

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ECONOMÍA AGRÍCOLA



**RENTABILIDAD DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*)
ASOCIADA A LA IMPLEMENTACIÓN DE RIEGO
TECNIFICADO EN EL CALLEJÓN DE HUAYLAS**

Presentado por:

Econ. Oscar Horacio Ramírez Bojórquez

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGÍSTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

Lima - Perú

2016

Dedicatoria:

A mis padres; Julio y Dorita por su haberme enseñado el camino del bien, a mi esposa Vilma y a mis hijos Oscar, Rossana y Antonio, por haberle dado sentido a mi vida y a mis queridos hermanos por su apoyo incondicional.

Agradecimientos:

A mi maestro y amigo Mg. Sc. Ramón Alberto Diez Matallana, por sus conocimientos, por su valioso apoyo que me ha permitido hacer realidad el presente trabajo, a la Mg. Sc. Raquel Gómez Ocorima por sus valiosos comentarios y aportes.

RESUMEN

Esta investigación busca determinar los beneficios económicos que reportara la implementación de un sistema de riego tecnificado asociado al cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la zona del Callejón de Huaylas. Aprovechando las ventajas comparativas que presenta el cultivo de la quinua en nuestro medio, en un mercado de precios crecientes, alta demanda en el mercado interno y grandes probabilidades de expansión en el mercado internacional, las posibilidades de alta rentabilidad son inmejorables para los agricultores de la zona. Para tal fin, se aplicó el método del presupuesto parcial y el método de flujo de caja proyectado en entorno de riesgo. Producto de ese análisis se han obtenido altas tasas de rentabilidad y de beneficio costo marginal lo cual significa que la inversión es rentable para el agricultor, su entorno y la sociedad.

Palabras claves: *Chenopodium quinoa* Willd., riego tecnificado, presupuesto parcial, rentabilidad.

SUMMARY

This research aims to determine the economic benefits that the implementation of a technical irrigation system associated with the cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in the area of the Callejon de Huaylas has. Building on the comparative advantages of the cultivation of quinoa in our environment, in a market of rising prices, high demand in the domestic market and great potential for expansion in the international market, the potential for high returns are unbeatable for farmers zone. To this end, the partial budget method and the method of projected cash flow risk environment applies. Product of this analysis were obtained high rates of return and profit marginal cost which means that the investment is profitable for farmers, environment and society.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd, technical irrigation, partial budget, profitability.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.	JUSTIFICACIÓN.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	LA AGRICULTURA EN EL CALLEJÓN DE HUAYLAS.....	3
2.2.	LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS.....	3
2.3.	ALTERNATIVAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA.....	6
2.3.1.	Para el tratamiento de las aguas contaminadas.....	7
2.3.2.	Para el riego tecnificado en la agricultura.....	7
2.4.	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA QUINUA.....	8
2.5.	RENDIMIENTOS, PRECIOS, COSTOS Y RENTABILIDAD DE LA QUINUA EN LA REGIÓN ANCASH.....	8
III.	MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO.....	10
3.1.	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
3.2.	MARCO TEÓRICO.....	12
3.3.	METODOLOGÍA.....	17
3.4.	HIPÓTESIS.....	18
3.5.	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	18
3.6.	TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	18
3.7.	LIMITACIONES PARA EL ESTUDIO.....	19
3.8.	MODELOS DE ANÁLISIS.....	19
3.9.	PASOS DE LA SIMULACIÓN.....	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1.	FLUJO DE CAJA DE QUINUA.....	22
4.2.	INDICADORES DE RENTABILIDAD DE LA EXPLOTACIÓN DE QUINUA SIN Y CON RIEGO TECNIFICADO.....	24
4.3.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE RIEGO TECNIFICADO ASOCIADO AL CULTIVO DE QUINUA EN ANCASH.....	27
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	29
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
5.1.	CONCLUSIONES.....	31
5.2.	RECOMENDACIONES.....	31

VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	33
VII.	ANEXOS.....	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rendimiento promedio de la producción de papa (t/ha).....	4
Cuadro 2. Rendimiento promedio de la producción de haba (kg/ha).....	5
Cuadro 3. Perú: Rendimiento de la producción de trigo (kg/ha).....	5
Cuadro 4. Perú: Rendimiento promedio de la producción de quinua (Kg/ha).....	6
Cuadro 5. Costos por hectárea de las alternativas de riego tecnificado.....	7
Cuadro 6. Ancash: Rendimientos, precios, costos y rentabilidad por hectárea promedio de la producción de quinua (Kilogramos/hectárea) sin riego tecnificado.....	9
Cuadro 7. Ancash: Rendimientos, precios, costos y rentabilidad por hectárea promedio de la producción de quinua, (Kilogramos/hectárea) con riego tecnificado.....	9
Cuadro 8. Flujo de Caja de Quinua sin Riego Tecnificado.....	22
Cuadro 9. Flujo de Caja de Quinua con riego tecnificado.....	23
Cuadro 10. Cálculo de la tasa de Beneficio - Costo Marginal de la Inversión con Riego Tecnificado.....	27
Cuadro 11. Análisis de sensibilidad de la implementación de riego tecnificado asociado con quinua. Coeficientes de determinación.....	28
Cuadro 12. Análisis de sensibilidad de la implementación de riego tecnificado asociado con quinua. Coeficientes de regresión de cada variable explicativa.....	28

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valor Actual Neto Económico de quinua sin y con Riego.....	25
Gráfico 2. Tasa Interna de Retorno Económica de la Inversión en Riego Tecnificado asociado al cultivo de quinua.....	26
Gráfico 3. Tasa de Beneficio Costo Marginal de la Inversión en Riego Tecnificado....	27

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Salidas de las corridas en el Software @Risk.....	38
ANEXO 2. Tratamiento de aguas contaminadas.....	43
ANEXO 3. Alternativas de riego tecnificado.....	46

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura del Callejón de Huaylas atraviesa una aguda crisis, atribuible a diversas razones, entre ellas la degradación de sus recursos hídricos por los pasivos mineros. El río Santa, principal recurso hídrico del Callejón de Huaylas, tiene altos niveles de contaminación, debido entre otros, a los desechos mineros que emana el pasivo minero localizado en el distrito de Ticapampa, de la provincia de Recuay. Los efectos perniciosos de esta relavera, propicia una contaminación permanente del agua que transporta el río Santa.

En las parcelas ubicadas a lo largo del río Santa, se desarrolla agricultura tradicional y de baja productividad, sustentada con agua que proviene de la lluvia, de las quebradas, tributos y manantiales. Sin la calidad y cantidad de agua necesaria, la agricultura continuará siendo precaria. Por lo tanto, es imprescindible promover el uso racional y eficiente del recurso, desarrollando acciones acordes a las exigencias del mundo moderno y que busquen mejorar la agricultura, y con ello la calidad de vida del agricultor del Callejón de Huaylas. Esto determina el objetivo de investigación señalado a continuación.

.

1.1. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Determinar los beneficios económicos de la implementación de riego tecnificado, en la cabecera del Callejón de Huaylas en una extensión aproximada de 400 hectáreas, asociada a la producción de uno de los cultivos más representativos, de mayor importancia y proyección en el mercado mundial: la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

1.2. JUSTIFICACIÓN

La Constitución Política del Perú¹, establece que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales. En base a esta disposición se dicta la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, que en su artículo 9°, dispone que el objetivo de la política nacional del ambiente es mejorar la vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo y el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de una manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de las personas. Esto es perfectamente aplicable al Callejón de Huaylas, zona eminentemente agrícola que sufre el problema de la carencia de agua para la agricultura.

¹<http://portal.jne.gob.pe/informacionlegal/Constitucionporciento20yporciento20Leyes1/CONSTITUCIONporciento20POLITICAporciento20DELporciento20PERU.pdf>

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA AGRICULTURA EN EL CALLEJÓN DE HUAYLAS

La agricultura del Callejón de Huaylas orientada mayormente al autoconsumo, presenta niveles productivos muy bajos que no cubren las necesidades básicas de los agricultores, lo cual se explica entre otras cosas, por la contaminación de los recursos hídricos y el manejo tecnológico inadecuado del recurso hídrico pues usan riego por gravedad o cultivan en la modalidad de secano (Dirección Regional Agraria Ancash, 2012). Según el Ministerio de Energía y Minas (2015), Ancash concentra 1417 pasivos ambientales mineros, 314 de ellos comprometen al río Santa (22 por ciento) que recibe pasivos mineros de “canchas de relaves”, “canchas de desmontes” y “bocaminas mineras”, afectando sus aguas y la agricultura en los terrenos aledaños a la cuenca. En el Callejón de Huaylas el principal foco de contaminación es la relavera del distrito de Ticapampa ubicado en el kilómetro 170 de la vía Pativilca – Huaraz. Muchos terrenos agrícolas en el Callejón de Huaylas, sufren los efectos de la contaminación que se origina río arriba.

2.2. LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS

No obstante las condiciones en que se desarrollan las actividades agrícolas en las Regiones seleccionadas son similares, en la Región Ancash la productividad constantemente es baja y en algunos casos decreciente.

Papa. El cuadro 1 muestra el rendimiento promedio de la papa (toneladas por hectárea: t/ha) en las Regiones más representativas. En el año 2005 Ancash obtuvo 10.1 t/ha, y La Libertad 17.3 t/ha (diferencia de 7.2 t/ha). En el 2013 Junín obtiene 17.5 t/ha, Ancash sólo 10.3 t/ha, ese mismo año la producción ancashina fue inferior al promedio nacional en más de cuatro toneladas (10.3 t/ha frente a 14.4t/ha).

Cuadro 1. Rendimiento promedio de la producción de papa (t/ha)

Año	2005	2009	2011	2013
Promedio Nacional	12.5	13.3	13.7	14.4
La Libertad	17.3	15.1	14.9	16.3
Cajamarca	11.5	11.0	11.0	11.5
Ancash	10.1	9.9	10.2	10.3
Huánuco	12.5	13.9	14.6	15.6
Junín	14.7	18.4	17.6	17.5

FUENTE: Ministerio de Agricultura-DGIA - Dirección de Estadística

Elaboración: propia

Haba. El cuadro 2 describe con detalle la productividad de la Región Ancash, en relación a las principales Regiones productoras de haba. En el año 2013, el rendimiento promedio alcanzado en Ancash fue 1,018 Kilogramos/hectárea, esta cifra en relación al promedio nacional, es inferior en 341 kilogramos. En las Regiones, Junín y Cusco la productividad promedio fue 2,056 y 1,925 Kg/ha respectivamente. Asimismo, durante los años 2005-2013 la productividad en Ancash mostró una tendencia decreciente, se redujo de 1,093 a 1,018 Kg/ha.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de la producción de haba (kg/ha)

Años	2005	2009	2011	2013
Promedio Nacional	1,177	1,274	1,243	1,369
La Libertad	1,435	1,291	1,159	1,304
Ancash	1,093	1,008	1,006	1,018
Huánuco	1,053	1,033	1,093	1,227
Junín	1,352	1,821	1,896	2,056
Cusco	1,163	1,561	1,509	1,925

FUENTE: Ministerio de Agricultura-DGIA - Dirección de Estadística

Elaboración: Propia

Trigo. En el período 2005 – 2013 el rendimiento promedio del trigo a nivel nacional se incrementó de 1,344 a 1,498 Kg/ha; en la Región Ancash durante ese mismo período dicho rendimiento decreció de 1,033 a 1,001 Kg/ha; mientras que en las regiones La Libertad y el Cusco, se incrementó de 1,777 a 1,919 Kg/ha. y de 1,445 a 1,825 Kg/ha. respectivamente.

