



INFORME TECNICO FINAL

Nombre del proyecto	Impacto del riego suplementario localizado sobre la producción de la Quinoa altiplánica en la localidad de Ancovinto, comuna de Colchane. Región de Tarapacá.
Código del proyecto	PYT-2016-0459
Informe final	1
Período informado (considerar todo el período de ejecución)	desde el 03.02.2017 hasta el 31.05.2019
Fecha de entrega	31.07.2019

Nombre coordinador	Jorge Olave Vera
Firma	

INSTRUCCIONES PARA CONTESTAR Y PRESENTAR EL INFORME

- Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.
- Sobre la información presentada en el informe:
 - Debe dar cuenta de todas las actividades realizadas en el marco del proyecto, considerando todo el período de ejecución, incluyendo los resultados finales logrados del proyecto; la metodología utilizada y las modificaciones que se le introdujeron; y el uso y situación presente de los recursos utilizados, especialmente de aquellos provistos por FIA.
 - Debe estar basada en la última versión del Plan Operativo aprobada por FIA.
 - Debe ser resumida y precisa. Si bien no se establecen números de caracteres por sección, no debe incluirse información en exceso, sino solo aquella información que realmente aporte a lo que se solicita informar.
 - Debe ser totalmente consistente en las distintas secciones y se deben evitar repeticiones entre ellas.
 - Debe estar directamente vinculada a la información presentada en el informe financiero final y ser totalmente consistente con ella.
- Sobre los anexos del informe:
 - Deben incluir toda la información que complemente y/o respalde la información presentada en el informe, especialmente a nivel de los resultados alcanzados.
 - Se deben incluir materiales de difusión, como diapositivas, publicaciones, manuales, folletos, fichas técnicas, entre otros.
 - También se deben incluir cuadros, gráficos y fotografías, pero presentando una descripción y/o conclusiones de los elementos señalados, lo cual facilite la interpretación de la información.
- Sobre la presentación a FIA del informe:
 - Se deben entregar tres copias iguales, dos en papel y una digital en formato Word (CD o pendrive).
 - La fecha de presentación debe ser la establecida en el Plan Operativo del proyecto, en la sección detalle administrativo. El retraso en la fecha de presentación del informe generará una multa por cada día hábil de atraso equivalente al 0,2% del último aporte cancelado.
 - Debe entregarse en las oficinas de FIA, personalmente o por correo. En este último caso, la fecha válida es la de ingreso a FIA, no la fecha de envío de la correspondencia.

- El FIA se reserva el derecho de publicar una versión del Informe Final editada especialmente para estos efectos.

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES GENERALES	5
2.	EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO.....	5
3.	RESUMEN EJECUTIVO	6
4.	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	8
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)	8
6.	RESULTADOS ESPERADOS (RE)	9
7.	CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO	17
8.	ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO	20
9.	POTENCIAL IMPACTO.....	21
10.	CAMBIOS EN EL ENTORNO	21
11.	DIFUSIÓN	22
12.	PRODUCTORES PARTICIPANTES.....	23
13.	CONSIDERACIONES GENERALES	24
14.	CONCLUSIONES.....	26
15.	RECOMENDACIONES	26
16.	ANEXOS	27
17.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	122

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre Ejecutor:	Universidad Arturo Prat – Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos
Nombre(s) Asociado(s):	Grupo de agricultores productores de quínoa, Comunidad Indígena Aymara de Ancovinto Instituto de Desarrollo Agropecuario - INDAP
Coordinador del Proyecto:	Jorge Olave Vera
Regiones de ejecución:	Región de Tarapacá
Fecha de inicio iniciativa:	03.02.2017
Fecha término Iniciativa:	31.05.2019

2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

Costo total del proyecto			
Aporte total FIA			
Aporte Contraparte	Pecuniario		
	No Pecuniario		
	Total		

Acumulados a la Fecha		Monto (\$)
Aportes FIA del proyecto		
1. Total de aportes FIA entregados		
2. Total de aportes FIA gastados		
3. Saldo real disponible (Nº1 – Nº2) de aportes FIA		
Aportes Contraparte del proyecto		
1. Aportes Contraparte programado	Pecuniario	
	No Pecuniario	
2. Total de aportes Contraparte gastados	Pecuniario	
	No Pecuniario	
3. Saldo real disponible (Nº1 – Nº2) de aportes Contraparte	Pecuniario	
	No Pecuniario	

3. RESUMEN EJECUTIVO

3.1 Resumen del período no informado

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante el período comprendido entre el último informe técnico de avance y el informe final. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

El presente informe resume las actividades realizadas durante el periodo comprendido entre los meses de agosto 2018 a enero 2019, entre ellas, destaca:

- Registro de mediciones fenológicas, humedad del suelo, crecimiento de la planta, contabilidad del agua para la parcela con riego suplementario.
- Cosecha (producción), determinación de biomasa, determinación del calibre del grano de quinua
- Descarga de datos climáticos

3.2 Resumen del proyecto

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante todo el período de ejecución del proyecto. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Las principales actividades realizadas fueron las siguientes:

- Implementación de los cultivos con riego suplementario y seco en los tres ciclos de cultivo: 2016-2017; 2017-2018
- Implementación de la válvula volumétrica para la contabilidad del agua
- Instalación de estación climática de UNAP-CIDERH
- Instalación de sensores para registro de humedad volumétrica de forma continua y con descarga de datos en Data Logger
- Instalación de sensores NDVI con registro continuo y descarga de información a través de un Data Logger
- Caracterización física del suelo
- Mediciones en el cultivo: fenología, biomasa, cosecha y calidad de la cosecha
- Mediciones climáticas
- Mediciones de humedad del suelo

Los principales resultados obtenidos fueron:

- El riego suplementario en el cultivo de la quinua en el altiplano de Tarapacá por las condiciones microclimáticas imperantes requiere de hacer ajustes en momento y cantidad de agua a aplicar para disminuir la sensibilidad a las temperaturas bajas que ralentizan el crecimiento de las plantas y con ello el potencial de producción.

- Se obtuvo granos de quinua de calibre de 2mm en un 22% mayor en las plantas con riego

suplementario versus las plantas de secano, lo cual constituye comercialmente un factor positivo de calidad.

-Se obtuvo la curva de crecimiento de las plantas de secano y riego suplementario a través del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI), que permitirá obtener los coeficientes de cultivo locales para la quinua, que ajustará los aportes de agua a través del riego.

Otros Resultados:

- Se incrementó cosecha llegando a cosecha mayor a 1000 kg/ha en el ciclo de cultivo 2017-2018 en la parcela con riego suplementario y con alta densidad (25.000 plantas/ha)
- Se incrementó mayor en un 30% la eficiencia en el uso del agua
- Se redujo más de un 20% la cantidad de agua aplicada por kilo de quinua
- Se obtuvo un valor comercial de la producción de quinua mayor a un 85% en el calibre de 1,7-2,0 mm según norma de la quinua de Bolivia.

4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Optimizar la oferta de agua al cultivo de la Quinoa a través de riego localizado suplementario y determinar el impacto sobre la producción comercial a obtener.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)

5.1 Porcentaje de Avance

El porcentaje de avance de cada objetivo específico se calcula luego de determinar el grado de avance de los resultados asociados a éstos. El cumplimiento de un 100% de un objetivo específico se logra cuando el 100% de los resultados asociados son alcanzados.

Nº OE	Descripción del OE	% de avance al término del proyecto ¹
1	Determinar el impacto del riego localizado suplementario sobre la producción de la Quinoa respecto al cultivo de seco.	100
2	Determinar el impacto del riego suplementario sobre la calidad comercial de la Quinoa respecto a la obtenida bajo un cultivo de seco.	100
3	Difusión de los resultados y alcances de la investigación, realizando procesos de extensión, transferencia y capacitación para los agricultores beneficiados del proyecto en función a lograr un manejo eficiente del recurso hídrico destinado al riego del cultivo de Quinoa.	25%
4	Evaluación económica del piloto	100%

¹ Para obtener el porcentaje de avance de cada Objetivo específico (OE) se promedian los porcentajes de avances de los resultados esperados ligados a cada objetivo específico para obtener el porcentaje de avance de éste último.

6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)

Para cada resultado esperado debe completar la descripción del cumplimiento y la documentación de respaldo.

6.1 Cuantificación del avance de los RE al término del proyecto

El porcentaje de cumplimiento es el porcentaje de avance del resultado en relación con la línea base y la meta planteada. Se determina en función de los valores obtenidos en las mediciones realizadas para cada indicador de resultado.

El porcentaje de avance de un resultado no se define según el grado de avance que han tenido las actividades asociadas éste. Acorde a esta lógica, se puede realizar por completo una actividad sin lograr el resultado esperado que fue especificado en el Plan Operativo. En otros casos se puede estar en la mitad de la actividad y ya haber logrado el 100% del resultado esperado.

N° OE	N° RE	Resultado Esperado ² (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real ⁸	% de cumplimiento
			Nombre del indicador ³	Fórmula de cálculo ⁴	Línea base ⁵	Meta del indicador ⁶ (situación final)	Fecha alcance meta programada ⁷		
1	1	Incremento en la producción de Quinua en un ciclo de cultivo	Producción Quinua	$P = \text{kg Quinua/ha}$	221,7 kg/ha	1000 kg/ha	Marzo-Abril 2019	Cosecha: Marzo – Abril 2018	100%
1	2	Incremento en la eficiencia en el uso del agua		$\text{EUA (kg/m}^3\text{)} = \text{kg de quinua producida/ m}^3 \text{ de agua aplicada en un ciclo de cultivo}$	EUA = 0,19 kg/m ³	Incremento en un 30%	Marzo-Abril 2019	Se logró la meta Marzo-Abril 2018. El valor obtenido fue un incremento de un 142,98%	100%
1	3	Incremento en la Eficiencia en el Uso del Agua (AAUP)		$\text{AAUP} = (\text{L/kg}) = \text{m}^3 \text{ de agua aplicada en un ciclo de cultivo/tonelada de Quinua producida}$	AAUP= 5263 Litros de Agua/Kg de Quinua	Reducción en un 30%	Marzo-Abril 2019	Se logró la meta Marzo-Abril 2018. El valor obtenido fue una reducción de un 56,91%	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

² Resultado Esperado (RE): corresponde al mismo nombre del Resultado Esperado indicado en el Plan Operativo.

³ Nombre del indicador: corresponde al mismo nombre del indicador del Resultado Esperado descrito en el Plan Operativo.

⁴ Fórmula de cálculo: corresponde a la manera en que se calculan las variables de medición para obtener el valor del resultado del indicador.

⁵ Línea base: corresponde al valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

⁶ Meta del indicador (situación final): es el valor establecido como meta en el Plan Operativo.

⁷ Fecha alcance meta programada: es la fecha de cumplimiento de la meta indicada en el Plan Operativo.

⁸ Fecha alcance meta real: es la fecha real de cumplimiento al 100% de la meta. Si la meta no es alcanzada, no hay fecha de cumplimiento.

Resultado 1= Ciclo producción 2017-2018 con plantas bajo riego suplementario a una densidad de 0,8*0,5 (25.000 plantas/ha)
Resultado 2 = Se alcanzó la meta de un incremento del 30% en la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA). Se obtuvo un 142,98%.
Resultado 3 = Se alcanzó la meta de reducción de un 30% en el Agua Aplicada al Cultivo (AAUP). Se obtuvo una reducción del 56,91%
Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra). Anexo 1

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)					Fecha alcance meta real	% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada		
2	4	Incremento en el porcentaje de producción comercial		Se considerará la NB/NA 0038-2007 %PC = kg Producción Comercial/kg	60%	80%	Marzo-Abril 2019	Marzo-Abril 2019	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
<p>El análisis de la información obtenida de la calidad comercial del grano de quinua para la producción con riego suplementario se obtiene un 88,49% y para seco un 85,70% en el calibre entre 1,7 a 2,0 mm, que corresponde a la categoría grande según la Norma Boliviana NB/NA 0038-2007.</p> <p>Con lo cual se obtiene una meta superior al 80% indicada en la meta del indicador.</p>									
Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra): Anexo 2									

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
3	5	Taller 1: Evaluación del manejo del riego en el cultivo de la Quinua	Capacitación 1	N° de asistentes al Taller propuesto N° de asistentes que respondan positivamente de la adopción de los conocimientos teóricos y prácticos entregados	0	30	Abril 2018	Abril 2018	100%
3	6	Taller 2: Evaluación de la calidad de la cosecha de la Quinua	Capacitación 2	N° de asistentes al Taller propuesto N° de asistentes que respondan positivamente de la adopción de los conocimientos teóricos y prácticos entregados	0	30	Abril 2019	Sin fecha	0%
3	7	Curso: Manejo del cultivo de la Quinua con riego suplementario localizado	Curso 1	N° de asistentes al Taller propuesto N° de asistentes que respondan positivamente de la adopción de los conocimientos teóricos y prácticos entregados	0	20	Abril 2019	Sin fecha	0%
3	8	Público objetivo toma conocimiento de la innovación propuesta, sus resultados y perspectivas	Seminario 1	N° asistentes al seminario propuesto	0	50	Mayo 2019	Sin fecha	0%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									

Solo se cumplió con la actividad del Taller 1. Las otras actividades no se realizaron. Se habían planificado para el día 12.072019. Se solicitó el cambio para el 25.07.2019, lo cual no fue aceptado por FIA.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra): Anexo 3

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)						% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta programada	Fecha alcance meta real	
4	9	Evaluación económica positiva de la producción de Quinoa bajo riego	Evaluación Económica	Ficha de cultivo con riego	0	2	Mayo 2019	Mayo 2019	100%
Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.									
Se presentan las fichas de costo para quinua con riego suplementario y seco.									
Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra): Anexo 4									

6.2 Análisis de brecha.

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados programados y los obtenidos.

Se generó brecha con las actividades de difusión en la cual solo se dio cumplimiento al 25% de lo programado.

Este porcentaje pudo ser mayor; sin embargo, el cambio de fecha solicitado por la Coordinación del Proyecto desde el 12.07.2019 al 25.07.2019 no fue autorizado por FIA.

Sin embargo, se realizaron otras actividades de difusión del proyecto, entre ellas, la participación en el Congreso Mundial de la Quinoa realizado en Iquique a través de un poster, que se incluye en este informe.

También la publicación en IDESIA (Scielo) de un artículo sobre Cambio Climático en la Quinoa, que se incluye en este informe final.

7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto. Se debe considerar aspectos como: conformación del equipo técnico, problemas metodológicos, adaptaciones y/o modificaciones de actividades, cambios de resultados, gestión y administrativos.

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
Desplazamiento en la fecha de adquisición de equipamiento.	El desplazamiento del inicio del proyecto (Febrero 2017) genera que la adquisición del equipamiento del proyecto se desplace de la fecha inicial considerada en el proyecto	Se utilizó equipamiento alternativo disponible temporalmente por CIDERH lo cual permitió subsanar la recopilación de información climática, contenido de humedad del suelo y cantidad de agua aplicada. Esto fue clave para la obtención de datos en el ciclo productivo 2016-17, cuya información se convierte de relevancia para la segunda temporada.
Modificación en la instalación y monitoreo climático. Instalación de la Estación Climática en Diciembre 2016.	El proyecto en su génesis es la determinación de estatus hídrico de suelo que produce el aporte de las lluvias durante el período estival principalmente. Al no considerar en el proyecto la adquisición de una estación climática por el aporte de otro proyecto cofinanciado por FIA originó contratiempos de información y dado que no se instaló por el otro proyecto la estación climática se tomó la decisión de instalar temporalmente un equipo de CIDERH, lo cual posibilitó la adquisición de información valiosa para el proyecto. Esto, sin embargo, no fue lo ideal.	La actividad de monitoreo hasta la fecha de elaboración de este informe se basa en la instalación de una estación propia del centro de investigación. Esto ha permitido en visualizar las características climáticas y volúmenes de agua lluvia que se presentan en el período estival en la zona de cultivo de Quinoa del Altiplano de la región de Tarapacá.
Cambio en densidad de plantación.	El sistema tradicional de cultivo en la localidad de Ancovinto es un marco de plantación de 0,8 x 0,8 metro (15.625 plantas/ha). Sin embargo, en el diseño de riego la distribución de los goteros es cada 0.5 metros, la densidad final fue de 25.000	El diseño del sistema de riego de 0,8*0,5 m, determinó un mayor número de plantas por superficie. Esto significó, la siembra manual para ajustarse a esta condición de diseño

	plantas/ha.	
Cambio de la parcela de ensayo de secano	<p>Para el monitoreo de las condiciones hídricas del cultivo con y sin riego se debió establecer dos parcelas de ensayos en el sector de Ancovinto.</p> <p>Sin embargo, en este sector no se implementó la parcela de secano como estaba originalmente informado por los profesionales de INDAP.</p>	La parcela de secano se seleccionó en sector aledaño a Cariquima camino a Chigo. En esta parcela se instalaron los sensores de humedad y se efectuaron mediciones de crecimiento y cosecha.
Baja uniformidad de la germinación mecanizada en el sector de riego.	La uniformidad de germinación fue menor al 50%.	Para subsanar baja uniformidad se efectuó una re siembra manual en fines de noviembre, para la búsqueda una mejora en la cobertura vegetal.
Falta de acceso oportuno de la información meteorológica del sector de riego.	La información proporcionada por la estación meteorológica del proyecto de certificación orgánica presentó un desfase con el inicio del cultivo, generando dificultad en la determinación del aporte de agua para el cultivo.	Se debió ajustar con datos de otra temporada y con los visualizados en el datalooger de la estación, sin poder tener con exactitud otras variables críticas, temperaturas, humedad, radiación.
Debido a la alta oscilación térmica las mangueras de riego se dilatan y contraen todos los días y además se desconectan de la tubería lateral.	Los emisores (goteros) se desplazan quedando fuera de la zona de cultivo	<p>Para mantener los emisores en su posición inicial se debió instalar estacas al final de las líneas de riego, lo cual solo amortiguo el problema descrito.</p> <p>Se propone evaluar en alguna hileras mangueras de riego del tipo exudante ubicadas en la zona radicular de las plantas.</p>
El sistema de riego presento problemas en la succión de agua ya que se produjo acumulación de sedimento y formación de algas en el estanque de acumulación.	El sistema de riego se ve obstruido y con problemas de presión evitando el normal funcionamiento de los equipos. Como consecuencia se redujo la presión de trabajo y el caudal de agua aplicado a las plantas, generando un desbalance con el valor calculado.	<p>Para subsanar este problema fue necesario realizar un sistema de pre filtro en la zona de succión compuestos por dos armazones de fierros recubiertos con una doble capa de malla que evitan el ingreso de algas.</p> <p>Esto implico realizar un ajuste de las cargas de agua semanales a través del aumento en el número de horas de riego por semana. Esto posibilito disminuir el desbalance entre el valor calculado y el aplicado.</p>

		Es importante consignar que el aumento en número de horas de riego puede afectar el volumen de agua aplicado dado que la energización del sistema del tipo solar se ve afectado bajo condiciones de nubosidad, disminuyendo la eficiencia del sistema.
Incidencia de heladas en la parcela de riego	El período informado presentó heladas frecuentemente que afectaron la densidad de plantas, crecimiento y producción, respecto de las plantas de secano que se encontraban en un sector más abrigado	Para minimizar el efecto de heladas para la temporada 2018/2019 se utilizará el ecotipo Pandela. A su vez en la parcela de riego de ½ ha se dispondrá de 1° hileras para evaluación de riego y 10 hileras de secano (se realizará el manejo tradicional de Colchane), para disponer de las mismas condiciones agroclimáticas y evaluar el impacto real de las condiciones agroclimáticas de Ancovinto
Falta de acceso oportuno de la información meteorológica del sector de riego.	La información proporcionada por la estación meteorológica del proyecto de certificación orgánica presentó un desfase con el inicio del cultivo, generando dificultad en la determinación del aporte de agua para el cultivo.	Se debió ajustar con datos de otra temporada y con los visualizados en el datalooger de la estación, sin poder tener con exactitud otras variables críticas, temperaturas, humedad, radiación, para disponer datos de Octubre 2018 La información de la estación climática en Ancovinto estuvo disponible a partir de la segunda quincena de Noviembre de 2018
El sistema fotovoltaico, inversores y tableros presentaron problemas funcionamiento que impedían la operatividad del sistema de riego	Se generó retraso en la planificación que contemplaba la preparación de suelo y siembra para el mes de septiembre de 2018	Una vez subsanada la operatividad del sistema fotovoltaico a fines de noviembre de 2018 por parte de la empresa Norte Verde por encargo del Instituto de Desarrollo Agropecuario, se procedió con la preparación de suelo de las parcelas de riego y secano, se gestionó el riego a través del programador, se realizó la siembra. Paralelo a ello, se instaló la válvula volumétrica para llevar la contabilidad del agua en cada riego que se realice. La siembra se realizó durante la segunda semana de diciembre 2019, con lo cual, se asegura completar el ciclo del cultivo de la quinua.

