kg./hectárea
	Kilos de urea	Kg./hectárea