Cuadro 3. Perú: Rendimiento de la producción de trigo (kg/ha)

Años	2005	2009	2011	2013
Promedio Nacional	1,344	1,431	1,472	1,498
La Libertad	1,777	1,826	1,858	1,919
Ancash	1,033	980	995	1,001
Huánuco	1,145	1,286	1,377	1,330
Huancavelica	1,229	1,388	1,412	1,307
Cusco	1,445	1,667	1,615	1,825

FUENTE: Direcciones Regionales Agrarias - Dirección de Información Agraria

Elaboración propia

Quinoa. En el período 2005 – 2013 el rendimiento promedio de la quinoa a nivel nacional se incrementó de 1,138 a 1,162 Kg/ha; en la Región Ancash el rendimiento también se incrementó de 1,058 a 1,170 Kg/ha; mientras que en las regiones La Libertad y Junín, se incrementó de 746 a 1,670 Kg/ha. y 1,145 a 1,801 Kg/ha. respectivamente.

Cuadro 4. Perú: Rendimiento promedio de la producción de quinua (Kg/ha)

Años	2005	2009	2011	2013
Promedio Nacional	1.140	1.160	1.160	1.160
La Libertad	746	1,011	1,080	1,670
Ancash	1,058	1,004	1,059	1,170
Junín	1,145	1,414	1,216	1,801
Cusco	884	991	963	1,173
Puno	1,187	1,194	1,198	981

FUENTE: Ministerio de Agricultura-DGIA - Dirección de Estadística

Elaboración: Propia

Según la Dirección de Estadística del Ministerio de Agricultura y Riego, en el año 2013 Arequipa logró el máximo rendimiento con 3,818 kg/ha, lo cual significa que con manejo adecuado se puede lograr altos rendimientos, asimismo en Ica durante el mismo período la productividad alcanzó 2,652 kg/ha y Junín 1,801Kg/ha. Por los niveles de productividad alcanzados en los últimos años, las Regiones Arequipa, Junín e Ica, se clasifican como las Regiones Alto rendimiento, Asimismo entre las Regiones de Mediano rendimiento se encuentran Puno, Ancash, Apurímac, Amazonas y Cusco y entre las de Bajo rendimiento, Ayacucho, Cajamarca, Huancavelica, Huánuco La libertad y Moquegua.

2.3. ALTERNATIVAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA

Para obtener calidad aceptable de agua en el Callejón de Huaylas existe la posibilidad de instalar plantas de tratamiento para los residuos tóxicos que contaminan las aguas del Río Santa. Estas medidas, facilitarían la implementación de riego tecnificado, para mejorar de la agricultura. Teniendo en cuenta que la contaminación de los recursos hídricos dificulta el desarrollo de la agricultura, se plantean alternativas posibles desde el punto de vista científico.

2.3.1. Para el tratamiento de las aguas contaminadas²

Se cuenta con las siguientes propuestas:

1. Villachica, Carlos (2010) que se sustenta en tres etapas: a. Neutralización y Coagulación Dinámica (NCD), b. El Proceso de Flotación y Relleno Total y c. El Cierre concurrente.
2. Bernabé, Julio (2012) plantea un tratamiento de dos etapas: a. Tecnología de Contactores Biológicos Rotatorios (CBR) y b. Tecnología para Metales Pesados.

2.3.2. Para el riego tecnificado en la agricultura³

Un sistema de riego tecnificado propicia el ahorro de agua para la agricultura, extiende la frontera agrícola, mejora la calidad y conservación de suelos, eleva el rendimiento de los cultivos, mejora las labores culturales (fertilización, irrigación, etc.), mejora la calidad de los productos cosechados y permite planificar las siembras (Ministerio de Agricultura, 2014). Entre las alternativas de riego tecnificado se tiene: mangas, multicompuertas, exudación, californiano, riego por impulsos o intermitente, aspersion, microaspersion y goteo. Al respecto, según Cossío (2013) para el cultivo de quinua es más conveniente trabajar con el sistema de aspersion. Ticona, E. y Chambi, R. (2016) señalan que es mejor el riego por goteo. El cuadro 5 muestra los costos por hectárea promedio de una instalación de riego tecnificado.

Cuadro 5. Costos por hectárea de las alternativas de riego tecnificado

Fuente	Monto
Ing. Lorena Ramírez Pacchioni (incluye reservorio) por hectárea	S/.3.375.=
Costos de implementar riego tecnificado en 400 hectáreas	S/.1'350,000.=

FUENTE: Entrevista con la Ing. Lorena Ramirez Pacchioni, Ancash

Elaboración: Propia

² Para mayor detalle Ver Anexo 2: Tratamiento de Aguas contaminadas.

³ Para mayor detalle Ver Anexo 3: Alternativas de riego tecnificado.

2.4. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA QUINUA

De acuerdo al Programa de investigación y proyección social en cereales y granos nativos, (PIPS Cereales y granos nativos, 2013) la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un producto de calidad excepcional; excelente equilibrio de carbohidratos, lípidos y proteínas para nutrición humana, la cantidad y calidad de la proteína son especialmente importantes. El contenido de proteína de semillas de quinua fluctúa entre 14 y 22 por ciento, mayor que el de maíz, arroz, trigo, avena y cebada. El potencial nutritivo de la quinua radica en los aminoácidos de la semilla que están en cantidades muy similares o mayores a los recomendados por la FAO/OMS/ONU para todos los grupos de edad. El aceite de quinua constituye una fuente importante de ácidos grasos esenciales linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3). Es fuente de riboflavina y alfa-tocoferol y carotenos. Supera a cereales y frejol en Ca, Fe, Mg, Cu y Mn. El hierro es doble que en la cebada y el trigo. La quinua es de fácil manipulación, almacenamiento y preparación. El rendimiento en quinua del Callejón de Huaylas respecto al promedio nacional es inferior en 218 kilogramos (1,042 kg/ha frente a 1,260 kg/ha). Empero, Arequipa con un potencial cercano a las 4 toneladas, e Ica que logra más de 2 t/ha, nos dan pie a pensar que con agua limpia y riego tecnificado, así como un adecuado cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas este cultivo puede tener una alta rentabilidad para Ancash.

2.5. RENDIMIENTOS, PRECIOS, COSTOS Y RENTABILIDAD DE LA QUINUA EN LA REGIÓN ANCASH

En el Cuadro 6 se presenta los rendimientos, precios, costos y rentabilidad por hectárea antes del riego tecnificado y en el Cuadro 6 los datos correspondientes a los esperados de rendimientos, precios, costos y rentabilidad con la incorporación del riego tecnificado.

Cuadro 6. Ancash: Rendimientos, precios, costos y rentabilidad por hectárea promedio de la producción (Kilogramos/hectárea) sin riego tecnificado

Escenarios	Rendimiento Kg/Ha	Precio por Kg.	Ingreso S./Ha	Costo S./Ha	Rentabilidad Esperada por/Ha
Máximo	1,640	7.20	11,808.00	5,700.00	
Mínimo	860	2.11	1,814.60	4,200.00	
Promedio	1,250	4.66	5,825.00	4,950.00	875.00

FUENTE: Ministerio de Agricultura-DGIA - Dirección de Estadística

Elaboración: Propia

Cabe señalar que los costos con riego tecnificado incorporan los pagos por el agua y serán más elevados que sin riego, porque implican el uso de una tecnología más alta para garantizar el retorno de la inversión realizada en la implementación del riego tecnificado.

Cuadro 7. Ancash: Rendimientos, precios, costos y rentabilidad por hectárea promedio de la producción de quinua, (Kilogramos/hectárea) con riego tecnificado.

Escenarios	Rendimiento Kg/Ha	Precio por Kg.	Ingreso S./Ha	Costo S./Ha	Rentabilidad Esperada por/Ha
Máximo	4,100	7.20	29,520.00	12,044.00	
Mínimo	2,700	2.11	5,697.00	8,700.00	
Promedio	3,400	4.66	15,844.00	10,372.00	5,472.00

FUENTE: Ministerio de Agricultura-DGIA - Dirección de Estadística

Elaboración: Propia

III. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

3.1. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

El Callejón de Huaylas, se ubica en el departamento de Ancash, en las coordenadas: Latitud Sur 8° 02' 50" y 10° 47' 15", Longitud Oeste 76° 43' 27" y 78° 35' 27" y Altitud de 1,200 a 3,800 m.s.n.m., comprende el valle del río Santa, delimitado por los linderos naturales de la Cordillera Blanca y la Cordillera Negra. Enmarcada al norte por el distrito de Huaylas, por el Sur con el distrito de Catac, al este con la cordillera Blanca y al Oeste con la cordillera Negra. Abarca una superficie de 503,617 Has (5,338.34 Km²), un 15 por ciento de la extensión total de la Región Ancash (Blasco, Chaverra y Reinoso, 1984).

Fisiografía e hidrografía. El Callejón de Huaylas, se desplaza a lo largo del curso superior y medio del río Santa, de sur a norte entre la Cordillera Blanca y Cordillera Negra (INEI, 1987).

Clima. Seco con temperaturas variadas determinadas por estaciones y pisos ecológicos. En el piso que corresponde a los 2,000 a 2,900 m.s.n.m. las temperaturas promedio bordean los 16°C. En el piso entre los 3,000 a 3,800 m.s.n.m., el promedio anual es de 11°C y por encima de los 3,800 los períodos de heladas se amplían e intensifican notablemente. Respecto a las precipitaciones pluviales, se tiene en Caraz un aproximado de 228 mm/año, en Ticapampa, la precipitación estimada es de 781 mm/año. La parte altiplánica de Conococha, sólo registra 500 mm/año (INEI, 1984).

Topografía. Muy accidentada. Los flancos de ambas cordilleras muestran discontinuidad superficial al ser hendidas por pequeñas y profundas quebradas, que constituyen paredes verticales de 500 a 1000 m. causadas por los glaciares.

Suelos. Someros y muy escasos en nutrientes, perteneciendo a las órdenes Entisol: suelos aluviónicos, helados y arenosos e Inceptisol: suelos recientemente deglaciados y volcánicos recientes (United States Department of Agriculture, 2016). La capacidad de intercambio catiónica tiende a ser baja y depende de la presencia de aluminosilicatos (arcillas) y muestra una relación inversa con la materia orgánica. Los suelos del Callejón de Huaylas son pobres en nitrógeno y fósforo, y niveles de potasio son adecuados en un 45 por ciento de los casos; destaca la falta de boro (Blasco, Chaverra y Reinoso, 1984).

El Río Santa. De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas (1998), el río Santa es el recurso hídrico más importante del Callejón de Huaylas. Nace en la laguna de Conococha a 4000 msnm; se alimenta de deshielos de la Cordillera Blanca, aguas subterráneas y termales. Recorre 316 Km, desde su nacimiento hasta su desembocadura y corresponde al Callejón de Huaylas 165 Km. La temperatura de sus aguas va de 6°C en las zonas altas a 20°C en la Costa. Entre 2800 y 3700 msnm hay un valor promedio de 10°C. El agua del Santa no es apta para cultivos, por los relaves mineros en la ribera del río, y que, por acción del viento, la lluvia y otros, intensifican su acción contaminante. Recibe desechos industriales (aceites, grasas, combustibles), residuos sólidos domésticos y aguas residuales domésticas. Los suelos regados con las aguas del río Santa sufren la acidificación y sus efectos colaterales físico – químicos. De la toxicidad de las aguas por los metales pesados se puede decir: 1. Niveles de cobre críticos 213.7 ppm. A excepción del río Negro, afluente del Santa, entre Huaraz y Recuay (Olleros). 2. Niveles de manganeso, fierro, cromo y plomo críticos. 3. Niveles de

cadmio, por encima de los niveles críticos en todos los sectores estudiados.