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO

8.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

Se realizaron todas las actividades del Objetivo 1, Objetivo 2 y Objetivo 4. Se cumplieron parcialmente las actividades del Objetivo 3, que corresponden a difusión.

8.2 Actividades programadas y no realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

Las actividades programadas y no realizadas parcialmente corresponden al Objetivo N° 3. Las actividades no realizadas fueron: Taller 2 (Análisis de cosecha), Curso (Manejo del cultivo de la quinua) y Seminario (Presentación resultados finales)

8.3 Analizar las brechas entre las actividades programadas y realizadas durante el período de ejecución del proyecto.

La única brecha corresponde a las actividades de difusión que no se realizaron. Hay que consignar que las actividades pendientes se iban a consolidar en una a realizar el 12.07.2019, para lo cual se solicitó realizarla el día 25.07.2019, lo cual no fue autorizado por FIA.

9. POTENCIAL IMPACTO

9.1 Resultados intermedios y finales del proyecto.

Descripción y cuantificación de los resultados obtenidos al final del proyecto, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

Los resultados intermedios fueron los siguientes:

- Caracterización física del suelo
- Información de la dinámica de la humedad en el perfil del suelo entre los 0 a 60 cm
- La rizosfera de las plantas de quinua se ubican entre los 5 a 40 cm de profundidad, que permite precisar la ubicación de los sensores de humedad.
- Las precipitaciones menores a 1 mm no afectan el contenido de humedad del suelo.

Los resultados finales fueron los siguientes:

- El riego suplementario en el cultivo de la quinua en el altiplano de Tarapacá por las condiciones microclimáticas imperantes requiere de hacer ajustes en momento y cantidad de agua a aplicar para disminuir la sensibilidad a las temperaturas bajas que ralentizan el crecimiento de las plantas y con ello el potencial de producción.
- Se obtuvo granos de quinua de calibre de 2mm en un 22% mayor en las plantas con riego suplementario versus las plantas de secano, lo cual constituye comercialmente un factor positivo de calidad.
- Se obtuvo la curva de crecimiento de las plantas de secano y riego suplementario a través del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI), que permitirá obtener los coeficientes de cultivo locales para la quinua, que ajustará los aportes de agua a través del riego.

Las determinaciones futuras son:

- Precisar el aporte efectivo de las precipitaciones en el balance hídrico del cultivo. Determinar el rango de valores que no afectan el contenido de humedad del suelo.
- Determinar el potencial hídrico de las plantas con riego suplementario y secano para determinar el nivel de estrés, para establecer si la turgencia de las hojas constituye o no una debilidad de las plantas con riego y esto afectar el crecimiento de las plantas y la producción.

10. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno que afectaron la ejecución del proyecto en los ámbitos tecnológico, de mercado, normativo y otros, y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

Si existieron cambios.

-Ámbito tecnológico = La gran dificultad que se tuvo fue la resolución del proyecto a adquirir la estación climática y el retraso en su instalación y operación que dificultó en la obtención de información vital para determinar las necesidades de riego del cultivo de la quinua.

La medida adoptada en la fase de transición fue instalar una estación climática de UNAP-CIDERH que estaba en otra ubicación en el territorio de Tarapacá.

Otra dificultad, los tensiómetros no funcionaron en la altura al no registrar la información correspondiente por su descalibración permanente.

Hay que buscar una solución alternativa para determinar el aporte de agua a las plantas de quinua.

Una opción es la obtención la constante de cultivo (kc) local a través del NDVI, que permitirá generar cartillas prácticas en las que se indicará los requerimientos de agua a través de los diferentes estadíos del cultivo.

-Mercado = Este proyecto no contemplaba la comercialización del producto.

-Normativo = No hubieron

11. DIFUSIÓN

Describa las actividades de difusión realizadas durante la ejecución del proyecto. Considere como anexos el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares.

	Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes	Documentación Generada
1	4.04.2018	Cariquima	Taller: Capacitación en Riego de la quinua	23	-Presentación Power Point -Encuestas de Opinión -Asistencia -Invitación -Programa
2					
3					
4					
5					
n					
			Total participantes	23	

12. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Complete los siguientes cuadros con la información de los productores participantes del proyecto.

12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar el número de productores para cada Región de ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Totales
Tarapacá	Productores pequeños	0	6	6	6
	Productores medianos-grandes				
	Productores pequeños				
	Productores medianos-grandes				
Totales		0	6	6	

12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há.	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
Asociación Agricultores de Ancovinto	Tarapacá	Colchane	No aplica	0,5	Febrero 2017

13. CONSIDERACIONES GENERALES

13.1 ¿Considera que los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto?

Los resultados técnicos obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto por dos aspectos:

-El primero obtener el conocimiento de las respuestas obtenidas por las plantas de quinua con riego suplementario – fortalezas y debilidades – respecto a las plantas cultivadas en secano, que deberán ser abordadas con otras iniciativas de tal forma de ir avanzando en el conocimiento de esta innovación tecnológica..

-La calidad comercial de los granos de quinua obtenidos fue diferencial según el sistema de cultivo. Se obtuvo mayor porcentaje de granos de quinua con el calibre grande, lo cual presenta una ventaja comercial esta característica.

13.2 ¿Cómo fue el funcionamiento del equipo técnico del proyecto y la relación con los asociados, si los hubiere?

El funcionamiento del equipo técnico del proyecto fue adecuado durante todo el período de ejecución del proyecto.

La relación con los asociados fue diferencial.

-Positiva con el Instituto de Desarrollo Agropecuario

-Positiva con la organización de los agricultores que firmaron este proyecto y negativa con la directiva de reemplazo que desconoció los acuerdos adoptados.

13.3 A su juicio, ¿Cuál fue la innovación más importante alcanzada por el proyecto?

La innovación más importante fue la obtención del índice NDVI, con lo cual se podrá obtener coeficientes de cultivo (Kc) locales, con ello ajustar los aportes de agua en volumen y tiempo a las plantas de quinua en el altiplano de Tarapacá.

13.4 Mencione otros aspectos que considere relevante informar, (si los hubiere).

Un aspecto relevante que afectó significativamente al proyecto, fue la decisión adoptada de asignar la adquisición de la estación climática a otro proyecto FIA, que no tenía incidencia en los resultados a obtener. Sin embargo, si de importancia para este proyecto, ya que la estación quedo instalada y operativa once meses después del acuerdo adoptado y con ello la falta de información climática importante para determinar las cargas de agua.

La UNAP-CIDERH tuvo que destinar otra estación climática ubicada en otro sector de la región para poder soslayar esta falta de información.

14. CONCLUSIONES

Realice un análisis global de las principales conclusiones obtenidas luego de la ejecución del proyecto.

Las principales conclusiones son las siguientes:

1. El riego suplementario en el cultivo de la quinua en el altiplano de Tarapacá por las condiciones microclimáticas imperantes requiere de hacer ajustes en momento y cantidad de agua a aplicar para disminuir la sensibilidad a las temperaturas bajas que ralentizan el crecimiento de las plantas y con ello el potencial de producción.
2. Se obtuvo granos de quinua de calibre de 2mm en un 22% mayor en las plantas con riego suplementario versus las plantas de secano, lo cual constituye comercialmente un factor positivo de calidad.
3. Se obtuvo la curva de crecimiento de las plantas de secano y riego suplementario a través del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI), que permitirá obtener los coeficientes de cultivo locales para la quinua, que ajustará los aportes de agua a través del riego.

15. RECOMENDACIONES

Señale si tiene sugerencias en relación a lo trabajado durante el proyecto (considere aspectos técnicos, financieros, administrativos u otro).

Las sugerencias son las siguientes:

-Técnicos = En lo general no hay sugerencias. En lo particular los resultados obtenidos estuvieron sujetos a la disponibilidad y voluntad de los agricultores; así como también a las contingencias técnicas del sistema de alimentación con energía al sistema de riego y falta de insumos locales, que afectaron el inicio del proyecto en el tiempo adecuado para el cultivo; los cuales deben ser considerados en los análisis finales del proyecto.

-Financieros = En lo general no hay sugerencias. En lo particular, generar un mecanismo de mayor flexibilidad para los procesos de reitemización del presupuesto.

-Administrativos = Menor tiempo entre la adjudicación y puesta en marcha del proyecto.

-Otro = Las decisiones sobre la operatividad de los proyectos deben ser individuales y no mezclarlas con otro proyecto que esté ubicado en el mismo territorio, ya que al final las decisiones que se adoptan afectan a alguno de los proyectos.

16. ANEXOS

ANEXO 1

OBJETIVO N° 1

RESULTADO N° 1 = Incremento en la producción de Quinoa en un ciclo de cultivo.

Se presentan los resultados obtenidos correspondientes a los ciclos 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019.

Ciclo 2016-2017

Este ciclo de cultivo se inició con la siembra en septiembre de 2016 y la cosecha en marzo-abril 2017.

Es importante señalar que el proyecto se inicia oficialmente el 03 de febrero de 2017. Sin embargo, el equipo del proyecto inicia sus actividades previo a esta fecha.

La parcela de riego suplementario se localizó en Ancovinto y la parcela de secano en la localidad de Chijo. En las parcelas se utilizó el ecotipo blanco de Quinoa.

En este ciclo de cultivo en la parcela de riego suplementario se evaluaron dos densidades de plantación: 15.625 plantas ha⁻¹ (0,8*0,8 m) y 25.000 plantas ha⁻¹ (0,8*0,5 m); en la parcela de secano la densidad de plantación fue de 15.625 plantas ha⁻¹ (0,8*0,8 m).

Los resultados obtenidos muestran una respuesta diferencial entre las dos densidades de plantación con riego suplementario y estas con la de secano.

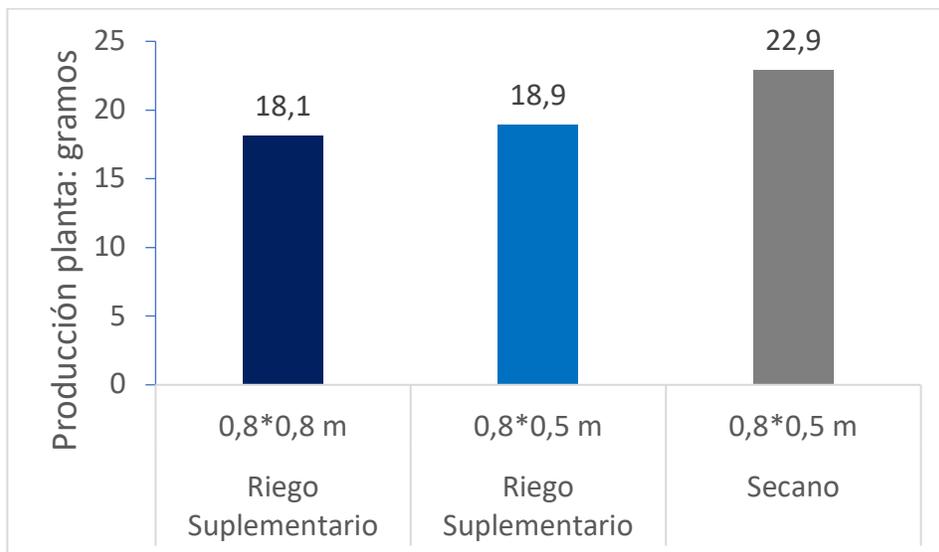
Con las dos densidades de riego suplementario, se obtiene una mayor producción en la parcela con mayor densidad (378 kg ha⁻¹), equivalente a un 52,12% respecto a la menor densidad y mayor en 39,41% a la de secano.

Al comparar la producción de las plantaciones de riego suplementario y secano a igual densidad de plantación se obtiene una mayor producción con las plantas de Quinoa en secano equivalente a 20,96%.

Es destacable el resultado obtenido con la densidad de 25.000 plantas ha⁻¹, por la mayor producción obtenida (efecto densidad), que puede ser considerado en los diseños de las próximas plantaciones con riego suplementario.

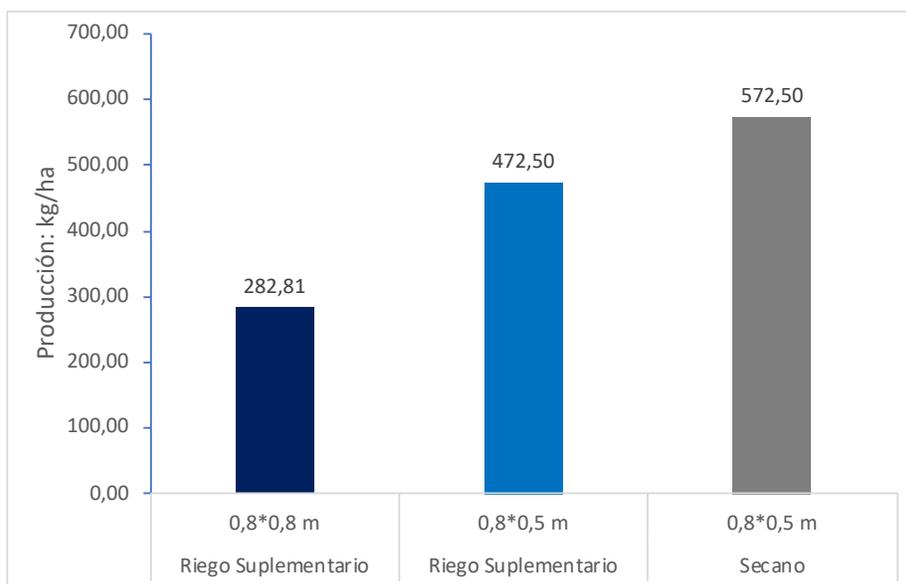
Al analizar la producción por planta, el resultado obtenido determina una mayor producción de las plantas de secano, equivalentes a un 20,96% y 17,46% respecto a las plantas de riego suplementario de 0,8*0,8 m y 0,8*0,5 m respectivamente.

Figura 1. Producción de Quinoa por planta bajo dos sistemas de cultivo. Ciclo 2016-2017



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Producción de Quinua por hectárea bajo dos sistemas de cultivo. Ciclo 2016-2017



Fuente: Elaboración propia.

Ciclo 2017-2018

Este ciclo de cultivo se inició con la siembra en septiembre de 2017 y la cosecha en marzo-abril 2018.

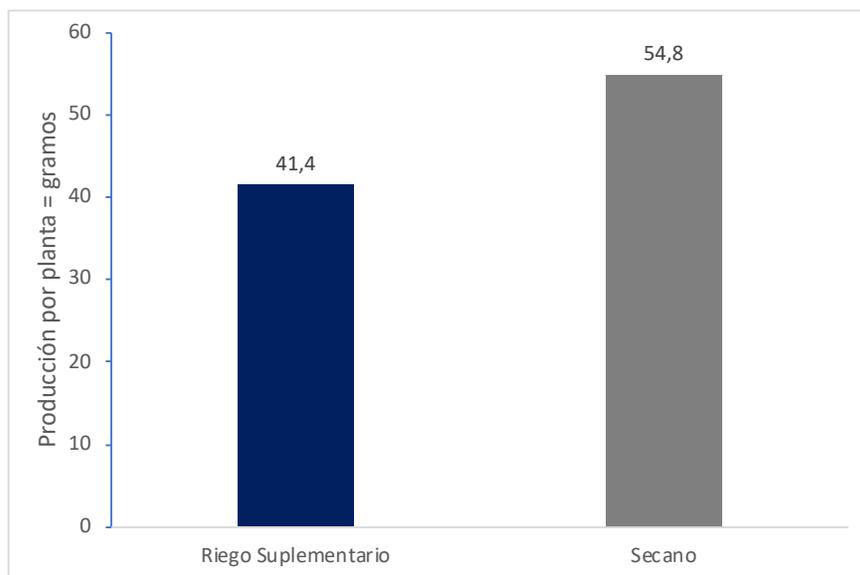
La parcela de riego suplementario se localizó en Ancovinto y la parcela de secano en la localidad de Chijo. En las parcelas se utilizó el ecotipo blanco de Quinua.

En este ciclo de cultivo en la parcela de riego suplementario la densidad de plantación fue de 25.0000 plantas/ha (0,8*0,5 m) y la de secano una densidad de plantación de 15.625 plantas ha⁻¹ (0,8*0,8 m).

Los resultados obtenidos muestran una respuesta diferencial entre la parcela con riego suplementario y la de secano.

La producción por planta fue un 24,45% mayor en secano que la de riego suplementario.

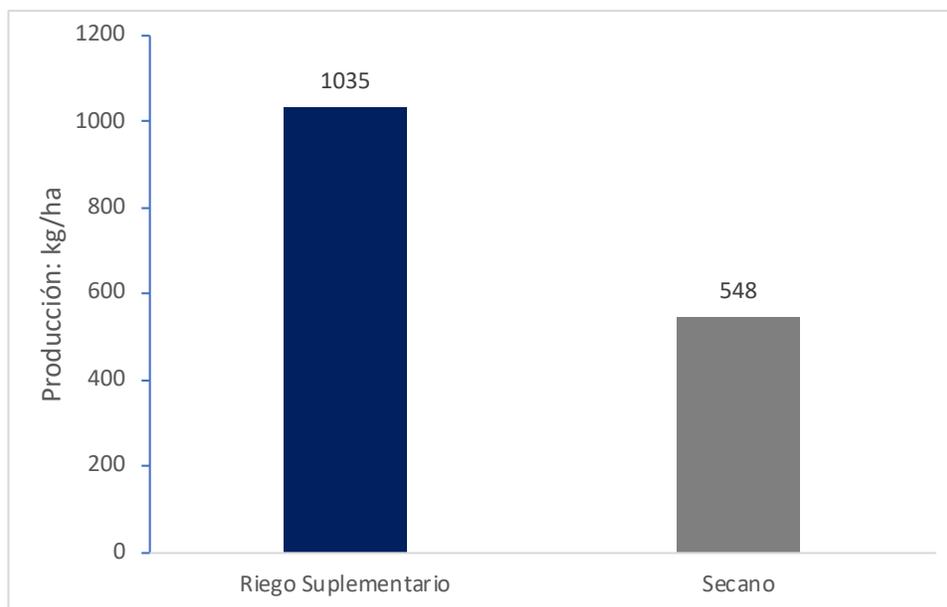
Figura 3. Producción de Quinua por planta bajo dos sistemas de cultivo. Ciclo 2017-2018



Fuente: Elaboración propia.

La producción por ha es mayor en un 33,82% en las plantas con riego suplementario respecto a secano. La mayor producción sin embargo es por efecto densidad de plantación respecto al efecto del riego suplementario aplicado.

Figura 4. Producción de Quinoa por hectárea bajo dos sistemas de cultivo. Ciclo 2017-2018



Fuente: Elaboración propia.

Ciclo 2018-2019

Este ciclo de cultivo se inició con la siembra en diciembre de 2018 y la cosecha en marzo-abril 2019.

El retraso en la época de la siembra se debió a desperfectos en el sistema de alimentación y almacenaje de la energía solar proveniente de los paneles.

La parcela de riego suplementario y de secano se localizó en Ancovinto para que la respuesta obtenida sea por efecto del sistema de manejo del cultivo. En las dos parcelas se utilizó el ecotipo rojo (Pandela) de Quinoa.

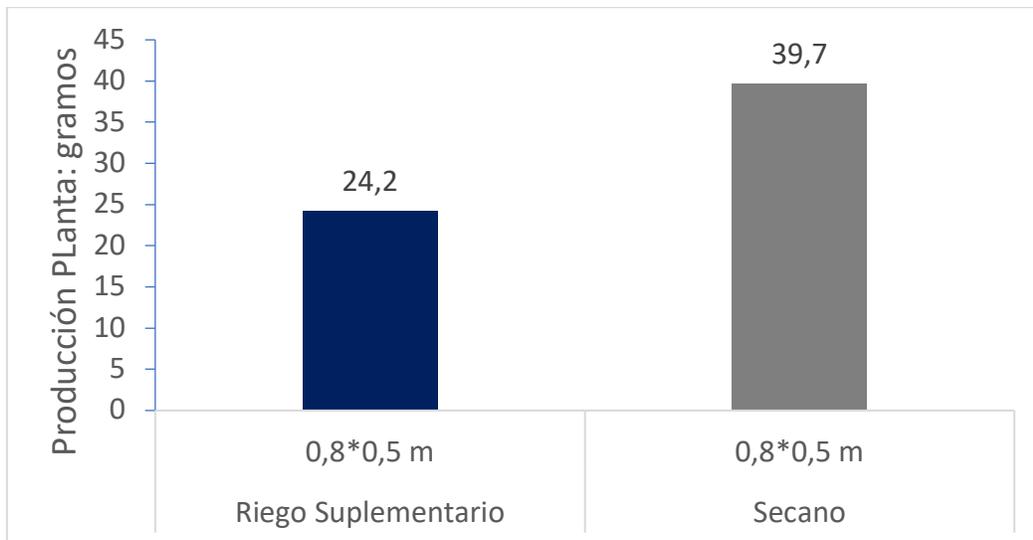
En este ciclo de cultivo en la parcela de riego suplementario y de secano se evaluó una densidad de plantación de 25.000 plantas ha⁻¹ (0,8*0,5 m).