Descripción sintética de la zona de estudio y datos del cultivo elegido.

La zona de estudio comprende los parajes de Pocrac y Huancapampa, y abarca 400 hectáreas. Piso altitudinal: de 3250 a 3500 metros sobre el nivel del mar. En la margen derecha del río Santa, frente al Centro poblado de Ticapampa, capital del distrito Ticapampa, con una población de 4000 habitantes. El cultivo elegido es la quinua, dado que es un producto que se adecua mejor a la zona y los antecedentes demuestran que tiene mayores posibilidades de éxito en relación a otros cultivos.

3.2. MARCO TEÓRICO

Tecnología, difusión de tecnología y cambio tecnológico en la agricultura.

Para Domínguez (1977) la *tecnología* constituye la respuesta a un problema práctico, a una demanda social de soluciones técnicas, que busca solucionar problemas que inciden en el empleo, en el nivel de vida de la población, en la eficiencia, en el cumplimiento de las obligaciones rutinarias y aún en el cambio de hábitos y costumbres para adaptarse a nuevas formas de vida favorecidas por el progreso tecnológico.

Difusión de tecnología: Rogers (1994), Thirtle y Ruttan (1993), Salinas (1996), la definen como un proceso por el cual una innovación es comunicada a través de ciertos canales y en cierto tiempo entre los miembros de un sistema social y que ésta enfrenta siempre la probabilidad de ser acogida o rechazada, de ahí la necesidad de realizarla asociadamente con el productor, considerando como rasgos importantes, su cultura, sus intereses y las condiciones económicas en que se desenvuelve. Estos aspectos son muchas veces una seria limitante y hay que tener la capacidad de identificarlos y adecuar a ellos la tecnología.

El cambio tecnológico en la agricultura: Para la agricultura estadounidense, Williams, G., (2007) señala que ha pasado por dos revoluciones de cambio técnico desde los fines de los años 1700 y actualmente está en medio de un tercero. La primera revolución, fue la transición de la tracción humana a la tracción animal y duró hasta el comienzo de los años 1900. La segunda revolución fue el paso de la tracción animal a la mecánica y empezó a fines de los años 1800 y concluyó hacia el fin de la Segunda Guerra Mundial. La tercera revolución tecnológica en la agricultura estadounidense se da en innovaciones biológicas y químicas, destacando la bioingeniería.

Metodologías para la Medición de los efectos del cambio tecnológico. Las entidades privadas buscan evaluar la rentabilidad de las innovaciones tecnológicas, es decir, determinar el beneficio económico sobre los costos de producción de la unidad productiva (Ricketts, 2000). A nivel social, se puede obtener indicadores de rentabilidad, transformando los flujos privados con los coeficientes pertinentes a precios sociales y generar indicadores como el VAN, TIR, con los flujos de largo plazo. El análisis de rentabilidad ayuda a las empresas y a las entidades gubernamentales a tomar decisiones adecuadas.

Investigación y productividad agrícola. La inversión exitosa en la investigación agrícola conducirá a incrementar la productividad agrícola de manera que más productos pueden ser producidos con la misma cantidad de insumos o la misma cantidad de productos con menor cantidad de insumos. Respecto a la productividad Baye, M. (2006) nos dice: Productividad Total (PT) es el nivel máximo de producción que se puede lograr con una determinada cantidad de factores productivos.

Productividad Media (PM), de un factor productivo viene definida como la productividad total dividida por la cantidad utilizada del factor productivo. En concreto; la productividad media del trabajo (PML) es: $PML = Q/L$. La productividad Media del Capital (PMK) es $PMK = Q/K$.

Viabilidad del cambio tecnológico. Los beneficios de cambios inducidos generan: mayor producción (dada una cantidad de insumos), ahorro de costo (dada una cantidad de producto), nuevos y mejores productos, mejor organización y respuesta más rápida a cambios en circunstancias. Para Alston et al (1995) el conocimiento en un momento dado es un stock de capital que ha sido creado por investigación pasada, que se deprecia a lo largo del tiempo y que puede ser aumentada por nueva inversión y que rinde un flujo de servicios como un insumo dentro de la producción agrícola. Así, la función de producción agrícola, puede representarse algebraicamente así: $Q_t = q(X_t, Z_t, W_t, f_t)$, donde la cantidad de producto en un momento t , Q_t , depende de la cantidad de insumos convencionales, x_t ; variables de infraestructura diversas tales como inversión pública en carreteras, comunicación, irrigaciones y educación, Z_t ; factores no controlados como el clima W_t ; y el flujo de servicio, F_t , derivados del stock del conocimiento. Para evaluar si es factible implementar un cambio tecnológico en la agricultura se suele emplear el Presupuesto Parcial y la Relación Beneficio Costo Marginal.

El Presupuesto parcial; es la técnica que consiste en comparar de una manera práctica y sencilla los beneficios que reporta determinado cambio tecnológico en relación a los costos imputados a dicho cambio (Horton, D. 1982), y se denomina así porque no se toma para la interpretación económica del estudio el presupuesto total, esta metodología compara los beneficios obtenidos por la aplicación de los cambios propuestos en el proyecto (uso de

nuevos sistemas de riego). Mediante este sistema se comparan los cambios presentados en la estructura de costos de producción y los beneficios que reportará las nuevas alternativas de producción o los paquetes tecnológicos que se están implementando. El análisis a realizar, requiere de la disponibilidad de la información de las siguientes variables: Ingresos por la venta del producto elegido para el cálculo, Determinación de costos por la compra de insumos para la producción prevista, Costo de implementar los nuevos sistemas de producción, Costos de la mano de obra, costos de los bienes de capital a adquirirse, Costos de los fertilizantes, Costo de los controles fitosanitarios.

Según Horton (1982), el presupuesto parcial se emplea cuando se desea comparar un plan alternativo con el plan actual, considerando sólo los efectos de los cambios que se registran en los ingresos y gastos. Se usa para estimar la rentabilidad de efectuar cambios comparativamente pequeños en una organización existente. El análisis de presupuesto parcial va a permitir obtener un coeficiente de Beneficio Costo Marginal, en el cual se compara el incremento en ingresos obtenido por la aplicación de la mejora tecnológica y el incremento en costos debido a esta mejora tecnológica. Se denomina marginal porque es un incremento adicional en una pequeña área del proceso productivo. Dado que la actividad agrícola está sujeta a riesgos, hay alta variabilidad de rendimientos (explicable por los agentes bióticos y abióticos – clima, disposición de agua-), asimismo, se produce una alta variabilidad en los precios, tanto del producto como de las semillas y otros insumos.

Presupuesto parcial determinístico y probabilístico. Mogollón (2014) nos dice que este método evalúa el impacto de cambios puntuales en el proceso productivo a nivel de sus impactos sobre costos e ingresos. Así, el análisis de presupuesto parcial permite evaluar las

variaciones tanto en los ingresos netos como en los beneficios ante la eventual adopción de una nueva tecnología (cambio tecnológico) que impacta los procesos productivos. Este modelo sólo utiliza los costos que varían directamente ante el cambio tecnológico (de ahí su nombre “Parcial”). El agricultor desea que su beneficio aumente y espera que el beneficio sea mayor a los costos. El Presupuesto Parcial permite analizar la variación de costos entre las alternativas, usando el método convencional en la siembra de quinua y la alternativa de implementar el riego tecnificado. En este sentido, para la obtención de los valores esperados de las variables probabilísticas, se aplicará un análisis del riesgo con el *software @Risk*. Para la aplicación del modelo de presupuesto parcial se considera, un aumento de productividad por hectárea de quinua desde un mínimo de 2,700 kilogramos obtenidos en Ica, con nivel tecnológico alto hasta 4,100 kilogramos obtenidos en Arequipa con nivel tecnológico alto. Se consideran los costos del nivel tecnológico alto, fluctuando entre los de Ica (mínimo) y los de Arequipa (máximo) incluyendo los costos del servicio de agua.

La relación Beneficio-Costo Marginal de una actividad productiva, según Herrera et al (1994) consiste en evaluar la eficiencia económica de los recursos adicionales utilizados comparando los beneficios adicionales con los costos adicionales. Es una medida del incremento de los ingresos debido a un incremento en una unidad en los costos variables debido al cambio tecnológico = $BC = \Delta IT / \Delta CV$. El ratio beneficio costo debe ser mayor al de otras inversiones posibles, y lo suficientemente alto para cubrir los riesgos de la adopción. El Coeficiente Beneficio Costo Marginal se usa en la evaluación ex ante como herramienta para la selección de proyectos alternativos o para decidir si la implementación de un proyecto concreto es socialmente deseable. El estudio se centra en verificar si es rentable la implementación de sistemas de riego tecnificado asociados al cultivo de quinua.

Los beneficios surgen de las ventas totales de la quinua menos los costos asociados a la producción del mismo, comparando los efectos de la implementación con la no implementación del riego tecnificado. Se define como la relación de los flujos de ingresos descontados entre los flujos de egresos o costos descontados de un proyecto. La regla de decisión del proyecto de implementar nueva tecnología se basa en el hecho de si este ratio es mayor o menor a 1. En el primer caso se acepta el proyecto, y en el segundo se rechaza.

Valor Actual Neto (VAN). El Valor Actual Neto (VAN) es el remanente neto que recibe el inversionista (Agricultores que invertirán en sistemas riego tecnificado) en el presente, después de descontar los ingresos a una tasa de descuento y restarle la inversión inicial. Las reglas de decisión se basan en obtener un VAN mayor a cero, con el cual se acepta la inversión; si es menor a cero, se rechaza la inversión. Si el VAN es igual a cero, el agricultor será indiferente a realizar o no la inversión (Sapag, J., 2000).

Tasa Interna de Retorno (TIR). Es la Tasa de Interés que hace que el VAN sea igual a cero. Baca (2001) la define, como la tasa de descuento por la cual el VAN es igual a cero o la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

3.3. METODOLOGÍA

Se aplica el método del presupuesto parcial y se obtiene el coeficiente de Beneficio – Costo Marginal de la implementación de un sistema de riego tecnificado, orientado a la producción de quinua en la zona de estudio. En base a la información estadística recolectada, que demuestra la situación actual de la productividad de la quinua en el Perú, comprobada la existencia de una brecha, se realiza la prueba de verificación ex ante, con el propósito de ver la posibilidad de incrementar la productividad y rentabilidad del producto analizado por el método del presupuesto parcial.

3.4. HIPÓTESIS

El riego tecnificado, en las parcelas aledañas a la cuenca del río Santa, complementado con la siembra de la quinua, mejorará la rentabilidad de la agricultura en el Callejón de Huaylas.

3.5. FUENTES DE INFORMACIÓN

Se utiliza la información estadística sobre producción, precios, costos, superficie sembrada y cosechada, etc. Proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el Instituto Nacional de Investigación Agraria y Transferencia Tecnológica (INIA), el Ministerio de Agricultura y Riego, y sede Central de la Dirección Regional de Agricultura de Ancash. Respecto a los costos, se ha tomado el valor esperado de los costos por hectárea de la Sierra Central (Junín) y el incremento esperado de costos por acondicionamiento de los sistemas de riego y acondicionamiento de la planta de tratamiento del agua contaminada. Respecto a rendimientos, se toma el valor esperado de los últimos 5 años. Para el incremento en rendimientos de quinua se considera un valor mínimo de rendimiento de 2,700 kg por hectárea (en parcelas de Ica con tecnología alta) y un máximo de 4,100 Kg. por hectárea (en parcelas de Arequipa con tecnología alta), lo cual genera un valor inferior al rendimiento observado de Arequipa (criterio conservador). Respecto a los precios, se toma el valor esperado de los últimos 5 años.

3.6. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el tratamiento de la información se usa el software Microsoft Excel y para el análisis se emplea el software @Risk asociado al Microsoft Excel.

3.7. LIMITACIONES PARA EL ESTUDIO

La disponibilidad de información a nivel del Callejón de Huaylas es limitada, las estadísticas de la producción, en el Callejón de Huaylas, tienen que ser analizadas y tratadas de acuerdo al requerimiento del investigador.

3.8. MODELOS DE ANÁLISIS

Se realiza una evaluación ex –ante, estocástica, de los posibles impactos técnico - económicos de la implementación de riego tecnificado asociado a la producción de quinua, mediante un modelo de presupuesto parcial en entorno @Risk.

El modelo es el del presupuesto parcial del cultivo antes y después de la introducción de la mejora de riego. Se evalúa el beneficio – costo marginal obtenido dividiendo el incremento en ingresos entre el incremento en costos, de la siguiente manera:

$$\text{Beneficio/Costo Marginal} = \frac{\text{Incremento en Beneficios}}{\text{Incremento en Costos}}$$

Donde:

Beneficios = Suma de los ingresos adicionados al incorporar el nuevo sistema de riego.

Costos = Suma de los costos adicionados por la incorporación del nuevo sistema de riego.

Los incrementos en ingresos son probabilísticos porque dependen de un rango de cambio en el rendimiento del cultivo; es decir, del valor esperado de rendimiento, los costos tienen un componente probabilístico o estocástico por la variabilidad de los costos del sistema producción.

3.9. PASOS DE LA SIMULACIÓN

Paso 1: Escenario de partida de la productividad de quinua: Producción, precios y costos sin riego tecnificado, y se determina el impacto probable en el rendimiento por hectárea al mejorar el sistema de riego.

Paso 2: Presupuesto de producción de quinua para el área del proyecto. Se identifica los elementos probabilísticos y su distribución de probabilidad. Hay algunos elementos de costos (coeficientes de uso y precio del factor de producción) estándares para el cultivo, que se denominan determinísticos y no constituyen variables de entrada o de riesgo para el cultivo. Se define las distribuciones de las variables de entrada (probabilísticas) pues de ellas depende la generación de los niveles de rentabilidad por las mejoras de riego. Se ingresa las distribuciones de probabilidad, las más comunes son la triangular, la uniforme y la normal. El perfil de la distribución triangular es un triángulo que tiene como parámetros el valor mínimo, el valor más probable y el valor máximo (Mogollón, 2014). El perfil de la distribución normal es una campana y sus parámetros son la media y la Desviación estándar que es la medida de variabilidad respecto a la media. El perfil de la distribución uniforme es una línea recta y sus parámetros son valores mínimo y máximo. Las variables son determinadas con datos históricos, opiniones de expertos o datos de corte transversal.

Paso 3: El precio de la quinua, variable probabilística dada su alta variabilidad.

Paso 4: Cambios en el presupuesto de quinua al aplicar la innovación tecnológica: En el rendimiento por hectárea, y en los costos porque al implementar riego tecnificado se debe adoptar las prácticas del manejo con tecnología alta.

Paso 5: Estructurar los cuadros de presupuesto parcial y proceder a la Simulación.

Paso 6: Análisis de los resultados

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Se presenta los Flujos de Caja del cultivo de quinua antes y después de la implementación del riego tecnificado en la sección 4.1. En la sección 4.2 se muestra los resultados de las distribuciones de probabilidad de los indicadores de rentabilidad antes y después de la implementación de riego tecnificado. En la sección 4.3 se muestra la distribución de probabilidad del indicador de Beneficio Costo Marginal. En la sección 4.4 se presenta el análisis de sensibilidad. En la sección 4.5 se muestra una breve discusión de resultados.

4.1. FLUJO DE CAJA DE QUINUA

Se presenta los flujos de caja en forma sintética, obviando los datos que se repiten.

Cuadro 8. Flujo de Caja de Quinua sin Riego Tecnificado

Rubro	0	1	...	10
Ingresos por Venta de Quinua				
(Rendimiento * Precio * 400 Hectáreas)	-	2,327,500.00		2,327,500.00
Total Egresos de operación	-	1,980,000.00		1,980,000.00
Utilidades antes de impuestos	-	347,500.00		347,500.00
Impuestos	-	104,250.00		104,250.00
Flujo de Caja Económico	-	243,250.00		243,250.00

Nota: Los datos de los años 2 a 9 no se presentan porque son semejantes a los de los otros años.

FUENTE: Elaboración propia

En el flujo de caja sin riego tecnificado, en el año 0 no hay ningún dato, esto se debe a que no hay inversión en riego tecnificado.

En el cuadro 9 se muestra el flujo de caja de quinua implementando el riego tecnificado, ello aparece como total de inversión en el año 0, por un monto de 1'350,000 soles, para las 400 hectáreas. Otra diferencia importante con el cuadro 8 es que los egresos de operación son mayores debido a 2 causas: Se usa tecnología más alta y ésta incluye el pago del agua, el cual no se consideraba en el caso anterior.

Cuadro 9. Flujo de Caja de Quinua con riego tecnificado

Rubro	0	1	...	10
Ingresos por Venta de Quinua (Rendimiento*Precio*Hectáreas)	0	6,330,800.00		6,330,800.00
Total de Egresos operación	0	4,148,800.00		4,148,800.00
Utilidades antes de impuestos	0	2,182,000.00		2,182,000.00
Impuestos	0	654,600.00		654,600.00
Flujo de Caja Operativo	0	1,527,400.00		1,527,400.00
Total de inversión	1,350,000	-		-
Flujo de Caja Económico	-1,350,000	1,527,400.00		1,527,400.00

Nota: Los datos de los años 2 a 9 no se presentan porque son semejantes a los de los otros años.

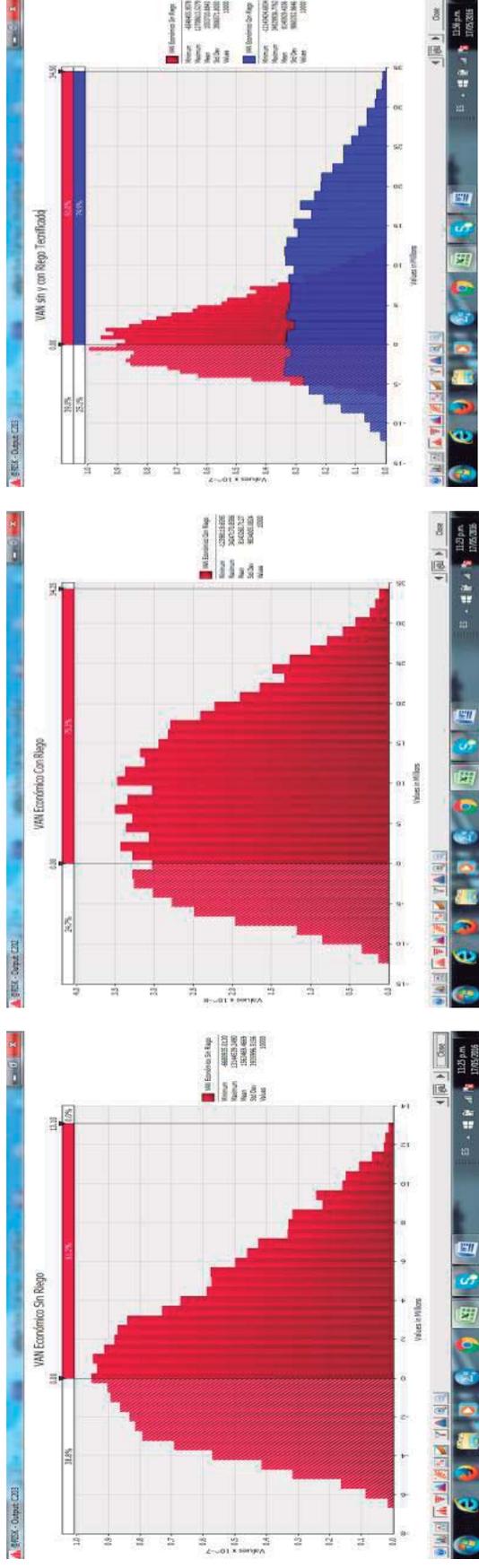
FUENTE: Elaboración propia

El flujo de caja de quinua con riego muestra flujos de caja económicos por un monto de 1'527,400 soles por año, contrastando con el monto de los flujos de caja sin riego tecnificado que ascienden a 243,250.00 soles por año.

4.2. INDICADORES DE RENTABILIDAD DE LA EXPLOTACIÓN DE QUINUA SIN Y CON RIEGO TECNIFICADO

Valor Actual Neto Sin Riego Promedio: S/.1'563,469.46 con 38.8% de escenarios desfavorables (perdedores). Se observa un valor mínimo de - S/.6'680,935 (pérdidas bastante altas). El valor máximo asciende a algo más de S/.13 millones de soles. La desviación standard es muy alta (casi S/.4 millones), resultando un coeficiente de variabilidad de 260%. En contraste, el Valor Actual Neto Económico de la explotación de quinua con riego tecnificado resulta de S/.8'143,260.71, enmarcado por un valor mínimo de - S/.12 millones de soles y un valor máximo de S/.34 millones. Dada la desviación standard de S/.9.8 millones de soles, nos encontramos con un coeficiente de variabilidad de 121%. Es decir, se reduce el riesgo porque se garantiza el abastecimiento de agua. Cabe señalar que los escenarios perdedores se reducen a un 24.7% con lo cual tenemos un efecto positivo adicional generado por la incorporación del riego tecnificado.

Gráfico 1. Valor Actual Neto Económico de quinua sin y con Riego.