Los resultados obtenidos muestran una respuesta diferencial entre la parcela con riego suplementario y la de secano.

Figura 5. Producción de Quinoa por planta bajo dos sistemas de cultivo. Ciclo 2018-

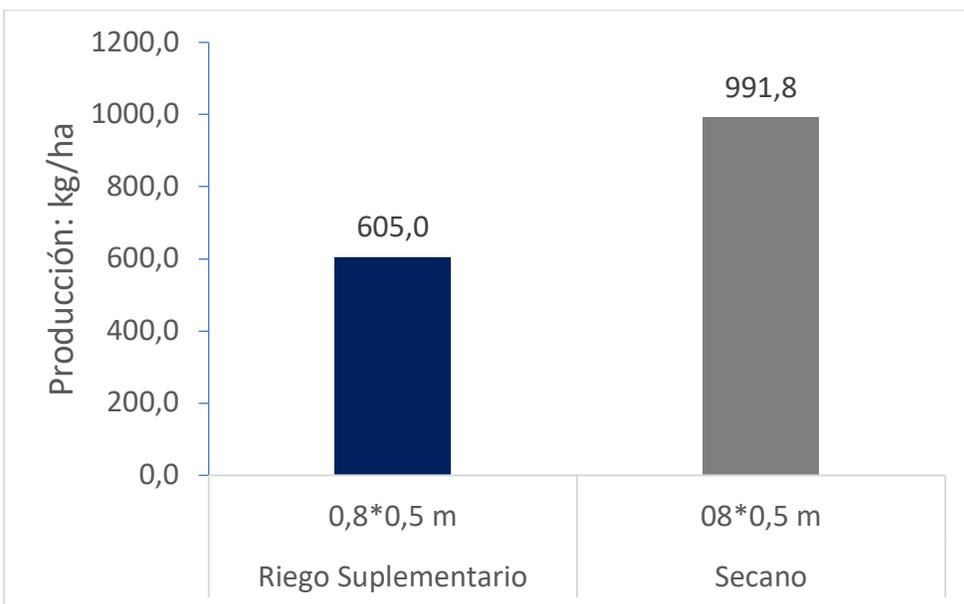
Informe técnico final
V 2018-06-29

2019



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Producción de Quinua por hectárea bajo dos sistemas de cultivo. Ciclo 2018-2019



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADO N° 2 = Incremento en la eficiencia en el uso del agua (EUA)

Ciclo 2016-2017

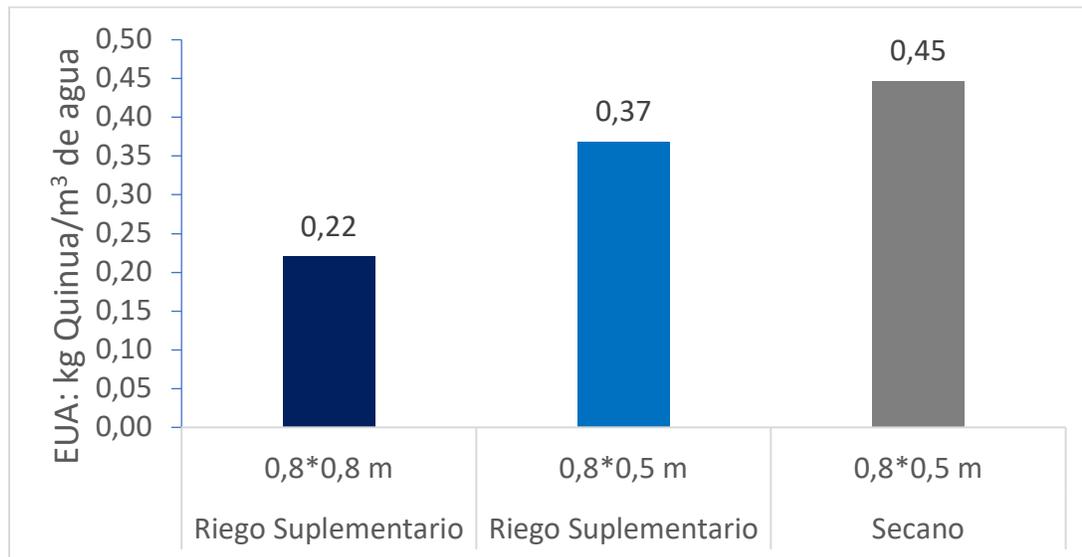
El seguimiento de este ciclo fue incompleto, ya que el inicio del proyecto fue a partir de febrero de 2017, y no se disponía de una estación climática para la estimación de la demanda atmosférica "in situ".

El cultivo con riego suplementario fue en Ancovinto y el de secano en Chijo.

El aporte considerado fueron las precipitaciones.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Figura 7. Eficiencia en el uso del agua en dos sistemas de cultivo de la Quinua. 2016-2017



Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias obtenidas son debidas a dos factores; la primera microclimáticas y la segunda, las plantas con riego suplementario presentan mayor sensibilidad a las bajas temperaturas que las plantas de secano.

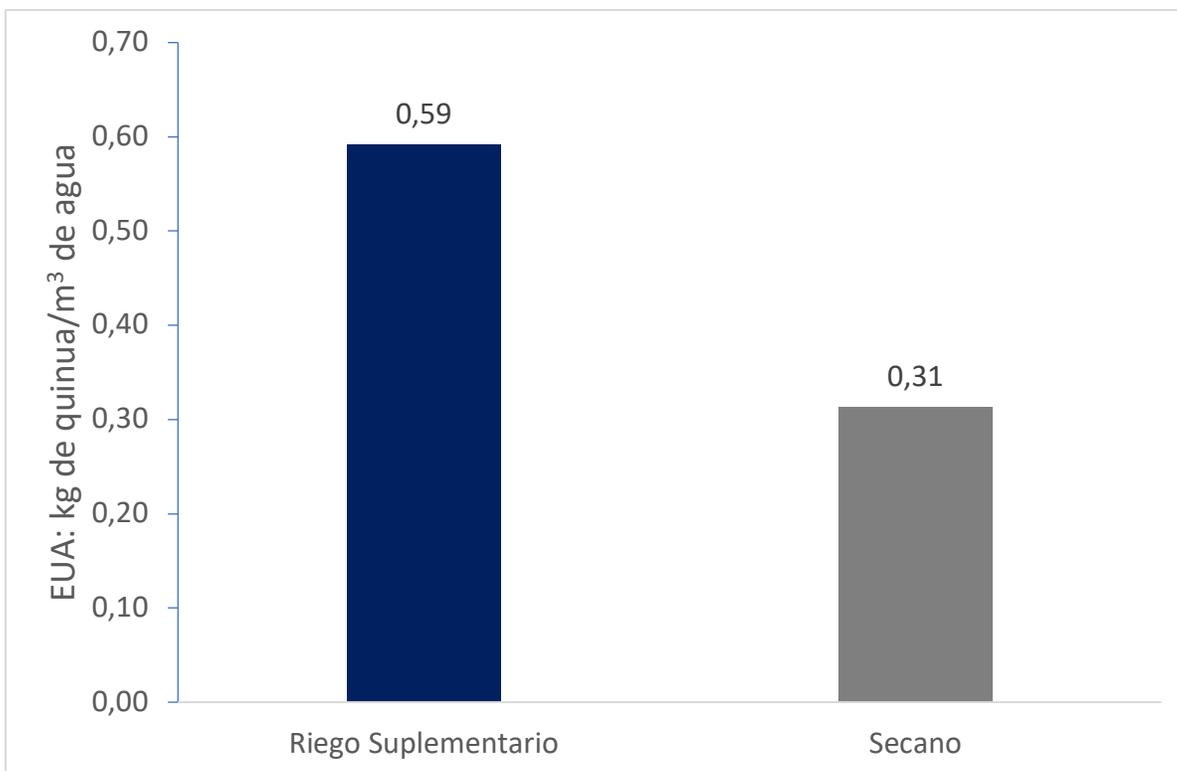
Las plantas de secano presentaron un uso más eficiente del agua en un 51,1% y 17,77% a las plantas con riego suplementario.

Ciclo 2017-2018

En este segundo ciclo de cultivo, las plantas con riego suplementario presentaron una mayor eficiencia al uso del agua que las plantas de secano.

Esta mayor eficiencia está más asociada a la mayor densidad de plantas y en menor grado al aporte agua a través del riego.

Figura 8. Eficiencia en el uso del agua en dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones. 2017-2018

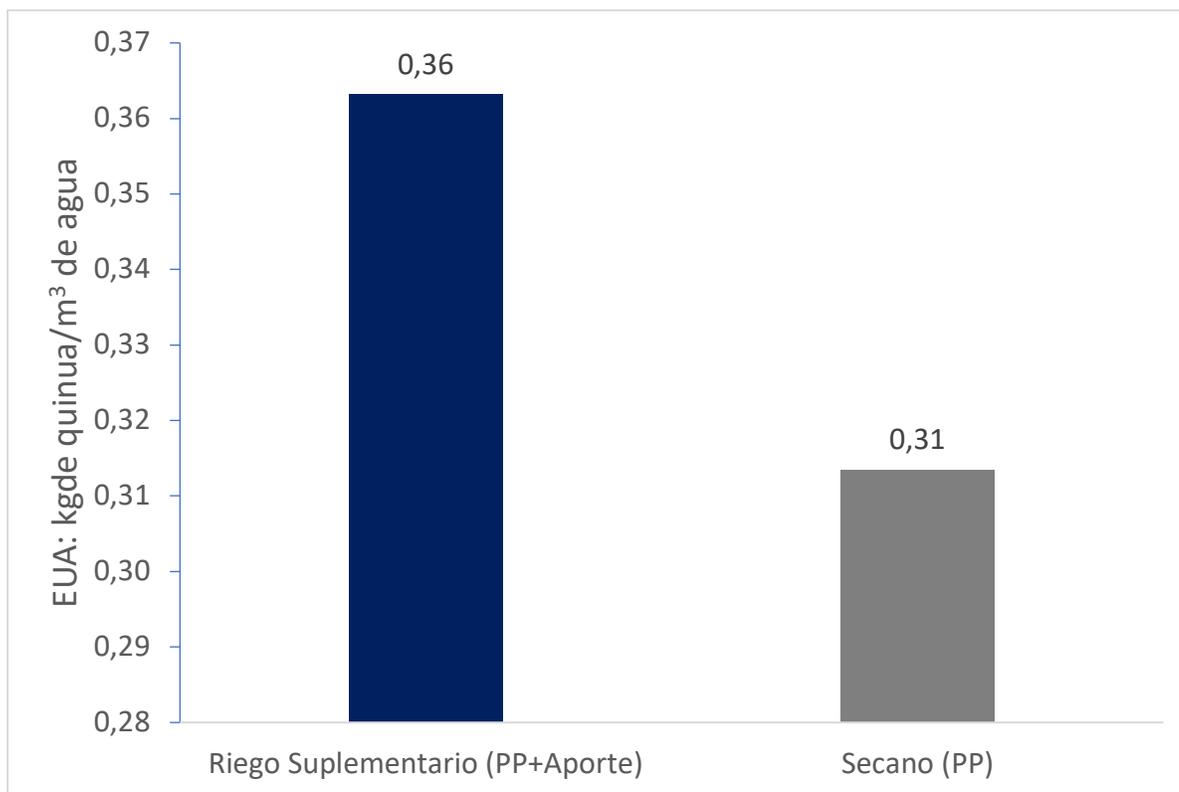


Fuente: Elaboración propia.

Considerando solo las precipitaciones, se obtiene un 47,4% más eficiencia en el uso del agua con las plantas de riego suplementario.

Cuando se considera la sumatoria del aporte de las precipitaciones (PP) más el riego (Aporte), la eficiencia se reduce a un 13,88% la eficiencia en el uso del agua en las plantas con riego suplementario.

Figura 8. Eficiencia en el uso del agua en dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones y riego. 2017-2018



Fuente: Elaboración propia

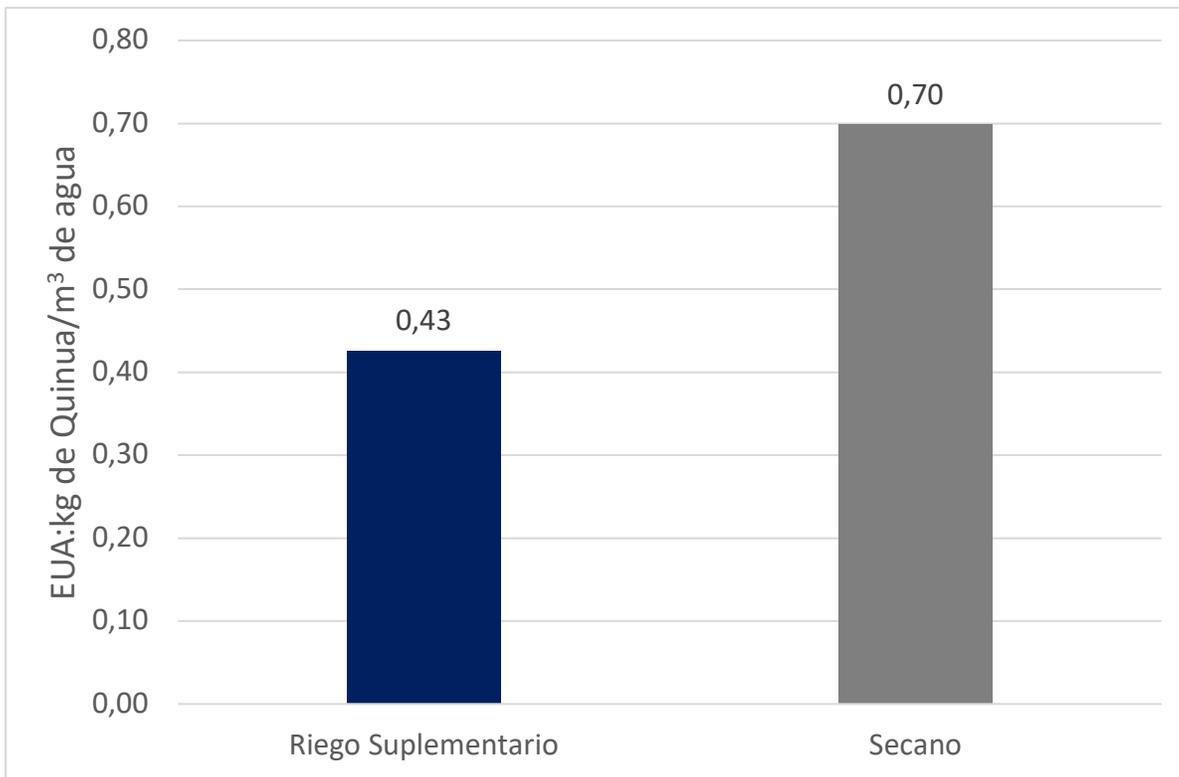
Ciclo 2018-2019

En este ciclo de cultivo los dos sistemas de cultivo se implementan en la localidad de Ancovinto, teniendo solo el sistema de manejo el factor diferencial.

Se obtiene un 38,57% más eficiencia en el uso del agua en las plantas de secano.

Las plantas con riego suplementario se vieron más afectadas con heladas tardías e incidieron en su producción, que se ve reflejada en una menor eficiencia en el uso del agua.

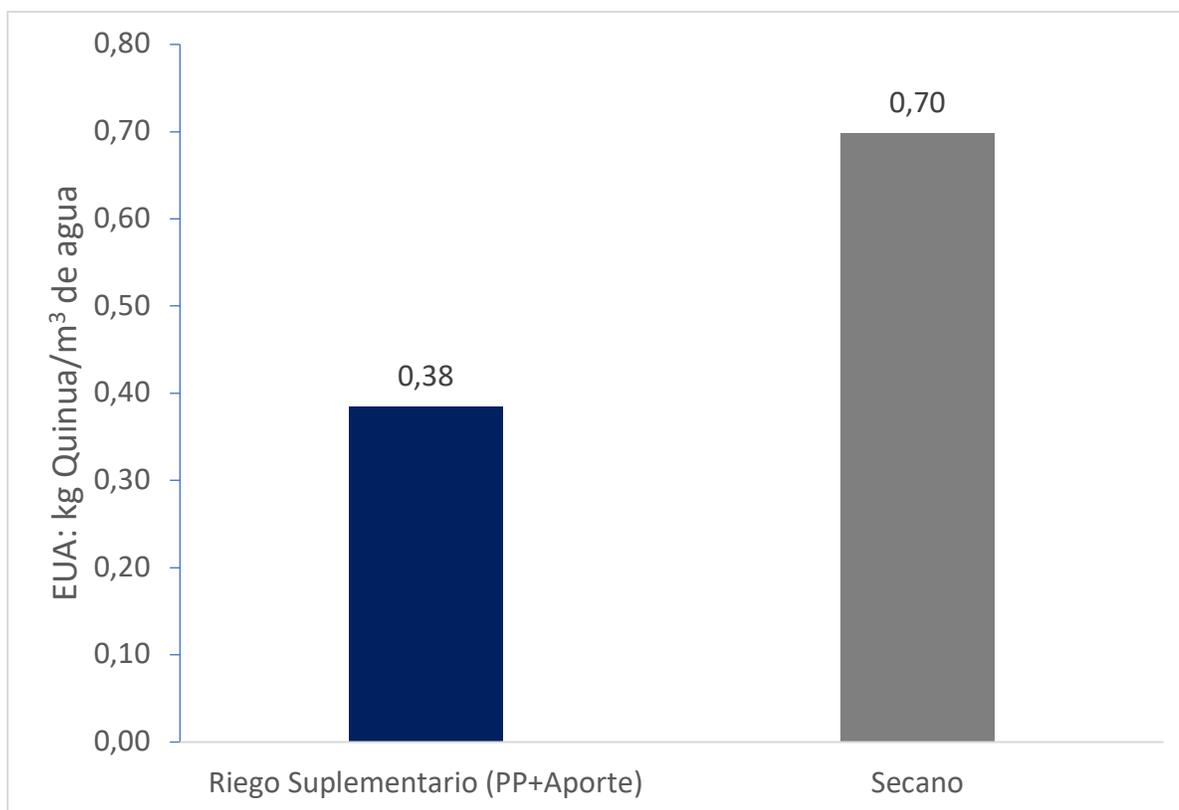
Figura 9. Eficiencia en el uso del agua en dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones. 2018-2019



Fuente: Elaboración propia.

Cuando se incorpora el aporte del agua de riego se reduce la eficiencia en el uso del agua en un 45,71%.

Figura 10. Eficiencia en el uso del agua en dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones y riego. 2018-2019



Fuente: Elaboración propia

Considerando la línea base de 0,19 kg de quinua/m³ de agua, los resultados obtenidos para los dos sistemas de cultivos superaron el valor de referencia.