Distribución de probabilidad de VAN de Quinoa sin riego

Distribución de probabilidad de VAN de Quinoa con riego

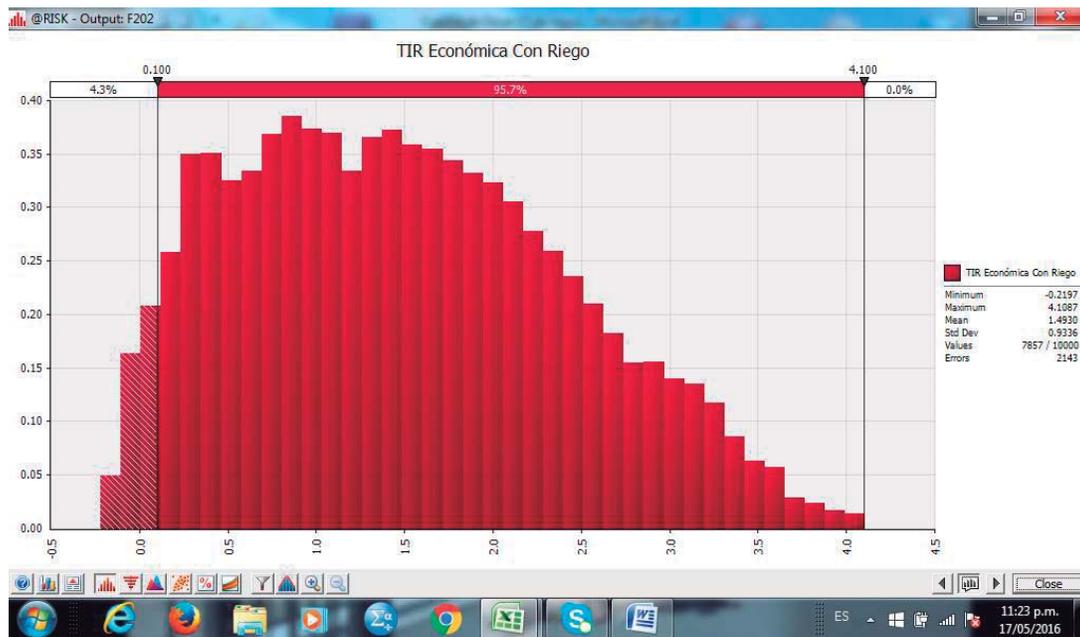
Comparación de Distribución de probabilidad de VAN de Quinoa sin y con riego

FUENTE: Elaboración propia

Como se ve, la gráfica de distribución de resultados del VAN con Riego Tecnificado muestra una forma más achatada, alcanzando valores más grandes tanto negativos como positivos, pero ofrece una media superior a los S/.8 millones de soles mientras que la gráfica de los resultados del VAN sin Riego Tecnificado se concentran un poco más pero el valor medio del VAN es S/.1.5 millones.

Se complementa la evaluación económica con la Tasa Interna de Retorno Económica, la cual resulta en promedio de 149% (1.49) enmarcada por un mínimo de -21.9% y un máximo de 410.87%. Se presenta un 4.3% de escenarios perdedores, inferiores al 10% que consideramos como límite inferior (la tasa de descuento es de 9% de acuerdo a las normas del Sistema Nacional de Inversión Pública pero el sistema sólo permite ajustar al 0.100 equivalente al 10%).

Gráfico 2. Tasa Interna de Retorno Económica de la Inversión en Riego Tecnificado asociado al cultivo de quinua



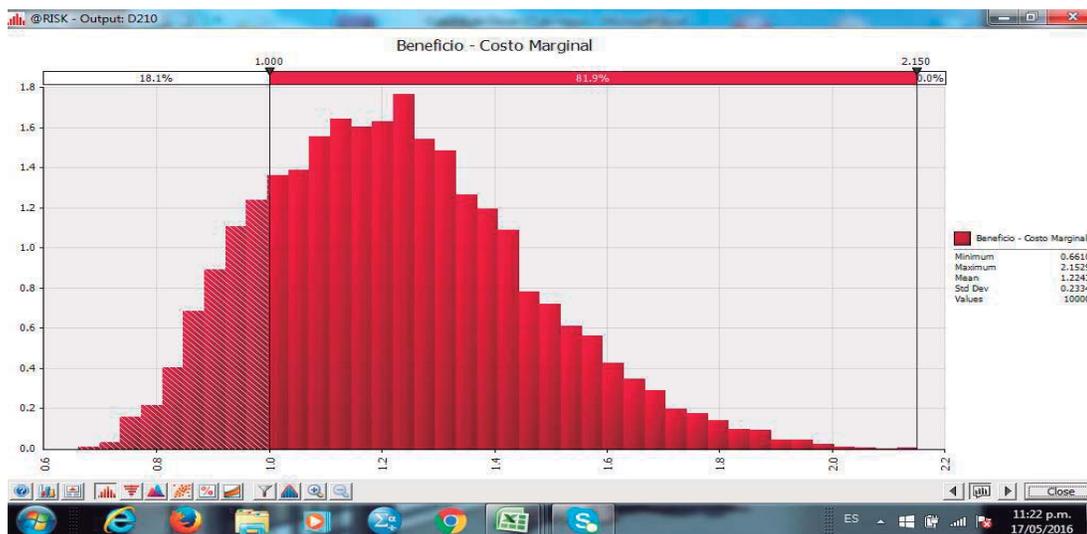
FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 10. Cálculo de la tasa de Beneficio - Costo Marginal de la Inversión con Riego Tecnificado

Costos Reducidos	1,980,000.00	Costos Incrementados	4,412,225.63
Ingresos Incrementados	6,330,800.00	Ingresos Reducidos	2,327,500.00
Total de Beneficios	8,310,800.00	Total de Costos	6,739,725.63
Tasa de Beneficio - Costo Marginal	1.22		

FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 3. Tasa de Beneficio Costo Marginal de la Inversión en Riego Tecnificado



FUENTE: Elaboración propia

Como se ve, la distribución de probabilidades de los resultados del indicador Beneficio Costo Marginal de la Inversión en Riego Tecnificado para el Cultivo de Quinua nos muestra un valor medio de 1.22 (por cada sol invertido se obtiene un plus de 22 céntimos), con 18.1% de escenarios perdedores y 81.9% de escenarios ganadores.

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE RIEGO TECNIFICADO ASOCIADO AL CULTIVO DE QUINUA EN ANCASH.

Como se puede ver en el cuadro 11, las variables de riesgo o probabilísticas explican más del 96% las variaciones de los indicadores de eficiencia de la inversión en riego tecnificado

asociado con el cultivo de quinua en el Callejón de Huaylas. En el cuadro 12 se verifica que existen 3 variables que están presentes en todos los indicadores de eficiencia de la inversión en riego tecnificado asociado con quinua en el Callejón de Huaylas, lo cual lleva a priorizarlas como variables de riesgo para la toma de decisión.

Cuadro 11. Análisis de sensibilidad de la implementación de riego tecnificado asociado con quinua. Coeficientes de determinación

Indicador	Valor Actual Neto con Riego	Tasa Interna de Retorno con Riego	Beneficio Costo Marginal con Riego
Coefficiente de determinación	0.998	0.99	0.968
Interpretación: Variables independientes explican	99.8% de variaciones de la variable dependiente	99% de variaciones de la variable dependiente	96.8% de variaciones de la variable dependiente

FUENTE: Anexo 1. Salidas del @Risk.

Elaboración propia

Cuadro 12. Análisis de sensibilidad de la implementación de riego tecnificado asociado con quinua. Coeficientes de regresión de cada variable explicativa.

Indicador/ Variables explicativas	Valor Actual Neto con Riego	Tasa Interna de Retorno con Riego	Beneficio Costo Marginal con Riego
Precio esperado de quinua	0.913	0.947	0.723
Rendimiento en Kg.	0.344	0.471	0.473
Costo por hectárea	-0.178	-0.222	-0.307

FUENTE: Anexo 1. Salidas del @Risk.

Elaboración propia

Interpretación de los coeficientes de regresión

Indicador: Valor Actual Neto con riego (VAN).

- Un alza del 10% en el Precio esperado de quinua: Incrementa 9.13% el VAN
- Un alza del 10% en el Rendimiento esperado de quinua: Incrementa 3.44% el VAN
- Un alza del 10% en el Costo por hectárea de quinua: Reduce 1.78% el VAN

Indicador: Tasa Interna de Retorno con riego (TIR).

- Un alza del 10% en el Precio esperado de quinua: Incrementa 9.47% la TIR.
- Un alza del 10% en el Rendimiento esperado de quinua: Incrementa 4.71% la TIR.
- Un alza del 10% en el Costo por hectárea de quinua: Reduce 2.22% la TIR.

Indicador: Beneficio Costo Marginal con riego (BC).

- Un alza del 10% en el Precio esperado de quinua: Incrementa 7.23% el BC.
- Un alza del 10% en el Rendimiento esperado de quinua: Incrementa 4.73% el BC.
- Un alza del 10% en el Costo por hectárea de quinua: Reduce 3.07% el BC.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el Callejón de Huaylas la productividad de la quinua se encuentra dentro de los estándares nacionales, empero no garantiza las posibilidades de inversión, debido a la contaminación del agua de riego. De contar la zona con agua libre de contaminación, daría lugar a un cambio tecnológico y por ende a una agricultura moderna, el incremento de la productividad previsto inicialmente en la zona de Recuay, Callejón de Huaylas, posibilitaría muchos beneficios, como se reflejan en los indicadores que reporta el modelo implementado, cuyo beneficio alcanzará inicialmente a 400 familias, con lo cual se mejorará el bienestar de 2,400 personas (promedio de integrantes por familia: 6).

El Valor Actual Neto con Riego tecnificado es de S/.8'143,260. Supera largamente el valor medio del VAN sin Riego tecnificado. La Tasa Interna de Retorno Económica es de 149 por ciento con 95.7 por ciento de escenarios positivos y el Beneficio/Costo Marginal es 1.22 con 81 por ciento de escenarios positivos confirmando que la inversión en riego tecnificado para esta región es positiva para la sociedad.

Por otro lado, se nota que las variables de riesgo (probabilísticas) de mayor impacto en los indicadores son el Precio esperado de la quinua, el Rendimiento esperado de la quinua y el Costo por hectárea de la quinua.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La implementación de riego tecnificado asociado con el cultivo de la quinua es altamente rentable para la zona del Callejón de Huaylas, tal como lo demuestra el análisis para la zona piloto ubicada entre la finca de Pocrac y el caserío de Huancapampa.
- La inversión muestra un Valor Actual Neto promedio esperado mayor de 6.5 Millones al Valor Actual Neto promedio sin riego, una Tasa Interna de Retorno promedio esperado de 149%.
- El Beneficio Costo Marginal promedio esperado de la Inversión en Riego Tecnificado resulta de 1.22.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los favorables resultados económicos por la implementación de riego tecnificado asociado al cultivo de la quinua sugieren aplicar esta en toda la zona del Callejón de Huaylas. Igualmente es recomendable ampliar las investigaciones a otros cultivos y a otras regiones.

- Promover el desarrollo sostenible de los sistemas de riego, difundiendo el uso de tecnologías de riego que contribuyan al incremento de la producción y productividad agrícola mejorando la rentabilidad del agro y elevar los niveles de vida de los agricultores.
- El Estado debe dar las condiciones para la inversión, considerando que, dentro del rol que le corresponde, amparado por la constitución y las leyes, debe generar las condiciones para un desarrollo armónico de los diferentes sectores evitando de manera inteligente los conflictos sociales que irresponsablemente detienen la inversión y deterioran nuestra economía en forma sistemática.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALSTON, J., NORTON, G. AND PARDEY, P. (1995). Science under scarcity. Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Ithaca and London. Cornell University Press.
2. BLASCO, M., CHAVERRA, H. Y REINOSO, J. (1984). Diagnóstico del Callejón de Huaylas, Perú: Uso racional de laderas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Lima, Perú.
3. BAYE, M. (2006) Economía de Empresa y Estrategia Empresarial, Quinta Edición – Mc Graw Hill Interamericana, Madrid – España.
4. BOYD, C (1968) Fresh water plants: *A potential Source of protein*. Economic Botany. 22.359-68. VOL 22, No. 4, October-December, 1968. The New York Botanical Garden for the Society for Economic Botany. New York, USA.
5. CHRISTENSEN E, SCHERRING J & DIXON PS (1979). Effects of manganese, copper and lead on *Selenastrum capricornutum* and *Chlorella stigmatophora*. Water Research, 13,79-92. The International Water Association (IWA), Den Haag The Netherlands.
6. COHEN, E. Y FRANCO, R. (1992). Evaluación de proyectos sociales. 1ª Edición en español. Siglo veintiuno editores. México.
7. COSSÍO, J. (2013) *Evaluación técnica y económica de dos sistemas de riego para la producción de la quinua*, en Congreso Científico de la Quinua. Memoria. La Paz, Bolivia.

8. DOMÍNGUEZ, O. (1977). Factores sociales que condicionan la demanda de tecnologías en la agricultura. Estudio financiado por la Oficina Técnica de Desarrollo Científico y Creación Artística. Universidad de Chile. 79 p. Santiago.
9. FAO (2002). Proyecto de Manejo de Recursos Naturales para el Alivio de la Pobreza en la Sierra (Préstamo BIRF 4130-PE). Evaluación de la viabilidad económica-financiera y la sostenibilidad ambiental y organizacional de una muestra de casos exitosos de la intervención del proyecto. Informe: 02/054 CP -PER. Centro de Inversiones - Programa de Cooperación FAO/ Banco Mundial.
10. -----(1988). Extensión rural: partiendo de lo posible para llegar a lo deseable. 2º edición. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Serie Desarrollo Rural Nº 2. 50 p.
11. -----, 1991a. El desarrollo rural a base de sus potencialidades. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Serie Desarrollo Rural Nº 8. 49 p.
12. HAQUE A& SHARMA S (1986) Water Hyacinth to fight waterpollution. Science Reporter. Dec.757-62. India.
13. HERRERA, F; VELASCO, C; DENEN, H; RADULOVICH, R. 1994. Fundamentos de análisis económico: guía para investigación y extensión rural. Serie Técnica, Informe Técnico No. 228; CATIE. Turrialba, Costa Rica. 62 p.
14. HORTON, D. (1982). Análisis de presupuesto parcial para investigación en papa a nivel de finca. Boletín de Información Técnica 16. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú.
15. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (1987). Compendio estadístico: Ancash. INEI, Ancash.
16. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2014). Encuesta

- Demográfica y de Salud Familiar. INEI, Lima, Perú.
17. ----- (2003) Almanaque Departamental 2002-2003 – Ancash. INEI, Ancash.
 18. ----- (1994). III Censo Nacional Agropecuario. INEI, Lima, Perú.
 19. ----- (1995) Compendio estadístico 1994/1995, INEI, Lima, Perú.
 20. -----, Perú Compendio Estadístico – 2003. INEI, Lima, Perú.
 21. MINISTERIO DE AGRICULTURA (2012). Censo Nacional Agropecuario. MINAGRI, Lima, Perú.
 22. -----(2014). Programa de Riego Tecnificado, Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI). MINAGRI, Lima, Perú.
 23. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS (2015). Número de pasivos ambientales mineros a nivel nacional. MEM - DGAA, Lima, Perú.
 24. ----- (1998). Estudio de evaluación ambiental territorial y de planeamiento para reducción o eliminación de la contaminación minera en la cuenca del río Santa. MEM - Dirección General de Asuntos Ambientales, Lima, Perú.
 25. MOGOLLÓN, R. (2014). Rentabilidad del maíz amarillo duro (*Zea mays*) resistente al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el distrito de Jayanca, departamento de Lambayeque, Tesis para optar el título de Economista en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
 26. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL EN CEREALES Y GRANOS NATIVOS (2013). Quinoa. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
 27. ROGERS, E. M. (1995). Diffusion of innovations (Fourth ed.). New York: The Free Press.
 28. SALINAS, R. (1996). Evaluación de adopción de tecnología, proponiendo una metodología con elementos cuantitativos, cualitativos y participativos. Tesis de grado.

Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 127 p.

29. TRIPATHI BD, JAVA SRIVASTAVA & MISTA, KIRAN (1990), Impact of pollution on the elemental composition of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart, Solms.) And Lemma (*Lemma minor L*) in varios ponds of Varanasi. Science and Culture 55, 301-13
30. SAPAG, J. (2000). Evaluación de proyectos. Guía de ejercicios, problemas y soluciones. Segunda edición. Mc Graw - Hill Interamericana de Chile Ltda. Santiago.
31. SHIALIPOUR, A& SMITH,PH (1984). Conversion of Biomasa into methane gas. Biomass & Energy, 6, 85-94. journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/biombioe>
32. TICONA, P. Y CHAMBI, R. Experiencias del riego por aspersión y goteo en el rendimiento del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd.), en la región Lípez, Potosí. http://www.minagri.gob.ar/site/desarrollo_rural/producciones_regionales/01_origen_vegetal/07_quinua/_documentos/cientifica/ticona_murana_edgar_roberto_chambi_experiencias_de_riego_asper_y_goteo_agro.pdf
33. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. (2016) [Suelos hídricos según la USDA \(Departamento de Agricultura de EE.UU.\)](#).
34. VILLACHICA, C. (2004) Propuesta de Tecnología Limpia para la Minería de Pequeña Escala, Smallvill S.A.C. -Consulcont S.A.C. Lima, Perú.
35. WILLIAMS, G. 2007. El cambio técnico y la agricultura: la experiencia de los Estados Unidos e implicaciones para México. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XI, núm. 20, enero-junio, 2007, pp. 209-220 Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México.
36. WITHMORE, A.P. 2000. The biological management of soil fertility Project. Neth. J. Agric. Sci. 84:115-122.

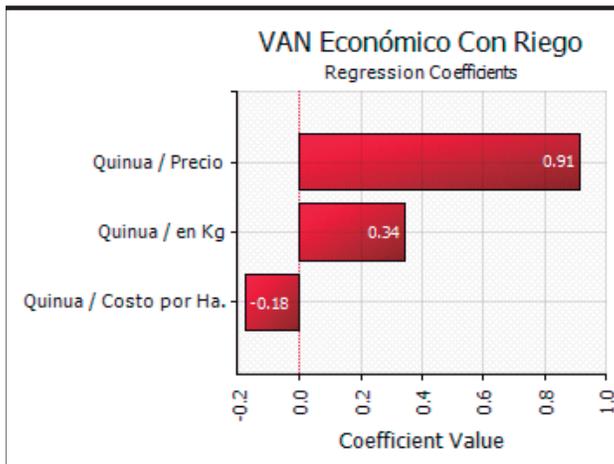
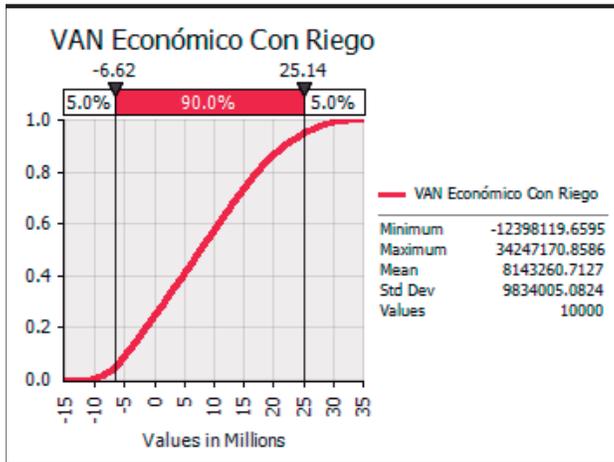
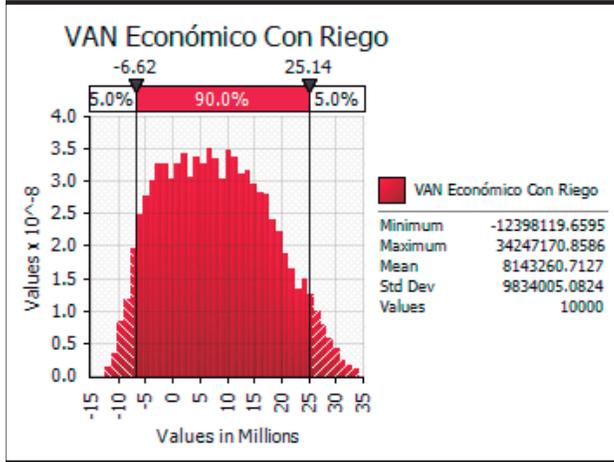
VII. ANEXOS

ANEXO 1. Salidas de las corridas en el Software @Risk.

@RISK Output Report for VAN Económico Con Riego

Performed By: Oscar Ramirez

Date: martes, 17 de mayo de 2016 11:33:10 p.m.



Simulation Summary Information	
Workbook Name	Cuadro de Quinoa.xlsx
Number of Simulations	1
Number of Iterations	10000
Number of Inputs	20
Number of Outputs	5
Sampling Type	Latin Hypercube
Simulation Start Time	5/17/16 23:17:28
Simulation Duration	00:04:12
Random # Generator	Mersenne Twister
Random Seed	1522583776

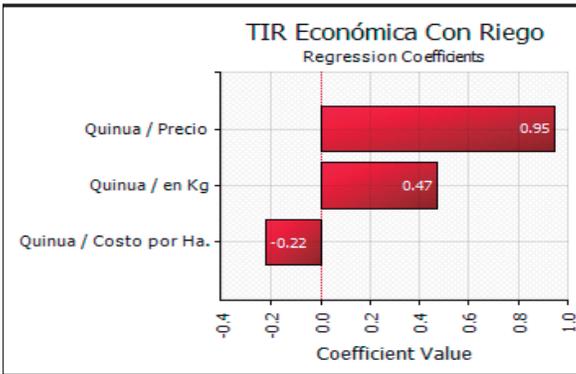
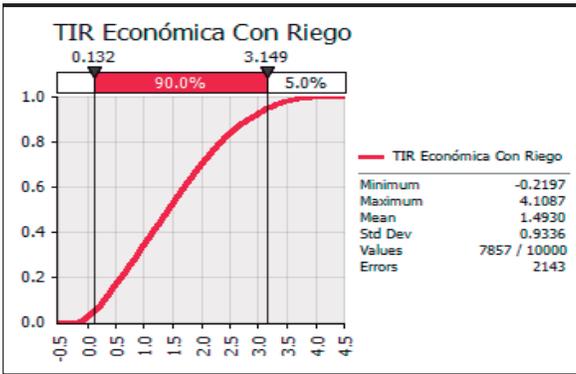
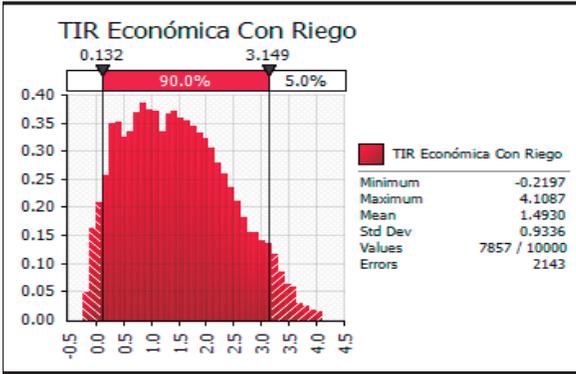
Summary Statistics for VAN Económico Con Riego			
Statistics		Percentile	
Minimum	- 12,398,120	5%	- 6,616,724
Maximum	34,247,171	10%	- 4,739,214
Mean	8,143,261	15%	- 3,005,147
Std Dev	9,834,005	20%	- 1,491,093
Variance	9.67077E+13	25%	126,448
Skewness	0.217263903	30%	1,659,358
Kurtosis	2.223098384	35%	3,128,797
Median	7,693,018	40%	4,765,140
Mode	1,245,191	45%	6,212,965
Left X	- 6,616,724	50%	7,693,018
Left P	5%	55%	9,281,094
Right X	25,140,665	60%	10,735,752
Right P	95%	65%	12,224,895
Diff X	31,757,388	70%	13,815,064
Diff P	90%	75%	15,475,244
#Errors	0	80%	17,238,458
Filter Min	Off	85%	19,207,504
Filter Max	Off	90%	21,702,802
#Filtered	0	95%	25,140,665

Regression and Rank Information for VAN Económico Con Riego			
Rank	Name	Regr	Corr
1	Quinoa / Precio	0.913	0.925
2	Quinoa / en Kg	0.344	0.326
3	Quinoa / Costo por	-0.178	-0.165

@RISK Output Report for TIR Económica Con Riego

Performed By: Oscar Ramirez

Date: martes, 17 de mayo de 2016 11:33:14 p.m.