EUA = kg/m³	Riego Suplementario	Secano
Ciclo 2016-2017	0,37	0,45
Ciclo 2017-2018	0,51	0,31
Ciclo 2018-2019	0,43	0,7
Promedio = kg/m³	0,44	0,49

EUA	Riego Suplementario	Secano
Indicador Meta = 0,19 kg/m ³	0,19	0,19
Resultados = %	129,82	156,14
Promedio Total -%	142,98	

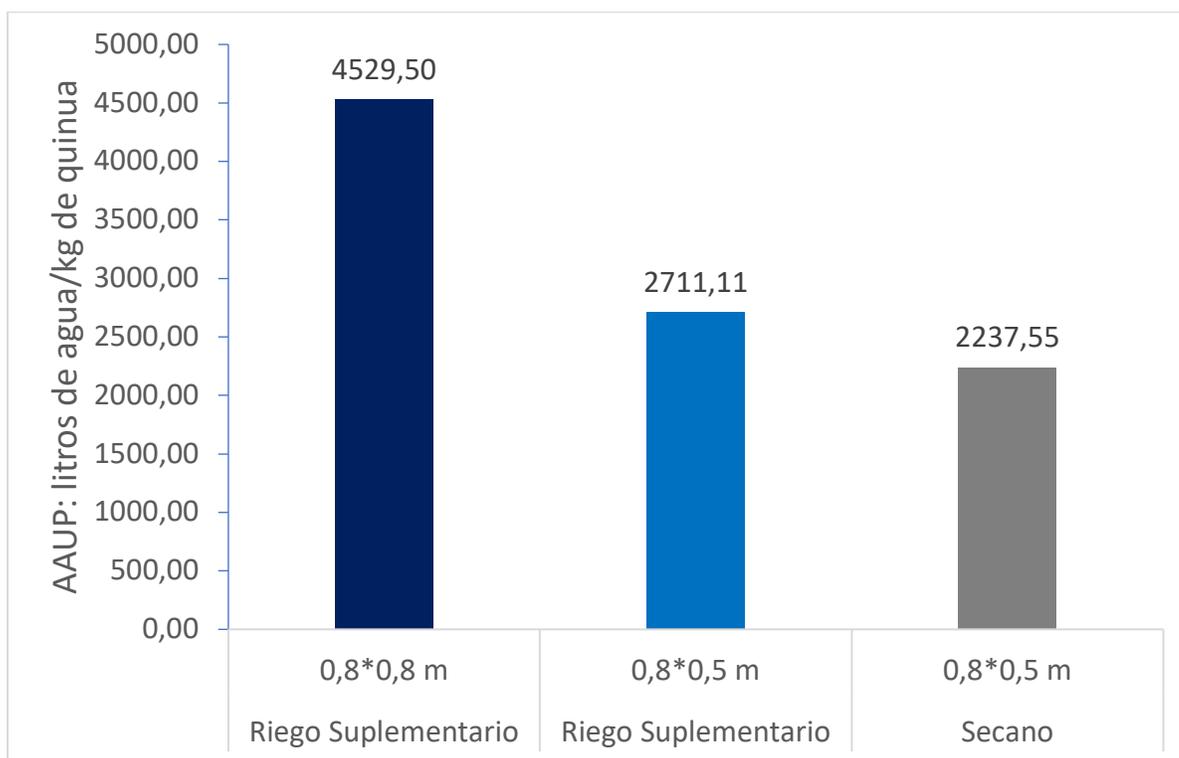
RESULTADO N° 3 = Incremento en la eficiencia en el uso del agua (AAUP)

Ciclo 2016-2017

Los resultados muestran que se requirió una menor cantidad de agua para producir un kilo de quinua con el sistema de cultivo de secano.

Se obtiene un 102,43% y un 21,16% menos agua requerida que el sistema de cultivo con riego suplementario. La diferencia se reduce cuando se aumenta la densidad de plantas/ha derivado a una mayor producción obtenida.

Figura 11. Agua aplicada para producir un kg de quinua en los dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones. 2016-2017



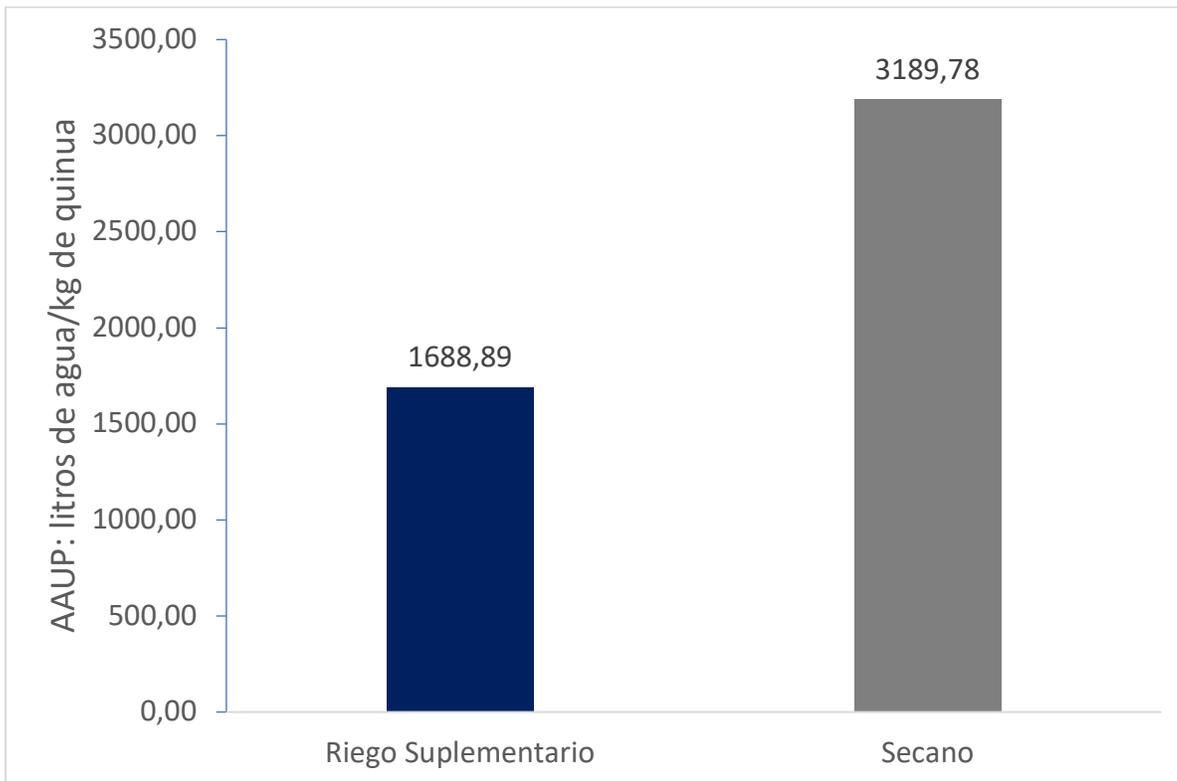
Fuente: Elaboración propia.

Ciclo 2017-2018

Los resultados muestran que se requirió una menor cantidad de agua para producir un kilo de quinua con el sistema de cultivo de riego suplementario.

Se obtiene un 88,87% menos agua requerida que el sistema de cultivo de riego suplementario. La respuesta obtenida es considerando en el análisis solo las precipitaciones.

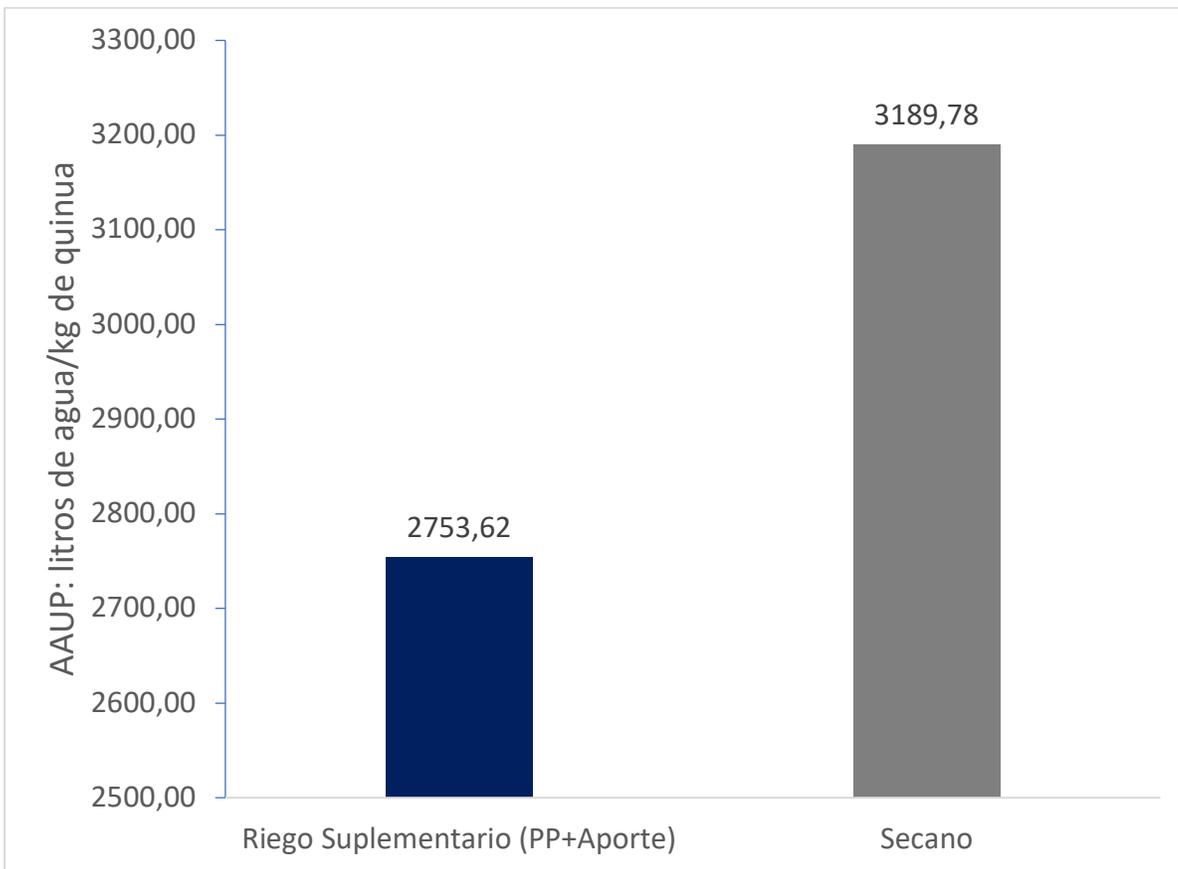
Figura 12. Agua aplicada para producir un kg de quinua en los dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones. 2017-2018



Fuente: Elaboración propia.

Cuando en el aporte se considera las precipitaciones y riego, el porcentaje de diferencia obtenida se reduce a un 15,84%, en la cual el sistema de riego suplementario es más eficiente, cuando se utiliza una densidad de 25.000 plantas/ha.

Figura 13. Agua aplicada para producir un kg de quinua en los dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones y riego. 2017-2018



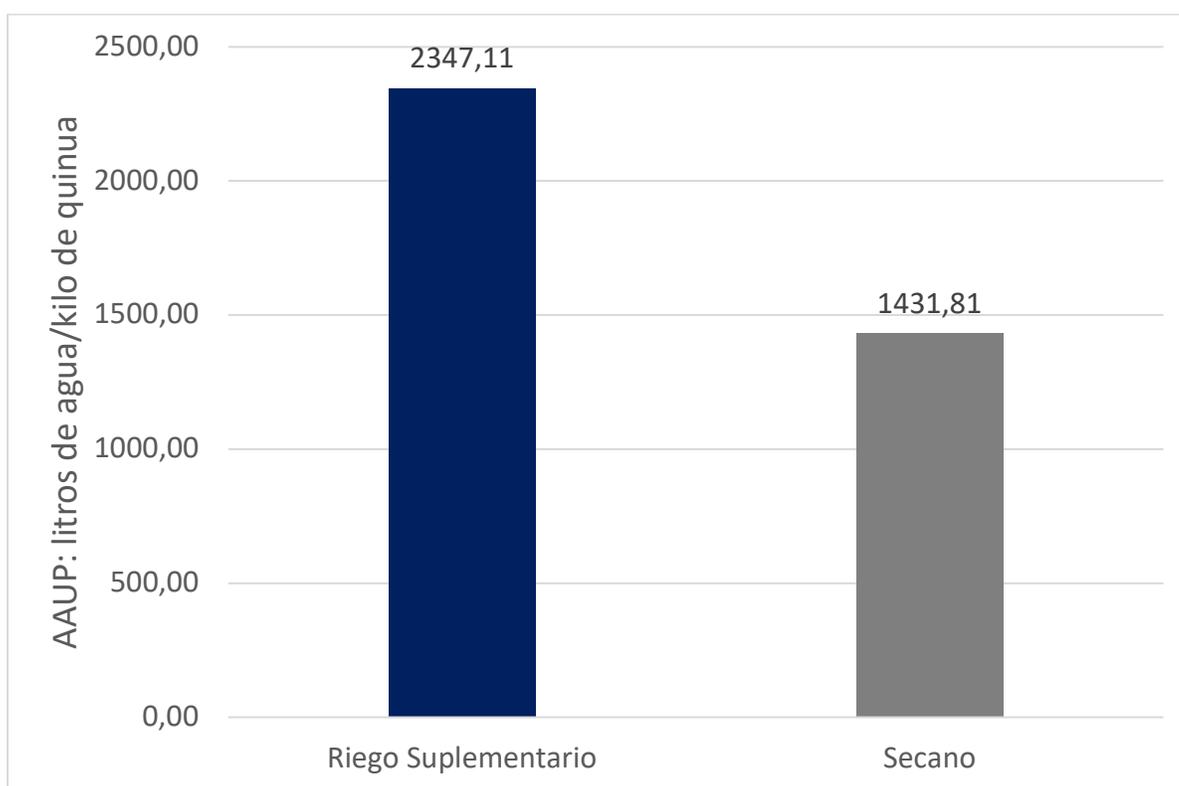
Fuente: Elaboración propia.

Ciclo 2018-2019

Los resultados muestran que se requirió una menor cantidad de agua para producir un kilo de quinua con el sistema de cultivo de secano.

Se obtiene un 63,93% menos agua requerida que el sistema de cultivo de secano. La respuesta obtenida es comparando con el sistema de cultivo de riego suplementario que incluye las precipitaciones y el riego.

Figura 14. Agua aplicada para producir un kg de quinua en los dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones. 2018-2019

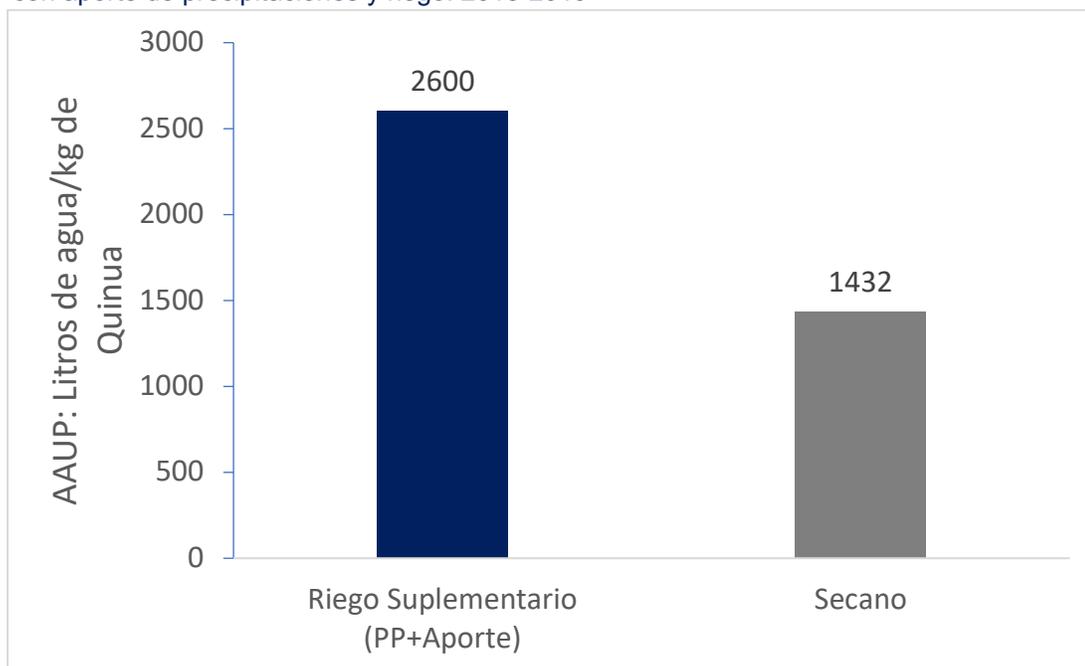


Fuente: Elaboración propia.

Cuando en el aporte se considera las precipitaciones y riego, el porcentaje de se incrementa a un 81,56%, en la cual el sistema de secano es más eficiente.

La respuesta obtenida es debida a la mayor sensibilidad a heladas tardías que presentaron las plantas con riego suplementario que afectaron la producción.

Figura 15. Agua aplicada para producir un kg de quinua en los dos sistemas de cultivo de la Quinua con aporte de precipitaciones y riego. 2018-2019



Fuente: Elaboración propia

Considerando la línea base de 5263 litros de agua/kilo de quinua, los resultados obtenidos para los dos sistemas de cultivos redujeron la cantidad requerida para producir quinua en un 56,9%.

AAUP = Litros/kg	Riego Suplementario	Secano
Ciclo 2016-2017	2711,11	2237,55
Ciclo 2017-2018	1688,89	3189,78
Ciclo 2018-2019	2347,11	1431,81
Promedio = litros/kilo	2249,04	2286,38

AAUP	Riego Suplementario	Secano
Indicador Meta	5263	5263
Resultados = %	-57,26702134	-56,557477
Promedio Total -%	-56,91224903	

OBJETIVO N° 2

Informe técnico final
V 2018-06-29

RESULTADO N° 4: INCREMENTO EN EL PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN COMERCIAL

En los tres ciclos de cultivo la producción es mayor en las plantas de secano respecto a las plantas con riego suplementario. La excepción se produce en el ciclo 2017-2018.

La distribución de los calibres muestra que la mayor concentración se obtiene entre los calibres 1,7 y 2,0 mm, superando el 85% establecido en la Norma Boliviana NB/NA 0038-2007.

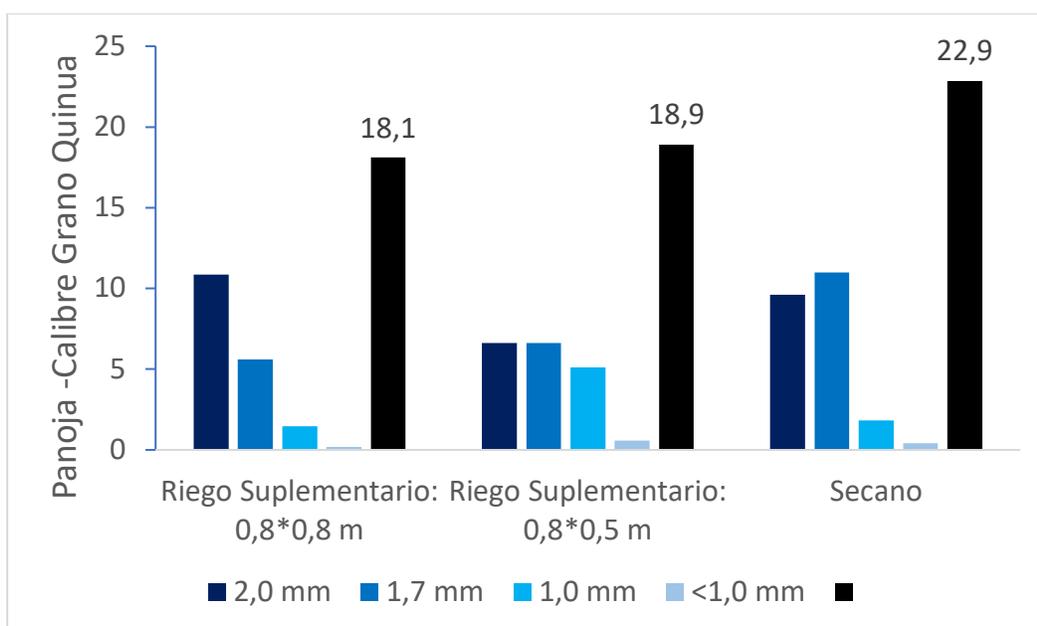
Estos resultados se ven reflejados en la distribución porcentual de los calibres de los granos de quinua.

La producción obtenida en plantas con riego suplementario presenta un mayor porcentaje de calibre 2,0 mm, respecto de las plantas de Secano.

Esta respuesta se obtiene en los tres ciclos de cultivo, lo que indica que el riego suplementario desplaza los calibres hacia la categoría grande, que es importante comercialmente.

Ciclo 2016-2017

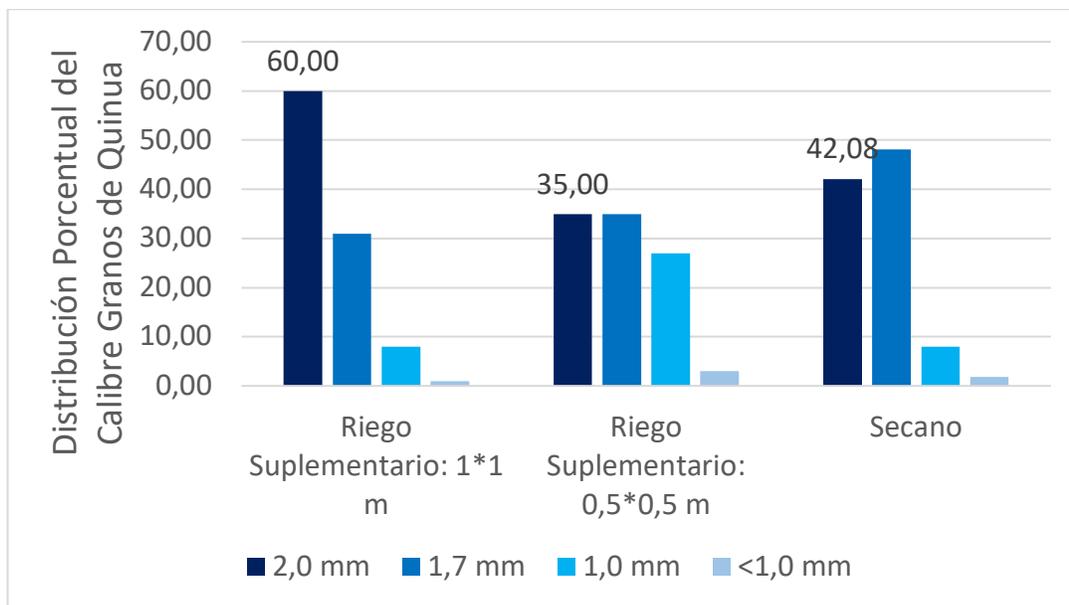
Figura 16. Distribución de calibres de los granos de quinua según sistema de cultivo. 2016-2017



Elaboración propia.

Figura 17. Distribución porcentual de los calibres de los granos de quinua según

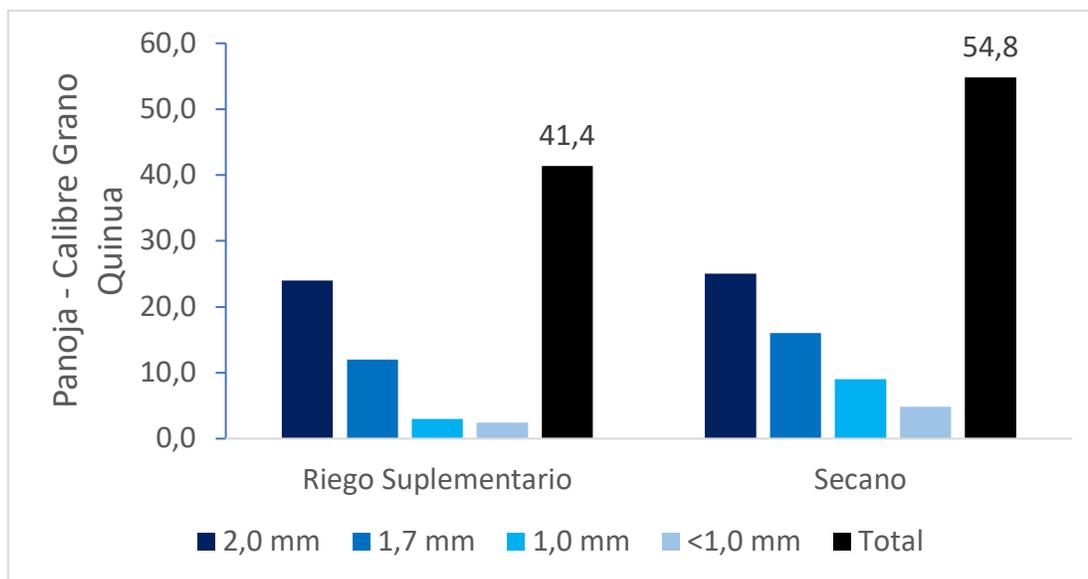
sistema de cultivo. 2016-2017



Fuente: Elaboración propia.

Ciclo 2017-2018

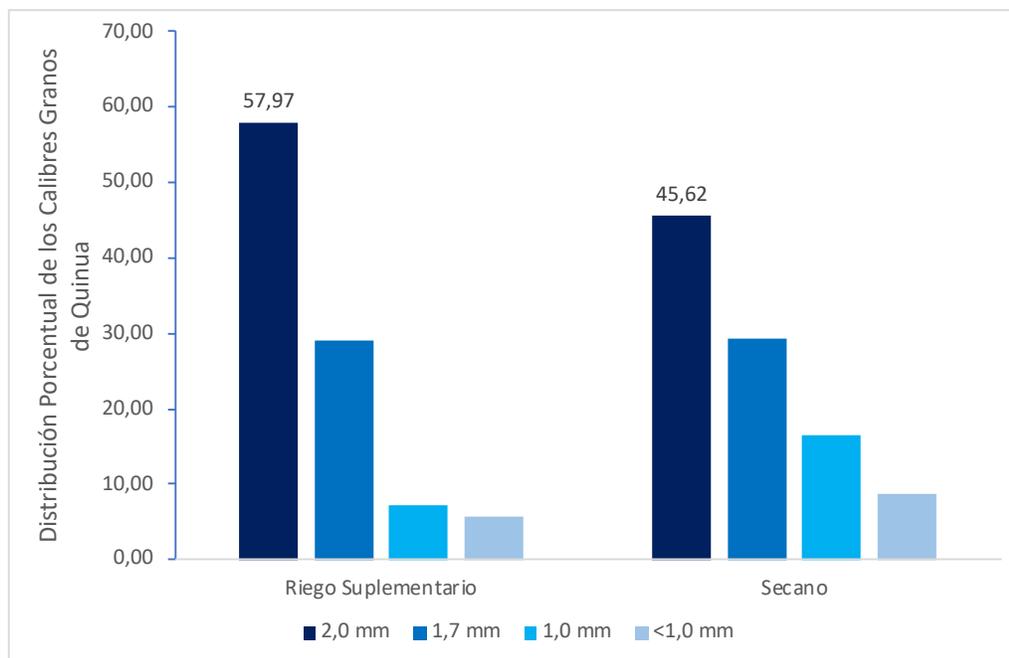
Figura 18. Distribución de calibres de los granos de quinua según sistema de cultivo. 2017-2018



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Distribución porcentual de los calibres de los granos de quinua según

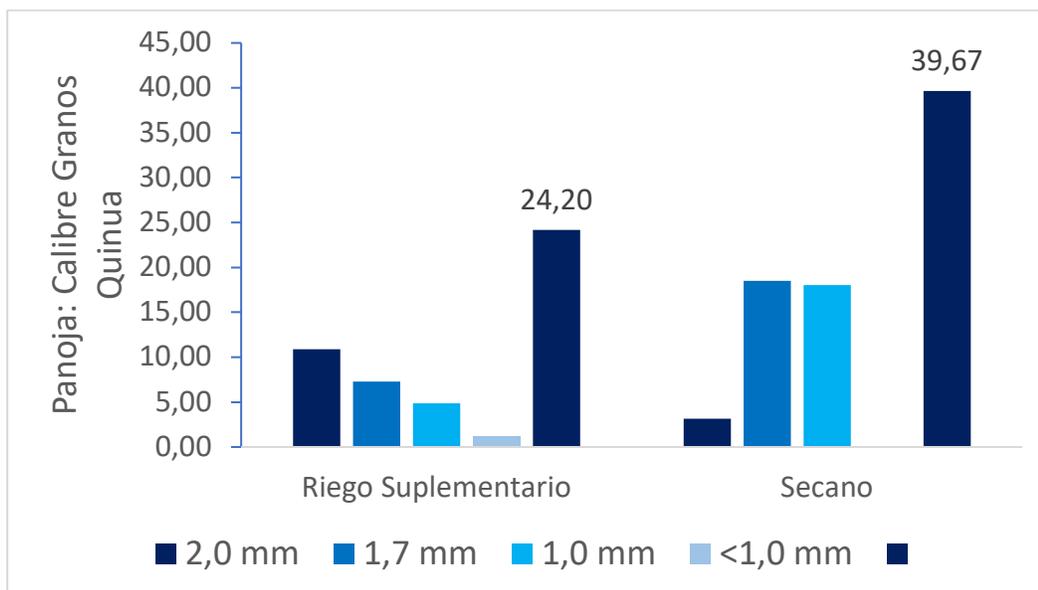
sistema de cultivo. 2017-2018



Fuente: Elaboración propia.

Ciclo 2018-2019

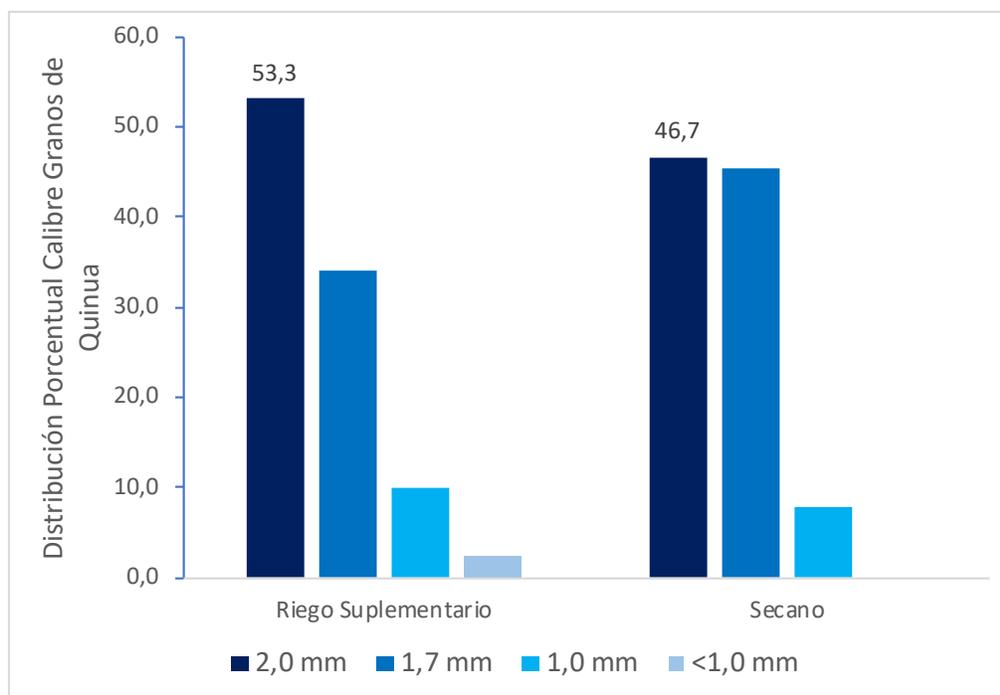
Figura 20. Distribución de calibres de los granos de quinua según sistema de cultivo. 2018-2019



Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Distribución porcentual de los calibres de los granos de quinua según

sistema de cultivo. 2018-2019

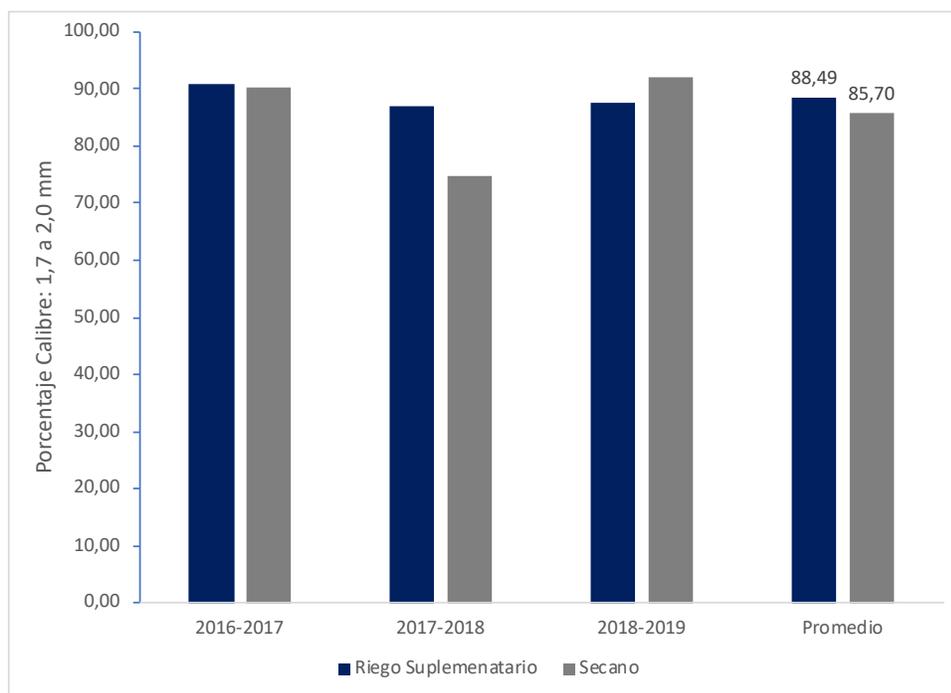


Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis de la calidad comercial de los granos de quinua teniendo como base la Norma Boliviana NB/NA 0038-2007, los resultados obtenidos superan el porcentaje de 85% requerido por calibre. A su vez, el porcentaje de calibres entre 1,7 a 2,0 mm es mayor en las panojas de las plantas con riego suplementarios.

Estos resultados son positivos comercialmente al poder acceder a mercados más exigentes.

Figura 22. Porcentaje de granos de calibre mayor (1,7 a 2,0 mm) Base Norma Boliviana NB/NA 0038-2007.



Fuente: Elaboración propia.

OBJETIVO N° 3

RESULTADO N° 5: TALLER 1: EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE LA QUINUA.

Se realizó el Taller 1: Taller 1: Evaluación del manejo del riego en el cultivo de la Quinua.

Este taller teórico práctico fue realizado en la escuela Básica de Cariquima, cuyo público objetivo fueron los profesionales y técnicos de INDAP y de los programas PDTI de la provincia del Tamarugal; así como también, los profesionales y técnicos de las oficinas de fomento productivo de las Municipalidades.

Para la realización de este Taller 1, el proceso de difusión fue autorizado por FIA, previo a su distribución.

La invitación y programa de este Taller 1 fue el siguiente.



El Gobierno Regional de Tarapacá junto a su Consejo, y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), invitan a usted a participar del Taller Técnico: "Evaluación del manejo del riego en el cultivo de la Quinua," en el marco del proyecto "Impacto del riego suplementario localizado sobre la producción de la Quinua Altiplánica en la localidad de Ancovinto, comuna de Colchane, región de Tarapacá", proyecto financiado por el Fondo para la Innovación y Competitividad, FIC.



Este evento se realizará el día 04 de abril de 2018, a las 10:00 horas, en salón de eventos de la localidad de Cariquima s/n, comuna de Colchane, región de Tarapacá.

Agradecemos confirmar asistencia

Iquique, marzo 2018

Invitación Taller N°1



“Curso de capacitación en el manejo de riego suplementario localizado en el cultivo de la

PROGRAMA			
JORNADA CURSO/TALLER. SALÓN DE EVENTOS DE CARIQUIMA S/N.			
10:15 - 10:30	Protocolo de bienvenida. Saludos del Director de CIDERH.		
Charlas			
Hora	INSTITUCION	EXPONENTE	CARGO
10:30 - 11:00	Universidad Arturo Prat / CIDERH	Jorge Olave Vera “Presentación del proyecto y las variables asociadas de medición para el continuo agua-suelo-atmósfera-planta y demanda hídrica cultivo de la Quinua: conceptos y los parámetros que la componen”	Director
11:00 - 11:30	Universidad Arturo Prat / CIDERH	Oscar González Gómez “Demanda atmosférica y criterio de riego suplementario.”	Profesional
11:30 - 11:45	Coffe Break		
11:45 - 12:15	Universidad Arturo Prat / CIDERH	Juan Scopinich Cisternas “Descripción, monitoreo y métodos de interpretación de sensores de humedad del suelo, NDVI, Índice de Área Foliar.”	Profesional
12:15 - 12:45	Universidad Arturo Prat / CIDERH	José Aguilera González “Uso de imágenes satelitales para determinación de cobertura de cultivo.”	Profesional
12:45 - 12:50	FOTO OFICIAL PARTICIPANTES		
12:50 - 13:35	Coffe Break		
VISITA A TERRENO UBICACIÓN PROYECTO FIA QUINUA SECTOR ANCOVINTOS			
13:35 - 14:00	TRASLADO DE PERSONAL A TERRENO		
14:00 - 15:00	Exposición en terreno de equipos instalados.	Oscar González Gómez / Juan Scopinich cisternas	Profesional
15:00 - 15:05	Cierre de la actividad.		



INFORME ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN CIDERH 2018

I.- ANTECEDENTES GENERALES

Tipo de Actividad	PRIMER CURSO/TALLER FIA QUINUA
Nombre de la actividad	“Curso de capacitación en el manejo de riego suplementario localizado en el cultivo de la Quinua”
Institución Organizadora	Universidad Arturo Prat
Lugar de ejecución	Escuela básica de Cariquima (presentaciones) y Ancovintos (Taller práctico)
Año	2018
Mes	04 de abril 2018
Proyecto de Extensión	SI
Financiación	Fundación para la Innovación Agraria (FIA Quinua)

II.- EQUIPO CIDERH PARTICIPANTE EN LA ACTIVIDAD.

Nombre	Cargo
Jorge Leonardo Olave Vera	<ul style="list-style-type: none"> • Encargado Responsable • Expositor • Conductor
Wladimir Antonio Chavez Yavara	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación general de la actividad • Diseño programa, preguntas, formato y presentaciones curso/taller general • Apoyo Logístico • Conductor
José Miguel Aguilera González	<ul style="list-style-type: none"> • Expositor • Apoyo Logístico
Oscar González Gómez	<ul style="list-style-type: none"> • Expositor • Apoyo Logístico
Juan Scopinich	<ul style="list-style-type: none"> • Expositor • Apoyo Logístico

	<ul style="list-style-type: none"> • Conductor
Estelly Zuñiga	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaria del evento • Preparación de materiales para entrega en la recepción del evento • Confirmación de convocatoria
Paulina Gálvez	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo en la elaboración de Coffee Break • Apoyo en compras para actividad
Edith Olavarria Asencio	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación ejecutiva del evento (gestión interna y externa) • Encargada de compras y elaboración de Coffee Break • Encargada fotográfica del evento • Encargada recepción de asistentes • Apoyo montaje y desmontaje evento • Elaboración informes de actividad

IV.- CONVOCATORIA (N° DE INSTITUCIONES PARTICIPANTES)

Servicios Públicos	Comunidad Indígena, Cooperativa	Escuela Cariquima	Asistencia según Genero
12	7	4	M=11 H=12

V.- LISTADO DE ASISTENCIA

Listado



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN RECURSOS HÍDRICOS DE TARAPACA

Fecha:	MÉRCOLES, ABRIL 04 DE 2018 SALÓN DE EVENTOS DE CAHUQUIMA
Actividad:	"CURSO DE CAPACITACIÓN EN EL MANEJO DE RIEGO SUPLEMENTARIO LOCALIZADO EN EL CULTIVO DE LA QUINUA"

Asistentes:

	NOMBRE	INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
01	<i>Carolina Chelapa Ch.</i>	<i>Comunidad Agraria de Chelapa</i>		
02	<i>Diego Obaco</i>	<i>CIDERH</i>		
03	<i>Yanet Jara Heredia</i>	<i>INDAP</i>		
04	<i>Marcelo Jarama Jara</i>	<i>IPS - INIA</i>		
05	<i>Rita Araya Arce</i>	<i>INIA</i>		
06	<i>María Alejandra Muñoz</i>	<i>INIA</i>		
07	<i>Rosa - Lilia -</i>	<i>Asesoría</i>		
08	<i>Yvonne Letalle Jara</i>	<i>INIA</i>		
09	<i>Milena Torres</i>	<i>Comunidad Agraria de Chelapa</i>		



NOMBRE	INSTITUCION	CORREO ELECTRONICO	FIRMA
10	Morok Ahmad Momen Huaytane		
11	Andrés Casas C. INJAP		
12	Raul Quintanero O INOAR		
13	Mariela Gallo UNAP		
14	Francisca Uscata HUAYTANE		
15	Enrique Salazar Campesinista		
16	José Aguilar COOPAH		
17	Juan Sebastián CIDERH		
18	Roberto Quispe CIDERH		
19	Macarena Gallo Cobso		
20	Vanessa Hernández Escuela técnica de Oroya		
21	Daniela Hernández Escuela técnica de Oroya		
22	Teresa Tamayo G. ESC. CAMPESINA		
23	Yaela Castro asesor		

VI.-PREGUNTAS

Listado



UNAP
UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
DEL ESTADO DE CHILE

PREGUNTAS

GOBIERNO REGIONAL DE TARAPACÁ



1

En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

ORIGANO. SUBSECTORES DE TILIPACA

2

Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Calama?

NO, SON DIFERENTES

3

Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

4

Cree ud que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.