Simulation Summary Information	
Workbook Name	Cuadro de Quinoa.xlsx
Number of Simulations	1
Number of Iterations	10000
Number of Inputs	20
Number of Outputs	5
Sampling Type	Latin Hypercube
Simulation Start Time	5/17/16 23:17:28
Simulation Duration	00:04:12
Random # Generator	Mersenne Twister
Random Seed	1522583776

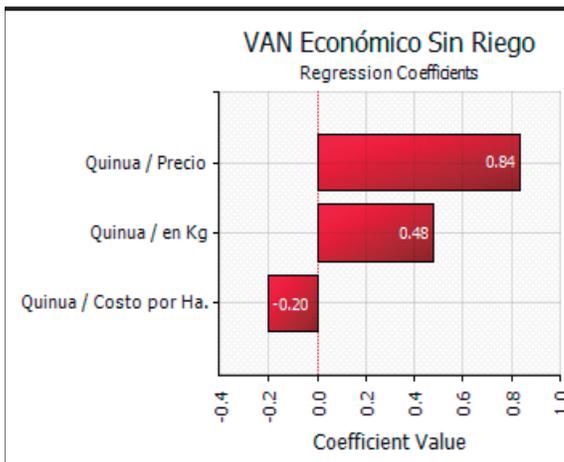
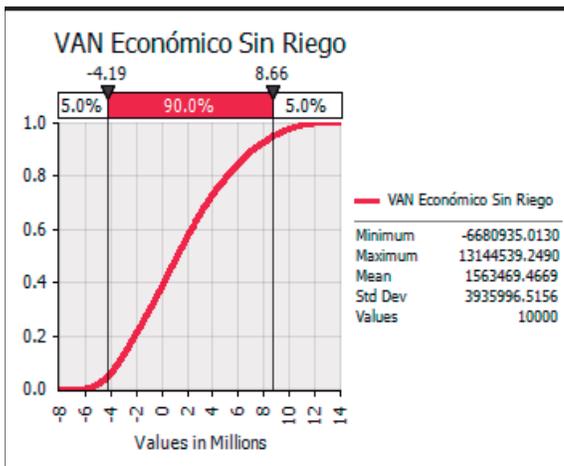
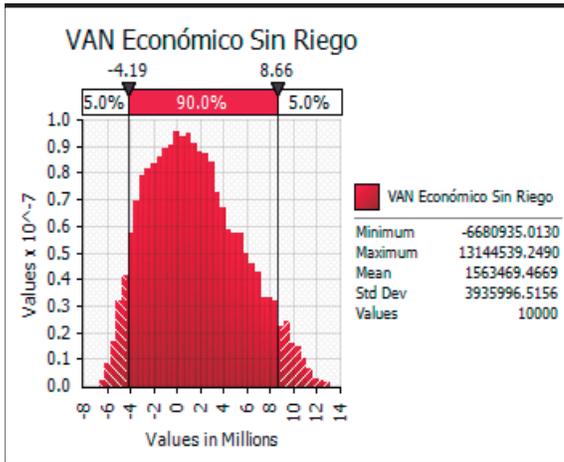
Summary Statistics for TIR Económica Con Riego			
Statistics		Percentile	
Minimum	-22.0%	5%	13.2%
Maximum	410.9%	10%	30.2%
Mean	149.3%	15%	44.5%
Std Dev	93.4%	20%	59.5%
Variance	0.871688259	25%	73.4%
Skewness	0.345142754	30%	87.1%
Kurtosis	2.334906066	35%	100.4%
Median	141.8%	40%	113.9%
Mode	132.7%	45%	128.8%
Left X	13.2%	50%	141.8%
Left P	5%	55%	155.4%
Right X	314.9%	60%	169.9%
Right P	95%	65%	184.4%
Diff X	301.7%	70%	199.9%
Diff P	90%	75%	215.9%
#Errors	2143	80%	233.7%
Filter Min	Off	85%	255.0%
Filter Max	Off	90%	281.3%
#Filtered	0	95%	314.9%

Regression and Rank Information for TIR Económica Con Riego			
Rank	Name	Regr	Corr
1	Quinoa / Precio	0.947	0.868
2	Quinoa / en Kg	0.471	0.305
3	Quinoa / Costo por	-0.222	-0.090

@RISK Output Report for VAN Económico Sin Riego

Performed By: Oscar Ramirez

Date: martes, 17 de mayo de 2016 11:33:20 p.m.



Simulation Summary Information

Workbook Name	Cuadro de Quinua.xlsx
Number of Simulations	1
Number of Iterations	10000
Number of Inputs	20
Number of Outputs	5
Sampling Type	Latin Hypercube
Simulation Start Time	5/17/16 23:17:28
Simulation Duration	00:04:12
Random # Generator	Mersenne Twister
Random Seed	1522583776

Summary Statistics for VAN Económico Sin Riego

Statistics	Value	Percentile	Value
Minimum	6,680,935	5%	4,187,654
Maximum	13,144,539	10%	3,382,510
Mean	1,563,469	15%	2,731,165
Std Dev	3,935,997	20%	2,123,749
Variance	1.54921E+13	25%	1,534,807
Skewness	0.370651298	30%	939,506
Kurtosis	2.450576567	35%	401,346
Median	1,202,745	40%	135,827
Mode	2,500,687	45%	675,632
Left X	4,187,654	50%	1,202,745
Left P	5%	55%	1,745,886
Right X	8,663,664	60%	2,333,629
Right P	95%	65%	2,904,340
Diff X	12,851,318	70%	3,547,468
Diff P	90%	75%	4,275,481
#Errors	0	80%	5,122,743
Filter Min	Off	85%	6,035,014
Filter Max	Off	90%	7,160,849
#Filtered	0	95%	8,663,664

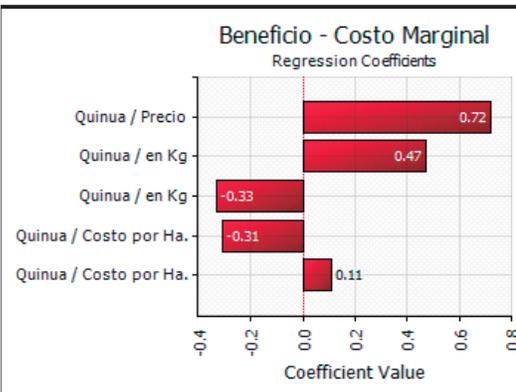
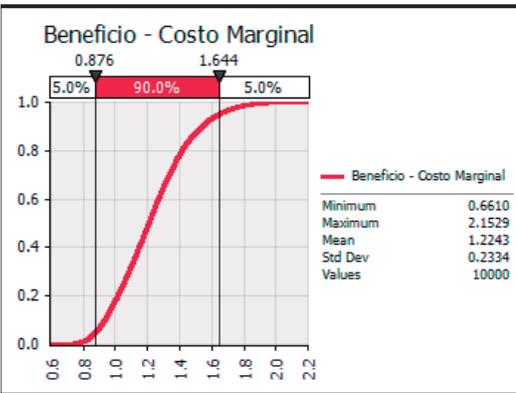
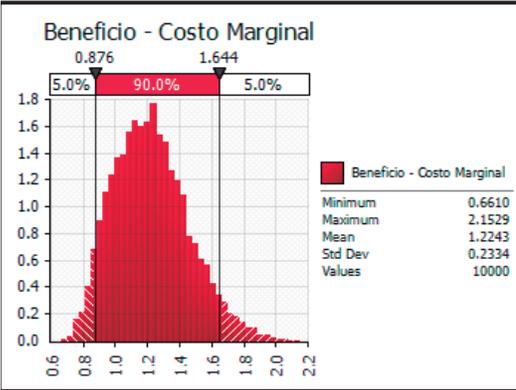
Regression and Rank Information for VAN Económico Sin Riego

Rank	Name	Regr	Corr
1	Quinoa / Precio	0.836	0.855
2	Quinoa / en Kg	0.480	0.458
3	Quinoa / Costo por	-0.200	-0.201

@RISK Output Report for Beneficio - Costo Marginal

Performed By: Oscar Ramirez

Date: martes, 17 de mayo de 2016 11:33:23 p.m.



Simulation Summary Information	
Workbook Name	Cuadro de Quinoa.xlsx
Number of Simulations	1
Number of Iterations	10000
Number of Inputs	20
Number of Outputs	5
Sampling Type	Latin Hypercube
Simulation Start Time	5/17/16 23:17:28
Simulation Duration	00:04:12
Random # Generator	Mersenne Twister
Random Seed	1522583776

Summary Statistics for Beneficio - Costo Marginal			
Statistics	Percentile		
Minimum	0.66	5%	0.88
Maximum	2.15	10%	0.93
Mean	1.22	15%	0.98
Std Dev	0.23	20%	1.01
Variance	0.054455334	25%	1.05
Skewness	0.441188722	30%	1.08
Kurtosis	2.927616835	35%	1.12
Median	1.21	40%	1.15
Mode	1.25	45%	1.18
Left X	0.88	50%	1.21
Left P	5%	55%	1.24
Right X	1.64	60%	1.27
Right P	95%	65%	1.30
Diff X	0.77	70%	1.33
Diff P	90%	75%	1.37
#Errors	0	80%	1.42
Filter Min	Off	85%	1.47
Filter Max	Off	90%	1.54
#Filtered	0	95%	1.64

Regression and Rank Information for Beneficio - Costo Marginal			
Rank	Name	Regr	Corr
1	Quinoa / Precio	0.723	0.739
2	Quinoa / en Kg	0.473	0.468
3	Quinoa / en Kg	-0.334	-0.305
4	Quinoa / Costo por	-0.307	-0.287
5	Quinoa / Costo por	0.112	0.122

@RISK Input Results

Performed By: Oscar Ramirez
Date: martes, 17 de mayo de 2016 11:33:26 p.m.

Name	Cell	Graph	Min	Mean	Max	5%	95%	Errors
Category: Quinoa								
Rendimiento Sin Riego / en Kg	C5		860.01	1,250.00	1,639.99	898.94	1,600.95	0
Rendimiento Con Riego / en Kg	C59		2,700.10	3,400.00	4,099.95	2,769.95	4,029.95	0
Quinoa / Precio	D5		2.11	4.65	7.20	2.36	6.95	0
Quinoa / Costo por Ha. Sin Riego	E10		4,200.10	4,950.00	5,699.85	4,274.86	5,624.96	0
Quinoa / Costo por Ha. Con Riego	E64		8,700.24	10,372.00	12,043.93	8,867.07	11,876.66	0

@RISK Output Results

Performed By: Oscar Ramirez
Date: martes, 17 de mayo de 2016 11:33:40 p.m.