1 En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

En todas las zonas de la región y en los cultivos en ocasiones de una campaña. Ya que principalmente este tipo de tecnología nos lleva a conocer el uso eficiente del agua.

2 Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Colchane?

No.

3 Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

Considero que no solamente se puede utilizar sensores si no también estaciones meteorológicas en distintos sectores de una misma zona, ya que la variación de la climatología de cada una de ellas varía, así lo que a esto se le debe dar peso.

4 Cree usted que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

Claro que sí, alfalfa, papa, coque, haba, frutales y cereales en general.



1

En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

La región tiene cultivos de interesante proyección, desde mi punto de vista:

- Limón de Pico
- Melón asado
- Arveja Camión.
- Quinoa en Embudo.

2

Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Cochane?

Los distritos ~~de~~ adquieren estación por estación.

3

Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

El agricultor asociando riego y hacen más eficiente los sistemas de riego.

4

Creo ud que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

Totalmente.

- Cultivos de maíz en Camiña
- Ajo en Camiña.

Mejorarían los rendimientos.



1

En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

Ⓡ El cultivo de la papa, ~~en~~ habos entre otros en la localidad de ~~Chigu~~ Cariguina.

2

Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Colchane?

Ⓡ. verano calido con lluvia
invierno frío con lluvia, granizo, heladas.

3

Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

Ⓡ. Ahorra tiempo en el riego de los plantas.

4

Cree ud que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

Ⓡ. En la localidad de Pintados con el cultivo de melones. o en comuna con el cultivo de maíz, papa, abolle, etc.



1

En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

se puede utilizar en todas las zonas productivas de la región, para determinar las demandas hídricas para lograr un mayor control del uso sustentable del agua.

2

Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Calchane?

NO lo SON!, VARIAN CONSIDERABLEMENTE POR SECCIONES, ASI COMO SUS ALTURAS (MSNM)

3

Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

• Los sensores estandarizan tiempos y frecuencias de riego más cercanos a la realidad del cultivo del agua en Tarapaca

4

Creo ud que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

Como por sus cítricos de Pica, Quinoa de Ancosa, Maíces Ecológicos Compañero.



1 En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

Ancas - Ocasionalmente productoras de hortícolas (chucutas, zapallo, ajo, sandía, melón, etc) y en el oasis de puca, es la zona de Puca del temoral, después en HSTV y otros sectores. En ambos años el uso se fin de uso de los cultivos, por el caso de los AP para evaluar la demanda y uso de agua vegetal. En ambos años, asociados al cambio climático

2 Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Cochane?

Totalmente no. Desde la época de usar Acaj por meses, las precipitaciones son muy "localizadas" (huaso/marzo).

3 Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

Es un total beneficio, es el caso de que el suelo se agriete lo forme "manchas". En la práctica, pone un agricultor de Acaj, el uso sería desvalorado. Hay una escasez técnica que falta y también la información debe ser transparente al ser adecuada.

4 Cree ud que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

Si En el cultivo de hortícolas en quebradas.



1

En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

Cultivo de maíz en la localidad de Cominao.

2

Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Calchane?

En Calchane hay presencia de lluvia con granizo y igual por en Copacabana. Hay heladas con granizo y truenos. En verano hay presencia de sol y viento.

3

Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

Es importante considerar no que de esta forma se sabe con exactitud de la planta necesita de riego o no. (Quinua)

4

Creo ud que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

Si en la localidad de Pica (valle de Quinua) replicar en el cultivo de limón, uchupe, mango, etc. (frutas típicas de la zona).



1 En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

Usar los aplicativos habilitados con archivo caso y un análisis relevante podría estar más sobre las parcelas los terrenos en la zona del Tamarugal.

2 Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Colchane?

No, no lo son difieren en cada zona, para cada sector, en frecuencia e intensidad.

3 Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

Relevante para entregar contenidos e información técnica avanzada a la toma de decisión (Agronómica) con pertinencia territorial.

4 Cree ud que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

Si:
↳ Actualización de Hoja en la Pampa
↳ Sup. Habilitada con archivo de Armonías (Kilapa - Jai Vil)
↳ Campo de los cultivos frutales en el oasis de P.a.
↳ En toma de decisión: se trata de riesgo (valles agrícolas) por Armonías de Agua



Fundación para la
Innovación Agraria

UNAP
UNIVERSIDAD ARTURO PRAT
DEL ESTADO DE CHILE

PREGUNTAS

**GOBIERNO
REGIONAL
DE TARAPACÁ**



1

En su opinión en qué otro tipo de cultivos y en qué áreas de la región se pueden utilizar las técnicas de percepción remota para determinar la demanda hídrica. Justifique.

En mi opinión, estas técnicas pueden ser utilizadas en diferentes suelos y características.

2

Según usted los eventos de precipitación son iguales en todas las localidades de Colchane?

NO, depende del pueblo y su localización en la fuerza de la precipitación.

3

Indique las potencialidades que podría tener el uso de sensores de humedad del suelo en el apoyo en el sistema productivo de los cultivos.

ayudaría en la mejora de las técnicas de cultivos y en la producción.

4

Cree usted que este tipo de iniciativas puede hacer replicable a otros tipos de cultivos tradicionales de la región. Indique cuáles.

teniendo en cuenta las características de los suelos, puede replicarse en cualquier lugar.

VII.- HITOS DE LA ACTIVIDAD

Inauguración de Taller
Presentación de Expositores
Foto Oficial
Coffee Break
Visita a terreno
Cierre de la actividad

VII.- GALERÍA FOTOGRÁFICA









CURSO – TALLER

PROYECTO: “Impacto del riego suplementario localizado sobre la producción de la Quinoa Altiplánica en la localidad de Ancovinto, comuna de Colchane. Región de Tarapacá”

04 de Abril de 2018

ANTECEDENTES GENERALES PROYECTO

- **Ejecutor:** Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos – Universidad Arturo Prat
- **Asociados:** Desarrollo Agropecuario Tarapacá y Indígena Aymara de Ancovinto.
- **Financiamiento:** Fundación para la Innovación Agraria/ FIC-R Tarapacá
- **Duración proyecto:** 18 meses

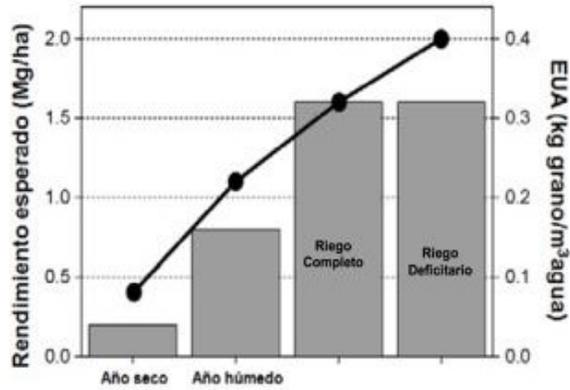


DESAFÍOS DEL PROYECTO

- Aporte suplementario de agua
- Riego localizado
- Requerimientos hídricos del cultivo
- Constantes hídricas del suelo
- Correlación NDVI – Kc cultivo



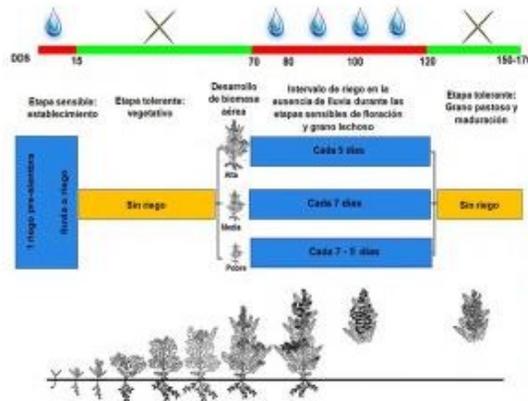
FUNDAMENTOS DEL PROYECTO



Relación entre aporte de agua versus rendimiento esperado en el cultivo de la Quinoa en el altiplano Boliviano



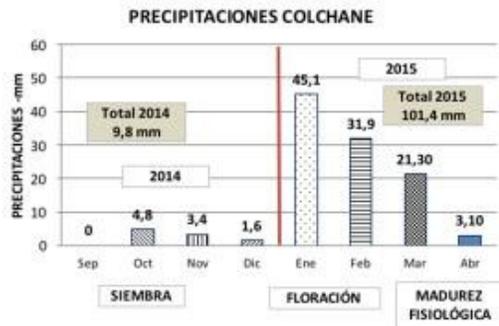
FUNDAMENTOS DEL PROYECTO



Estrategia de riego deficitario controlado en el cultivo de la Quinoa en el altiplano Boliviano.



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA



Total Precipitaciones 2014-2015

-112 mm
 -112 L/m²
 -1120 m³/ha

Producción 2014-2015

-220 kg/ha

Promedio Producción Mundial Secano

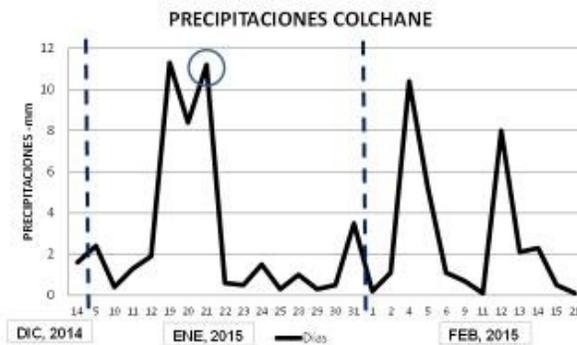
-800 kg/ha

Eficiencia Uso del Agua 2014-2015

-0,19 kg Quinoa/m³
 -5.263 litros de agua/kg de Quinoa



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA



SUELO



SUELO



PARÁMETRO	VALOR	COMENTARIO
pH	7,8	NORMAL
C.E.: dS/m	1,2	SIN RIEGO DE USO
RAS	2,2	SIN RIESGO DE USO
Relación K/Ca+Mg	0,15	DESBALANCE
Relación Na/Ca	0,9	DESBALANCE
Relación Cl/Nitrato	2,5	DESBALANCE
Boro: mg/l	3,6	RIESGO MEDIO
Arsénico Total: mg/l	4,93	SIN RIESGO DE USO



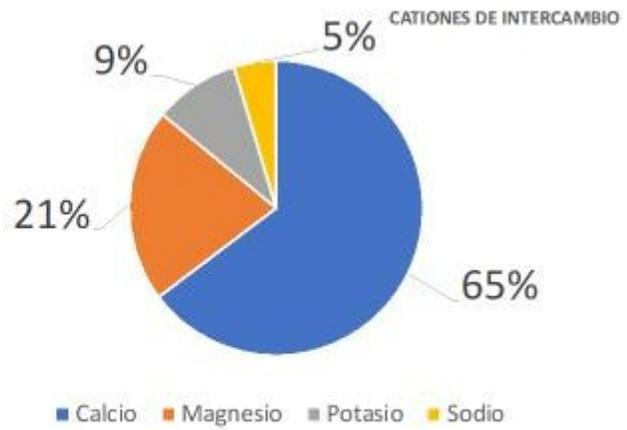
SUELO



PARÁMETRO	VALOR	COMENTARIO
MATERIA ORGÁNICA: %	0,35	MUY BAJO
NITRÓGENO: mg/kg	29	MEDIO
FÓSFORO: mg/kg	383	ADECUADO
POTASIO: mg/kg	0,15	DESBALANCE
HIERRO: mg/kg	7,3	MEDIO
MANGANESO: mg/kg	2,5	ADECUADO
ZINC: mg/kg	0,28	BAJO

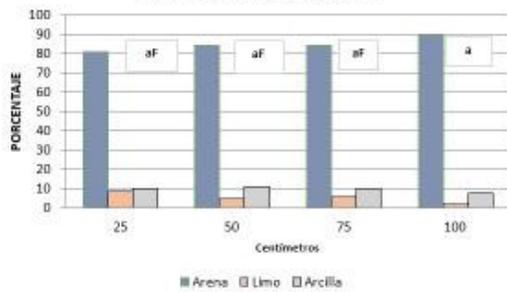


SUELO

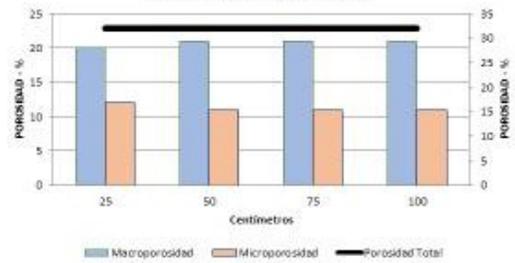


SUELO

ANÁLISIS TEXTURAL SUELO



ESPACIO POROSO SUELO

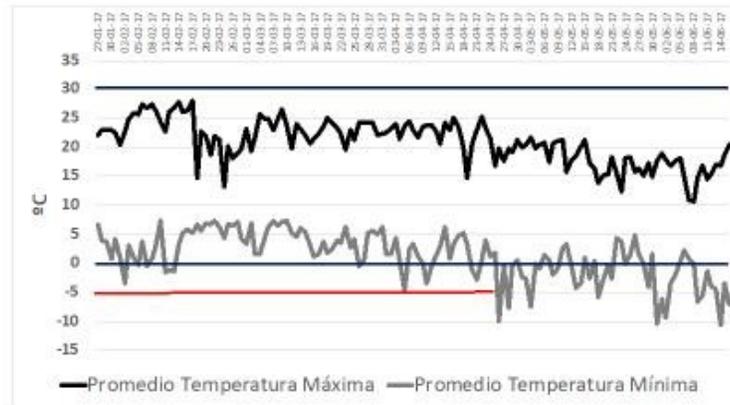


AGUA

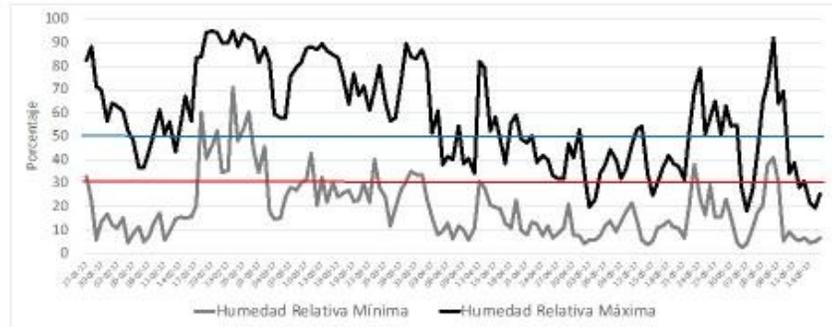
PARÁMETRO	VALOR	COMENTARIO
pH	7,16	NORMAL
C.E.: dS/m	1,00	SIN RIESGO DE USO
RAS	2,6	SIN RIESGO DE USO
Relación K/Ca+Mg	0,09	DESBALANCE
Relación Na/Ca	1,42	DESBALANCE
Relación Cl/Nitrato	2,5	DESBALANCE
Boro: mg/l	2,7	RIESGO MEDIO
Arsénico: mg/l	<0,1	SIN RIESGO DE USO



CLIMA



CLIMA



DEMANDA HÍDRICA



$$ET_c = K_{cb} * ET_o = l m^{-2}$$



DEMANDA HÍDRICA



Fase fenológica	Kc
Cuatro hojas	0.58
Inicio de panojamiento	0.63
Panojamiento	0.73
Inicio de floración	0.90
Floración o antesis	1.01
Floración o antesis	1.08
Inicio grano lechoso	1.14
Fin de grano lechoso	1
Grano pastoso	0.78
Promedio	0.87

Tabla 0.1. Etapas de desarrollo y características del cultivo para una variedad típica de quinua (García et al, 2003, Geerts 2009). Valores desarrollados bajo las guías publicadas por FAO y calibradas para la ecuación de ETo de la FAO-Penman-Monteith (Allen et al., 1998)

Período vegetativo	Duración (días)	Kc (-)	Profundidad radicular efectiva (m)	Reducción permitida de contenido de agua (% ADT*)
Inicial	15	0.14→0.52	0.1	60
Desarrollo del cultivo	50	0.52→1.0	0.1→0.6	60
Desarrollo máximo	50	1.0	0.6	60
Estado final	45	1.0→0.6	0.6	60

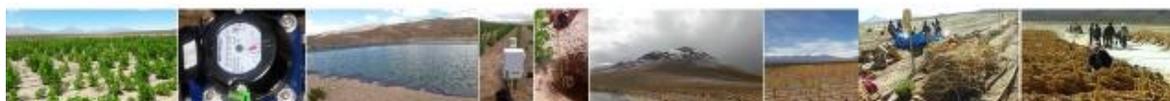
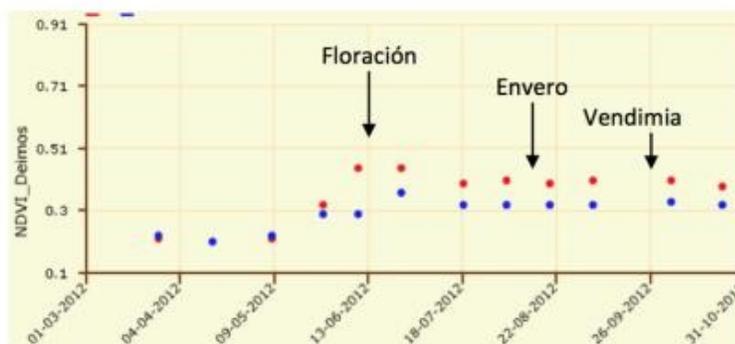
* ADT se refiere al agua disponible total en el suelo, sustrada como la diferencia entre Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente.



DEMANDA HÍDRICA



DEMANDA HÍDRICA



CURSO – TALLER



PROYECTO: “Impacto del riego suplementario localizado sobre la producción de la Quinoa Altiplánica en la localidad de Ancovinto, comuna de Colchane. Región de Tarapacá”

PYT-2016-0459

Agua – Suelo – Atmósfera – Planta – Demanda Hídrica

Dr. Jorge Olave Vera

04 de Abril de 2018

RESULTADO N° 6: TALLER 2: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA COSECHA DE LA QUINUA.

Este Taller no fue realizado.

RESULTADO N° 7: CURSO: MANEJO DEL CULTIVO DE LA QUINUA CON RIEGO SUPLEMENTARIO LOCALIZADO.

Este Curso estaba planificado para realizarlo el 12.07.2019. Se solicitó cambio de fecha para el 25.07.2019 y no fue autorizado por FIA.

RESULTADO N° 8: SEMINARIO.

Este Seminario sería realizado en conjunto con el Curso estaba planificado para realizarlo el 12.07.2019. Se solicitó cambio de fecha para el 25.07.2019 y no fue autorizado por FIA.

OBJETIVO 4

RESULTADO N° 9: EVALUACIÓN ECONÓMICA POSITIVA DE LA PRODUCCIÓN DE QUINUA BAJO RIEGO.

Quinoa con Riego Suplementario

Ficha Técnica Económica para el Cultivo de		Quinoa				
Nombre Común	<u>Quinoa</u>	Año cultivo : 2017-2018				
Zona	<u>Ancovinto</u>	Rend. / ha 828 kilos				
Régimen Hídrico	<u>Goteo</u>	Precio Prod. 5,000 \$ / kilo				
Variedad	<u>Pandela</u>					
Destino	<u>Regional</u>					
Labores	Mes	Requerimientos			Total	
		Unidad	Cantidad	Precio (\$)	(\$)	(%)
Labores de cultivo						
Arriendo Tractor con chofer para desmonte, y siembra (incluye combustible)	septiembre	JH	3.00	70,000	210,000	16.42%
Aplicación guano + alimentación	Septiembre	JH	1.2	20,000	24,000	1.88%
Riego + alimentación	oct-abr	JH	7.0	20,000	140,000	10.95%
Cosecha + alimentación	mayo	JH	1.0	15,000	15,000	1.17%
Trilla	mayo	JH	1.0	15,000	15,000	1.17%
Tostado Quinoa	junio	JH	6.0	15,000	90,000	7.04%

Venteadado Quinoa	junio	JH	4.0	15,000	60,000	4.69%
Lavado Quinoa	Junio	JH	5.0	15,000	75,000	5.86%
Limpieza Quinoa	Junio	JH	5.0	15,000	75,000	5.86%
envasado quinoa	junio	JH	5.0	15,000	75,000	5.86%
Subtotal Labores (a)					\$ 779,000	60.91%

Insumos	Mes	Requerimientos			Total	
		Unidad	Cantidad	Precio (\$)	(\$)	(%)
Petroleo Transporte	Febrero/septiembre/mayo	unid	4.00	40,000	160,000	12.51%
Petroleo Tractor	Febrero/septiembre	unid	-	20,000	-	0.00%
Semillas	febrero	kg	6.00	10,000	60,000	4.69%
Guano	Febrero	saco	80	2,000	160,000	12.51%
Bolsa con etiqueta	junio	unid	1,200.00	100	120,000	9.38%
Subtotal Insumos (b)					\$ 500,000	39.09%

Total Costo Directo (a + b)					\$ 1,279,000	100%
------------------------------------	--	--	--	--	---------------------	-------------

JH: Jornada Hombre = \$20000 (8 hrs/día), incluye alimentación

Observaciones:

Generalmente el costo del guano es subsidiado por el programa SIRSD-S. Para efectos de esta ficha se considera la incorporación de guano sin subsidio

Imprevistos (5%)		(c)	\$ 63,950
Total Costos		(a + b + c)	\$ 1,342,950
Rendimiento		kilo	828
Precio		\$ / kilo	\$ 5,000.00
Ingresos		\$ / ha	\$ 4,140,000
Margen Bruto		\$ / ha	\$ 2,797,050

La inversión de riego en Ancovinto fue de \$16.666.667 millones de pesos por hectárea, que incluye: Paneles solares, Cabezal de riego, válvulas solenoides, tubería PVC presión de conducción y distribución, tubería de PE de ½” con descarga de 2 lph cada 0,5 m.

Quinoa Secano

Ficha Técnica Económica para el Cultivo de

Quinoa

Nombre Común

Quinoa

Año cultivo :

2017-2018

Zona

Ancovinto

Rend. / ha

1,096 kilos

Régimen Hídrico

Goteo

Precio Prod.

5,000 \$ / kilo

Variedad

Pandela

Destino

Regional

Labores	Mes	Requerimientos			Total	
		Unidad	Cantidad	Precio (\$)	(\$)	(%)

Labores de cultivo

Labores	Mes	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)	Total (%)
Arriendo Tractor con chofer para desmonte, y siembra (incluye combustible)	septiembre	JH	3.00	70,000	210,000	16.42%
Aplicación guano + alimentación	Septiembre	JH	1.2	20,000	24,000	1.88%
Riego + alimentación	oct-abr	JH	7.0	20,000	140,000	10.95%
Cosecha + alimentación	mayo	JH	1.0	15,000	15,000	1.17%
Trilla	mayo	JH	1.0	15,000	15,000	1.17%
Tostado Quinoa	junio	JH	6.0	15,000	90,000	7.04%
Venteado Quinoa	junio	JH	4.0	15,000	60,000	4.69%
Lavado Quinoa	Junio	JH	5.0	15,000	75,000	5.86%
Limpieza Quinoa	Junio	JH	5.0	15,000	75,000	5.86%
envasado quinoa	junio	JH	5.0	15,000	75,000	5.86%

Subtotal Labores (a)					\$	779,000	60.91%
Insumos	Mes	Requerimientos			Total		
		Unidad	Cantidad	Precio (\$)	(\$)	(%)	
Petroleo Transporte	Febrero/septiembre/mayo	unidad	4.00	40,000	160,000	12.51%	
Petroleo Tractor	Febrero/septiembre	unidad	-	20,000	-	0.00%	
Semillas	febrero	kg	6.00	10,000	60,000	4.69%	
Guano	Febrero	saco	80	2,000	160,000	12.51%	
Bolsa con etiqueta	junio	unidad	1,200.00	100	120,000	9.38%	
Subtotal Insumos (b)					\$	500,000	39.09%
Total Costo Directo (a + b)					\$	1,279,000	100%
<p>JH: Jornada Hombre = \$20000 (8 hrs/día), incluye alimentación</p> <p>Observaciones:</p> <p>Generalmente el costo del guano es subsidiado por el programa SIRSD-S. Para efectos de esta ficha se considera la incorporación de guano sin subsidio</p>							
Imprevistos (5%)				(c)	\$	63,950	
Total Costos				(a + b + c)	\$	1,342,950	
Rendimiento				kilo		1,096	
Precio				\$ / kilo	\$	5,000.00	
Ingresos				\$ / ha	\$	5,480,000	
Margen Bruto				\$ / ha	\$	4,137,050	

El análisis considera los resultados obtenidos donde las plantas de secano tuvieron una producción mayor que las de riego suplementario.

La mayor densidad de plantación en el sistema de riego suplementario determinó una mayor producción solo en el ciclo de cultivo 2017-2018.

La rentabilidad es mayor en el sistema de cultivo de secano, lo cual puede variar, si se ajustan las condiciones de mayor tolerancia a condiciones ambientales extremas (heladas) a las plantas de quinua con riego suplementario que se caracterizan por su mayor contenido de agua y con ello menor plasticidad y rusticidad.

ANEXOS PRODUCTIVOS

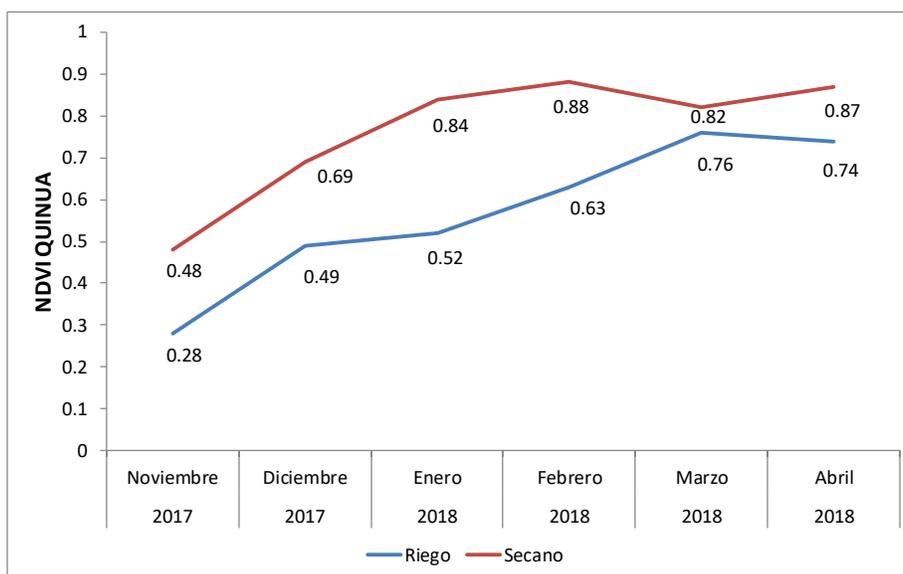
1. Parámetros de la planta

Crecimiento

El patrón de crecimiento de las plantas de Quinua durante un ciclo de cultivo de 170 días se determinó de forma indirecta a través del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI), para los sistemas de cultivo de secano y riego suplementario.

En los dos sistemas de cultivo el patrón de crecimiento presenta una tendencia similar con la diferenciación de los valores obtenidos de NDVI en cada una de las fases fenológicas, que corresponden a crecimiento vegetativo hasta el grano previo a la cosecha.

Figura 23. Patrón de crecimiento de las plantas de Quinua ecotipo Blanco cultivadas en secano y riego suplementario. Ancovinto, Colchane.



Fuente: Elaboración propia

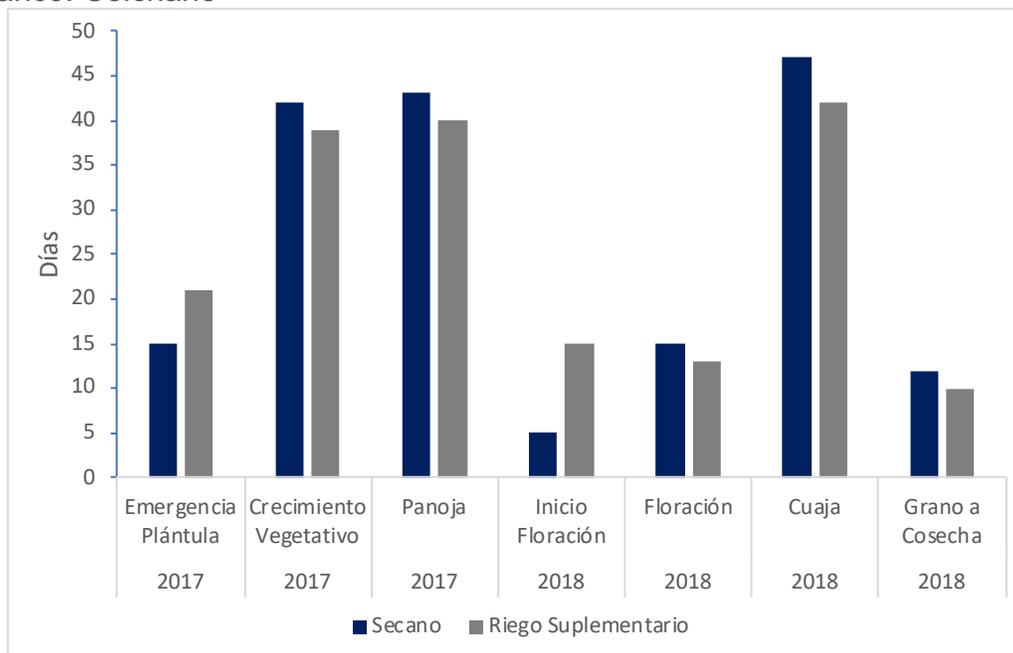
Fenología

Las fases fenológicas de la quinua se registraron desde la emergencia de las plántulas hasta el grano a cosecha. El total de días acumulado fue de 180, similar en los dos sistemas de cultivo y solo se presentan diferencias en la duración de las fases.

La ocurrencia de las fases fenológicas se relacionan con el régimen térmico de las temperaturas durante el ciclo de cultivo de la quinua.

El régimen térmico se representa a través de los Grados-Día, considerando el valor base de 10°C, sobre el cual se van acumulando y la caracterización en los agrosistemas donde se cultivan.

Figura 24. Duración de las fases fenológicas en los dos sistemas de cultivo de Quinua ecotipo Blanco. Colchane

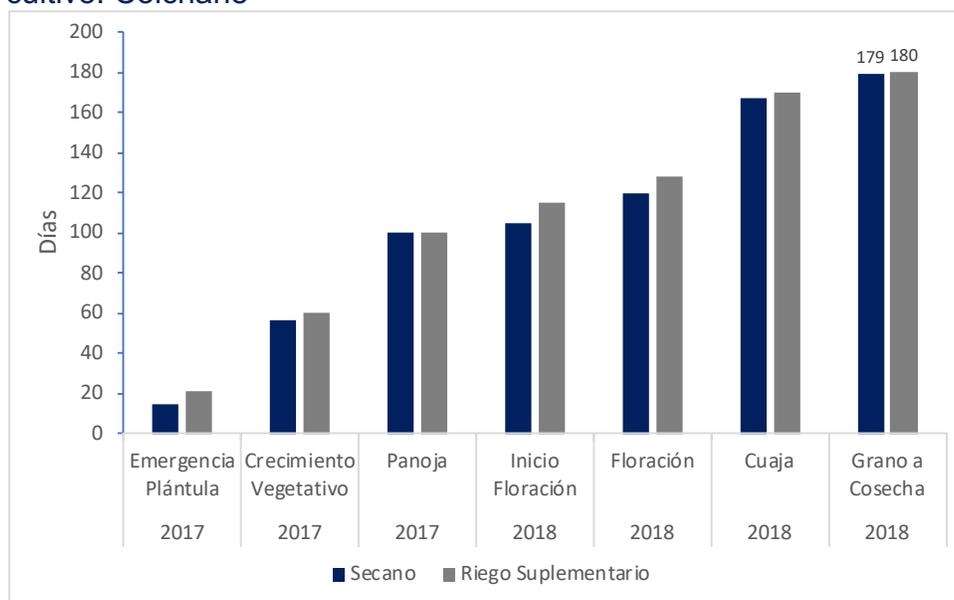


Fuente: Elaboración propia.

La fórmula utilizada es la siguiente.

$$\text{Grados - Día} = \left(\frac{T \text{ Máxima} + T \text{ Mínima}}{2} \right) - 10^{\circ}\text{C}$$

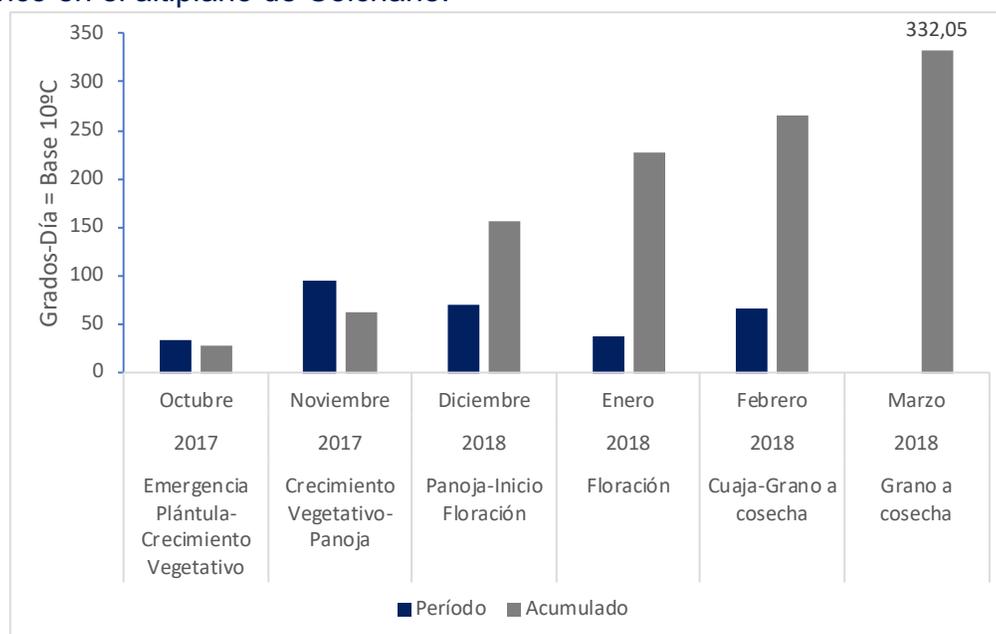
Figura 25. Progresión de las fases fenológicas de la Quinua ecotipo Blanco en los dos sistemas de cultivo. Colchane



Fuente: Elaboración propia.

El total de Días Grados acumulados en los sectores de Ancovinto y Chijo fue de 332,05.

Figura 26. Evolución de los Grados Día en el cultivo de la Quinua ecotipo Blanco en el altiplano de Colchane.



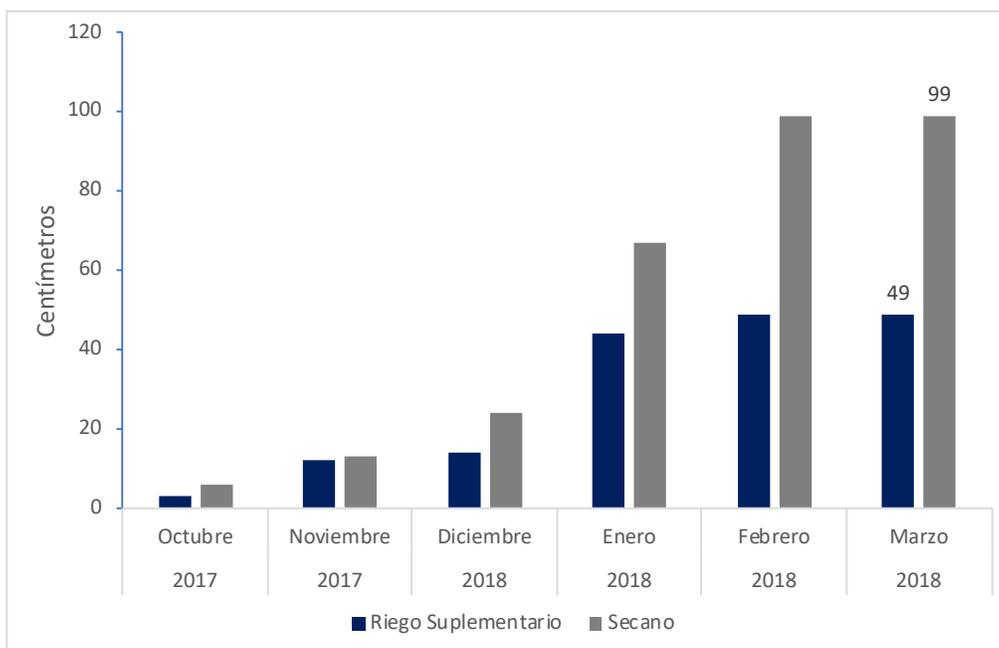
Fuente: Elaboración propia.

Altura de la planta

Las plantas de quinua en secano (Chijo) presentaron una mayor altura al final del ciclo de cultivo comparado a las del riego suplementario (Ancovinto), acentuándose en las fases finales del cultivo.

La condición climática en Chijo presentó menos presencia de heladas que en Ancovinto, condición que ralentizó e inhibió el crecimiento de las plantas reflejándose en la altura obtenida.

Figura 27. Evolución de la altura de la planta de Quinua ecotipo Blanco en los dos sistemas de cultivo. Colchane



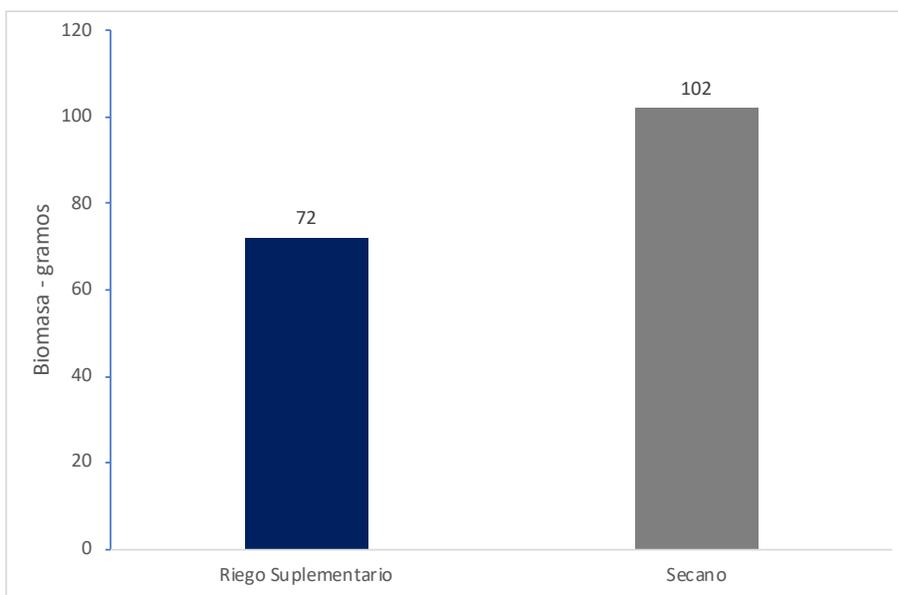
Fuente: Elaboración propia.

Biomasa

La producción de biomasa se relaciona con las condiciones climáticas de Chijo y Ancovinto, condicionantes de la altura y crecimiento de las plantas cultivadas en secano y riego suplementario.

Estas condicionantes climáticas determinaron una mayor producción de biomasa en las plantas de secano.

Figura 28. Biomasa total de la planta de Quinua ecotipo Blanca en los dos sistemas de cultivo. Colchane



Fuente: Elaboración propia

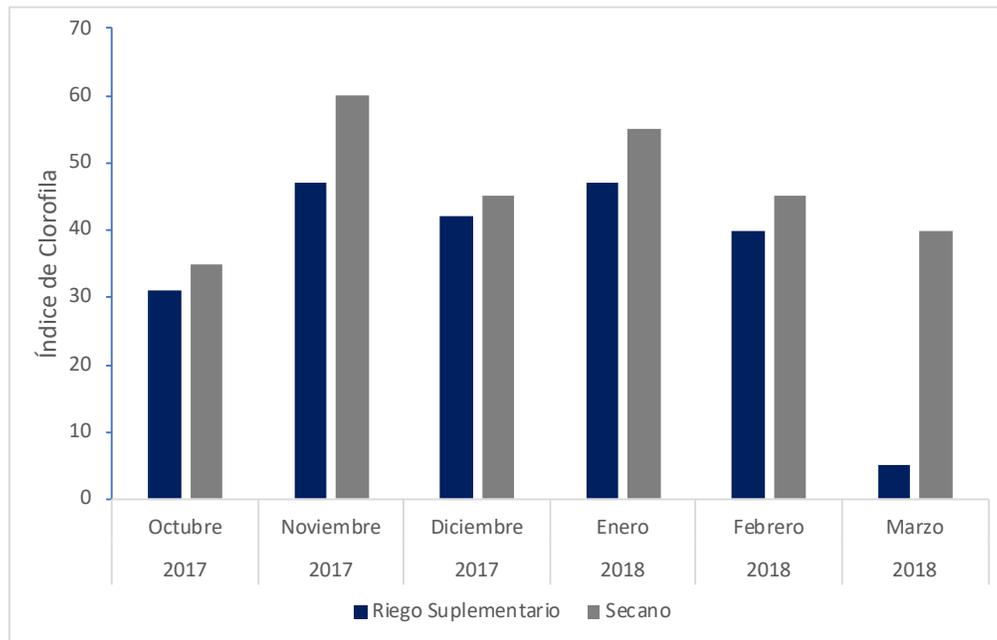
Índice de Clorofila

El mayor desarrollo biométrico y la mayor producción de biomasa seca son explicadas a través del índice de clorofila entre las plantas de secano y con riego suplementario.