Name	Cell	Graph	Min	Mean	Max	5%	95%	Errors
VAN Económico Con Riego	C202		12,398,120	8,143,261	34,247,170	6,616,724	25,140,660	0
VAN Económico Sin Riego	C203		6,680,935	1,563,470	13,144,540	4,187,654	8,663,664	0
Beneficio - Costo Marginal	D210		0.66	1.22	2.15	0.88	1.64	0
TIR Económica Con Riego	F202		-22.0%	149.3%	410.9%	13.2%	314.9%	2143
B/C Económico Con Riego	I202		-4.95	1.16	9.74	-3.10	6.42	0

@RISK Sensitivity Analysis

Performed By: Oscar Ramirez
Date: martes, 17 de mayo de 2016 11:33:46 p.m.

Rank For	Cell	Name	Description	VAN Económico Con Riego Regression Coeff. R ² =0.988	TIR Económica Con Riego Regression Coeff. R ² =0.99	B/C Económico Con Riego Regression Coeff. R ² =0.977	VAN Económico Sin Riego Regression Coeff. R ² =0.977	Beneficio - Costo Marginal Regression Coeff. R ² =0.968
#1	D5	Quinoa / Precio	RiskUniform (D42,D43)	0.913	0.947	0.836	0.836	0.723
#2	C59	Quinoa / en Kg	RiskUniform (D78,D79)	0.344	0.471	n/a	n/a	0.473
#3	E64	Quinoa / Costo por Ha.	RiskUniform (D88,D89)	-0.178	-0.222	n/a	n/a	-0.307
-	C5	Quinoa / en Kg	RiskUniform (D22,D23)	n/a	n/a	0.48	0.48	-0.334

ANEXO 2. Tratamiento de aguas contaminadas

1. La propuesta de Villachica, Carlos (2010) que se sustenta en tres etapas:

a. El Proceso de Neutralización y Coagulación Dinámica (NCD), mediante la implementación de una planta que procese los efluentes ácidos mineros generados en bocaminas o en las canchas de relave y desmontes. Puede usar caliza fina que abunda en entornos mineros, podrían ser operadas por los interesados (agricultores entrenados). La idea es procesar los efluentes mineros en forma temporal mientras dure el tratamiento y reubicación de los relaves o desmontes mineros o el sellado de bocaminas, con el fin de eliminar los focos de contaminación en forma definitiva.

b) El Proceso de Flotación y Relleno Total, permite limpiar el agua capturando metales valiosos (cobre, plomo, plata y zinc) y un concentrado de pirita (sulfuro de fierro) y dejando como residuo un material que puede ser utilizado como substrato agrícola. El concentrado de pirita se encapsula en las zonas áridas e inaccesibles de la costa o en galerías antiguas.

c) El Cierre concurrente, recuperación por flotación o gravimetría de minerales generadores de ácido en los relaves y de posición simultánea y profunda bajo una cobertura de la fracción que no genera ácido y retiene más humedad, impidiendo de ese modo el acceso de oxígeno en forma permanente. Es sabido que el encapsulamiento de este tipo controla el drenaje ácido en forma definitiva además de permitir el uso agrícola sobre la superficie del componente minero rehabilitado, en este caso la cancha de relaves.

2. La propuesta de Bernabé, Julio (2012) plantea en dos etapas:

a) La Tecnología de Contactores Biológicos Rotatorios (CBR), podría aplicarse muy bien para tratamiento previo de residuos mineros, antes de verter relaves al río (PROTEC 2008-2009). Usa las bacterias de las CBR (de preferencia cepas de la zona) para formar biodiscos en los relaves. Un CBR piloto es capaz de degradar 150 ppm (partes por millón) de cianuro

total promedio. Al inicio, estos valores se verán incrementados considerablemente hasta que la biopelícula se forma completamente y el sistema consorcio se estabilice. Sería una de las tecnologías más económicas para el tratamiento de relaves mineros.

b) Tecnología para Metales Pesados lo recomendable es hacer lagunas de oxidación en donde se cultiven macrófitas acuáticas (macroalgas, musgos, helechos) para remover nutrientes desde aguas residuales hasta efluentes industriales con sustancias tóxicas como arsénico, cadmio, zinc, cobre, plomo, mercurio, etc. estudios relacionados fueron experimentalmente llevados con éxito (Boyd, 1968, Tripathi et al, 1990) en años recientes las algas han sido utilizadas extensivamente para el montaje y operación de los sistemas de tratamiento (Christensen et al 1979, Tam& Wong 1989). Macromitas acuáticas, como el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes (Mart) Solms*), pueden ser usados para reducir niveles de contaminantes en cuerpos de agua, y su biomasa usada para producción de biogás (Shialipour& Smith 1984), el Jacinto de agua reduce la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), y ayuda a reducir los niveles sólidos suspendidos NO₃-N, PO₄-P, Na, K, Ca, Mg, y otros minerales (Tripathi et al 1990). Estas plantas ayudan a absorber Cadmio, Plomo, Níquel, Mercurio, Cobre, Plata, Fenol y otras sustancias, potencialmente cancerígenas (Wolverton& McDonald 1979). Estas plantas pueden absorber metales pesados a concentraciones entre 4,000 y 20,000 veces, las concentraciones existentes en el agua, estudios realizados se restringen exclusivamente a una clase de macrofitas. Un tratamiento sistemático combinando Jacinto de Agua y algas puede ser aplicado, después de depositar el agua residual en un lago para sedimentar los sólidos. Para tal fin se propone lo siguiente:

-Tratamiento I.- Pasar a un pozo del primer cultivo de Jacinto, retención de 15 días y se cosecha plantas cada semana, manteniendo densidad de 80-85 por ciento.

- Tratamiento II.- las aguas tratadas del primer pozo pasan al segundo pozo ingresando a este por la parte inferior, en esta fase se cultivan algas que crecen por cinco días.

- **Tratamiento III.**- Después de cinco días, el agua del pozo de algas, fluye al tercer pozo que contiene el segundo cultivo de Jacinto de agua, que debe cubrir la superficie, y después de retención de nueve días, se puede obtener agua pura. El sistema de tres tratamientos es el método más económico en climas cálidos, pero con plantas y algas adaptadas a condiciones locales, pueden reemplazar al Jacinto de agua y así superar problemas de clima si es que la temperatura es el problema.

- Tecnología para Metales Pesados.

En el primer estadio se reduce sólidos totales en un 50 por ciento y la DBO en 75 por ciento con significativas reducciones de pH y conductancia eléctrica. En el segundo tanque se cultiva algas que crecen por cinco días. En el segundo estadio, se usa algas como *Chlorella vulgaris*, *Microcystis aeruginosa*, se mejora la calidad del agua con respecto al DBO, NO₃-N, PO₄-P, NH₄-N y pH. El segundo cultivo de Jacinto se usa para reducir completamente los sólidos suspendidos, antes de descargar el agua. La digestión anaeróbica de la masa cosechada, reduce un 75 por ciento el sedimento y produce 374 litros de metano por kg. de peso seco de la planta cosechada. Una hectárea produce unos 600 Kg. de planta seca por día que se convierten en 224,400 litros de gas/ha-día. Incluso cuando las plantas contienen metales pesados en su interior, la digestión es más rápida y el contenido de gas metano en el biogás llega hasta el 91.0 por ciento (Haque y Sharma 1986).

ANEXO 3. Alternativas de riego tecnificado.

Mangas; de bajo costo, fácil instalación y manejo para transportar el agua y aplicarla a los surcos por medio de perforaciones a distancias predeterminadas.

Tubos multicompuertas; de alta eficiencia; el agua es conducida y distribuida en el predio por tuberías livianas (PVC). De fácil transporte e instalación, trabajan a baja presión, gran versatilidad y se riega con agua de pozo o de avenidas y es de moderada inversión. Evita pérdidas por infiltración, mejora la fertilización de los cultivos.

Por exudación, mediante un tubo poroso que exuda en toda su longitud y superficie o en parte de ella. Ahorro del agua de riego, uniformiza la aplicación del agua a diferentes presiones. El riego se desarrolla en forma continua y las plantas establecen sus propias demandas de agua evitando las pérdidas por percolación. Restituye el agua evapotranspirada en forma continua por el tubo poroso, y las plantas siempre dispondrán de condiciones óptimas de humedad. El sistema puede ser usado en zonas planas, de pendiente, en campo abierto, diversos climas y todo cultivo. Puede ser empleado en zonas urbanas parques, jardines, etc. donde por razones de estética pueden ser enterrados.

Californiano; conducción y distribución de agua mediante tuberías livianas y flexibles para asentamiento en terreno; se adecúa a la topografía del terreno a regar, y permite entrega de aguas, con presiones reguladas y caudales controlados, orientadas hacia surcos, bordes mediante los cuales se aplica el agua. Se usa en Estados Unidos por su alta eficiencia y bajo costo. La principal ventaja de este sistema es la eficiencia en la aplicación de agua al suelo (65por ciento), respecto a los métodos de riego tradicionales. Por usar conducción cerrada, evita crecimiento de malezas en la cabecera de riego de los cultivos, pérdidas por infiltración, evaporación directa y evapotranspiración. Permite aumentar superficie cultivada, pues no ocupa sitio en el terreno. Requiere de 25 a 50 por ciento del trabajo humano requerido por otros procedimientos de riego (sifones, acequias con tubos a

nivel, mangas, etc.). Las tuberías son de fácil almacenaje, transporte e instalación. El sistema de acople de tuberías (unión Anger), impide penetración de raíces y es impermeable. No permite aplicar fertilizantes y pesticidas con el agua de riego ni usar el agua de riego durante las 24 horas, sin supervisión continua. (Ortiz, A.)

Riego por impulsos o intermitente, o discontinuo, consiste en aplicar agua a los surcos en intervalos de tiempo cortos, pero frecuentes, en un mismo periodo de riego, por medio de un dispositivo que abre y cierra las compuertas cada cierto tiempo. Puede instalarse en los sistemas de riego californiano Fijo y multicompuertas. Permite alta eficiencia de aplicación (75por ciento), fácil instalación, operación y mantenimiento, economiza el agua y permite la rápida recuperación de la inversión. (Ministerio de Agricultura, 2014).

Riego tecnificado por aspersión; simula lluvia controlando el tiempo y su intensidad, con la instalación de amplia gama de aspersores diseñados para operar a diferentes presiones, espaciamiento y tamaños de acuerdo a los requerimientos de los cultivos. Permite aplicar agua en forma uniforme y controlada, reduce la pérdida por conducción y distribución, disminuye los efectos nocivos de las heladas, mejora la eficiencia en la aplicación de fertilizantes y pesticidas. Elimina los requerimientos de nivelación de suelos, minimiza la demanda de mano de obra durante el riego y uniformiza la aplicación del agua.

Riego Tecnificado por microaspersión; aplica agua en forma de lluvia fina y suave, es riego localizado pues esparce humedad en zona radicular de planta, muy usado en frutales arbóreos.

Riego tecnificado por goteo; aplica el agua, fertilizantes, etc. en la zona radicular del cultivo, en forma de gotas de manera localizada, eficiente, con alta frecuencia, oportunidad y en cantidades estrictamente necesarias. Beneficios adicionales: capacidad de adaptarse a cualquier suelo y en condiciones topográficas distintas, riega, fertiliza y controla plagas y enfermedades en forma simultánea, disminuye o elimina el desarrollo de maleza y la eficiencia de aplicación es mayor al 90 por ciento (Ministerio de Agricultura, 2014).