Este índice fue mayor durante todo el ciclo de cultivo en las plantas de quinua en secano, presentando la mayor diferencia en la fase previo a la cosecha.

Un índice de clorofila mayor es determinante para la sostenibilidad de la floración y de la producción final.

Figura 29. Índice de clorofila en los dos sistemas de cultivo de Quinoa ecotipo Blanco. Colchane



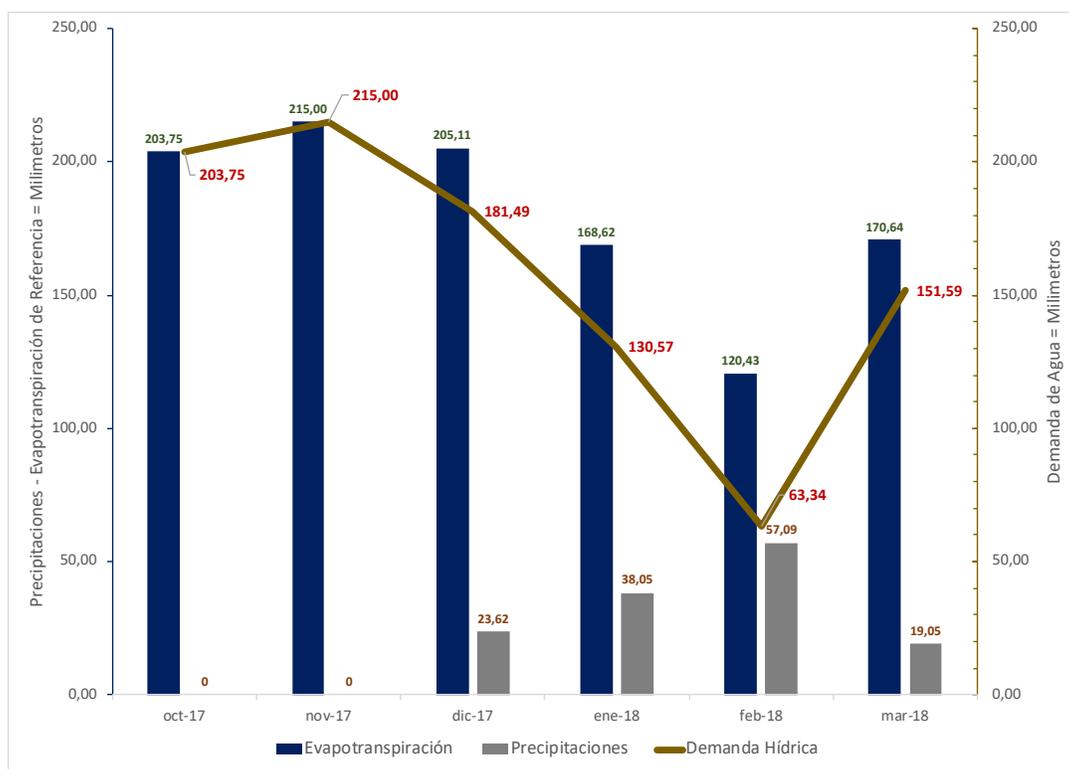
Fuente: Elaboración propia.

2. Parámetros Hídricos

Demanda de agua

La demanda de agua se determinó de la diferencia entre la demanda atmosférica representada por la evapotranspiración (Eto) y oferta representada por las precipitaciones, para lo cual se selecciona un criterio para el aporte real de agua al cultivo.

Figura 30. Distribución porcentual de los calibres en Quinoa ecotipo Blanca. Colchane



Fuente: Elaboración propia.

La demanda total estimada es de 945,74 mm, equivalentes a 945,74 L/m².

Aporte de Agua al Cultivo

El aporte de agua al cultivo fue de 110,3 mm (110,3 L/m²), que equivalen a un 11,66% de la demanda hídrica total (Demanda Atmosférica – Precipitaciones) obtenida de 945,74 mm (945,74 L/m²) para el ciclo 2017-2018.

Los criterios determinados son los siguientes.

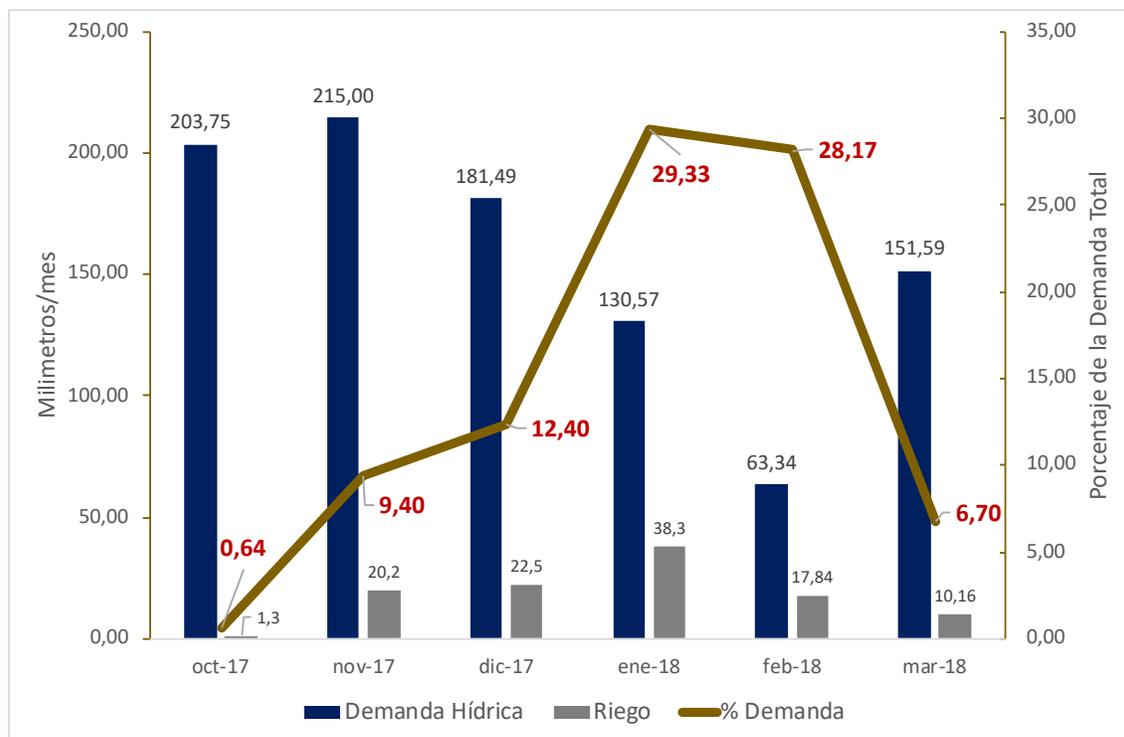
Tabla 1. Criterios establecidos para el riego suplementario en el cultivo de la Quinua ecotipo Blanco. Colchane

Parámetros	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Número de días	31	30	31	31	28	31	182
Superficie - m ²	2500	2500	2500	2500	2500	2500	
Evapotranspiración de Referencia - ETo	203,75	215,00	205,11	168,62	120,43	170,64	1085,55
Constante de Cultivo – Kc = mm/mes	0,20	0,58	0,63	0,63	0,9	1,14	
Evapotranspiración de cultivo - ETc = mm/mes	40,8	124,7	129,2	106,2	108,4	194,5	703,82
Precipitaciones – P = mm/mes	0,0	0,0	23,6	38,1	71,0	19,1	151,76
Aporte Agua Riego Suplementario – m ³ mes	13,0	202,0	225,0	383,0	178,4	101,6	1103,00

Fuente: Elaboración propia.

El aporte de agua al cultivo fue de 109 mm (109 L/m²), que equivalen a un 40,22% de la demanda hídrica total (Demanda Atmosférica – Precipitaciones) obtenida de 271 mm (271 L/m²) para el ciclo 2018-2019, considerando los meses de enero-febrero y marzo de 2019.

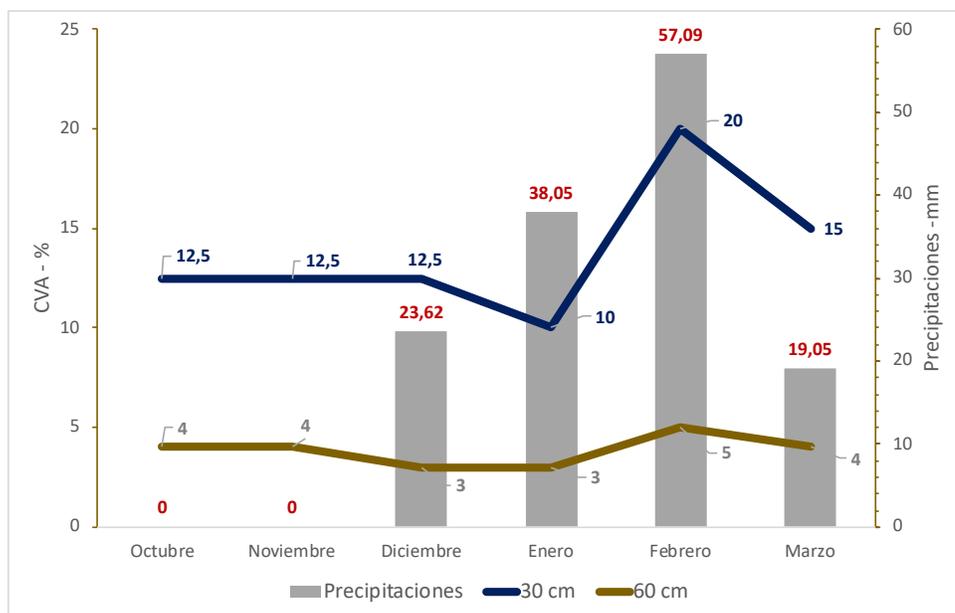
Figura 31. Distribución porcentual de los calibres en Quinoa ecotipo Blanco. Colchane



Fuente: Elaboración propia.

La variación del contenido de humedad volumétrica del suelo (CVA-%) a 30 y 60 cm, muestra que en el cultivo de secano y con riego suplementario el impacto de las precipitaciones se ve reflejado principalmente en el sensor a los 30 cm, que corresponde al perfil del suelo donde se presenta la mayor concentración de raíces absorbentes.

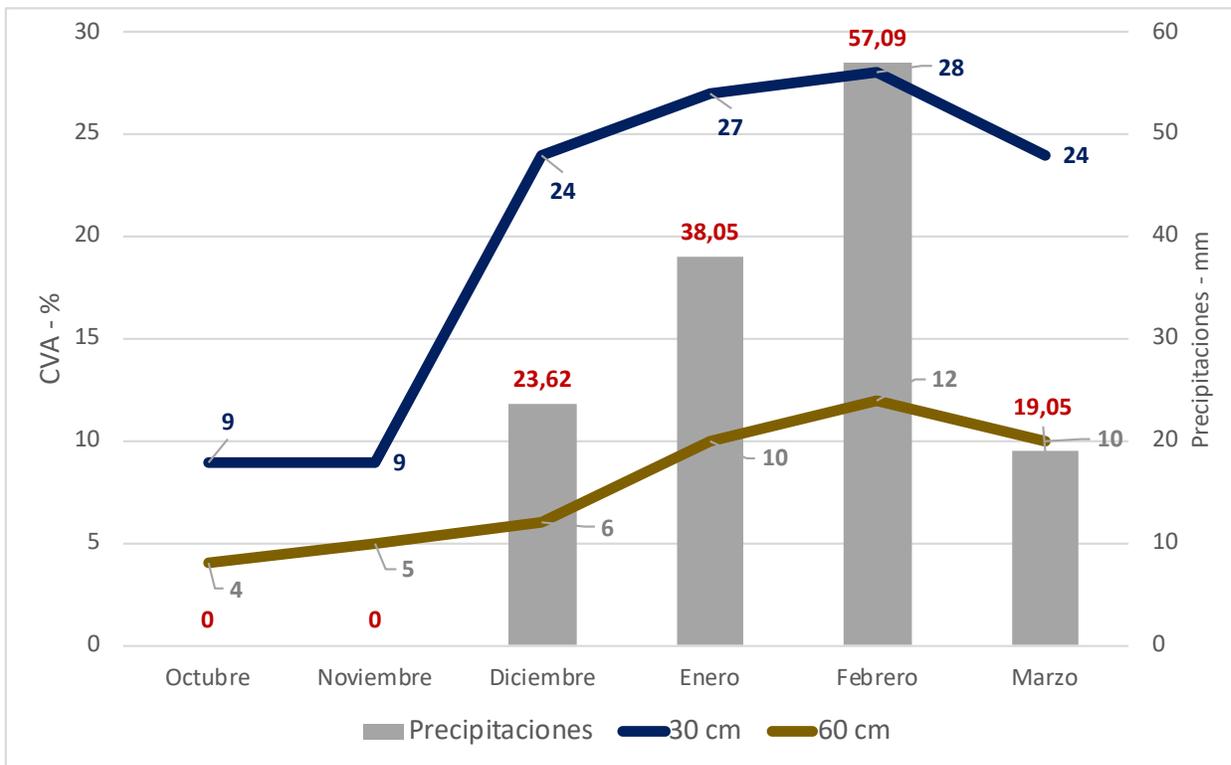
Figura 32. Variación del contenido de humedad volumétrica en el cultivo de secano de Quinua ecotipo Blanco. Colchane



Fuente: Elaboración propia.

En el cultivo con riego suplementario se obtiene un mayor incremento en el contenido de humedad volumétrica del suelo a los 30 cm alcanzando un máximo de un 28% durante el mes de febrero que corresponde a la fase fenológica crítica de la floración y un menor grado de impacto a los 60 cm en el perfil del suelo.

Figura 33. Variación del contenido de humedad volumétrica en el cultivo con riego suplementario de Quinoa ecotipo Blanco. Colchane



Fuente: Elaboración propia.

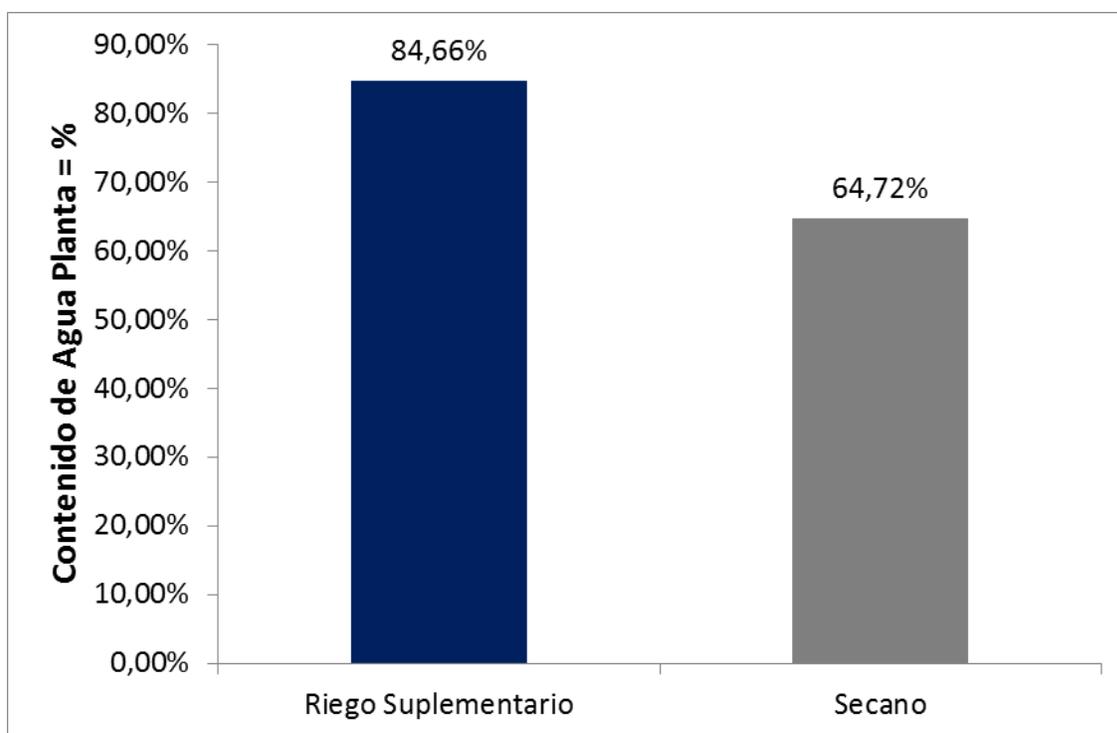
Contenido de Agua Cultivo

Se determinó el contenido de agua en las plantas de Quinoa en los dos sistemas de cultivo, para establecer el impacto sobre éstos.

Los resultados determinaron que las plantas con riego suplementario presentaron un contenido de agua mayor en un 23,55%.

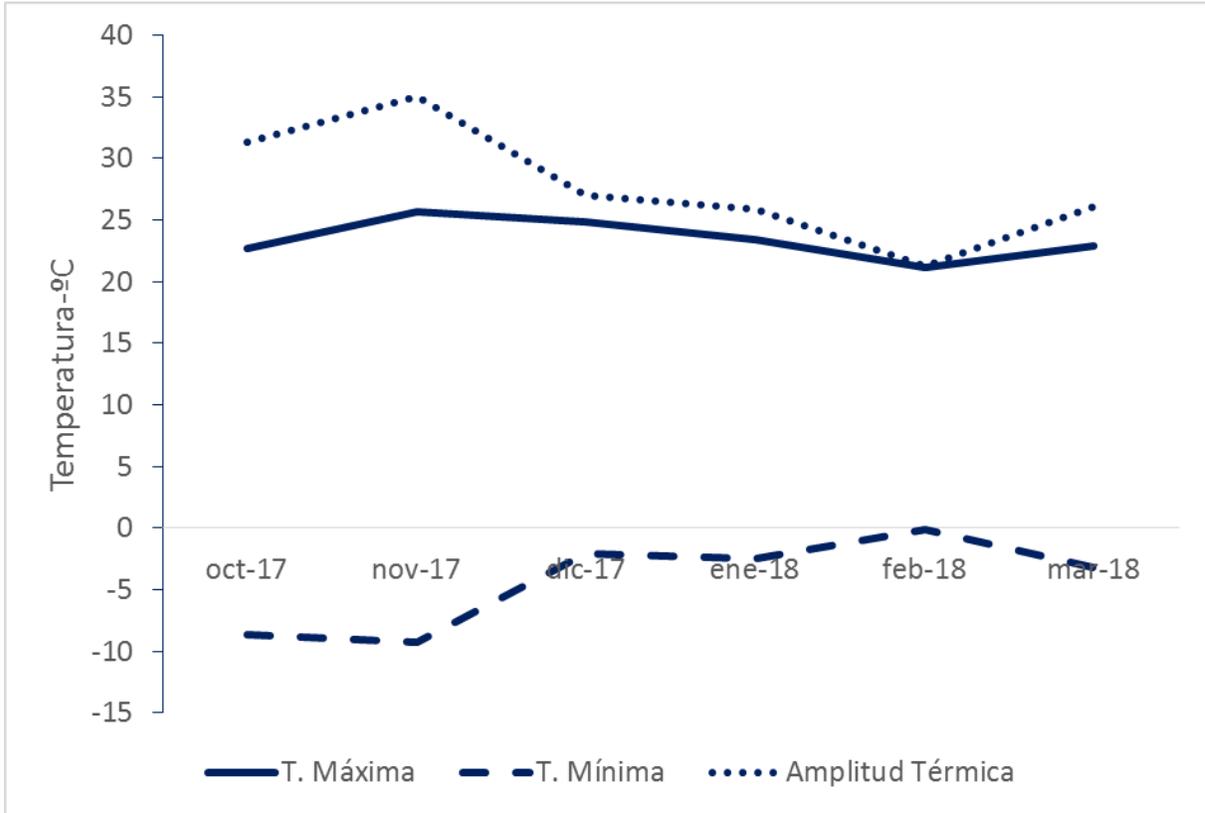
Esto indica que las plantas presentaron una mayor turgencia y con ello una menor rusticidad y plasticidad a las condiciones extremas del altiplano de Tarapacá, y ser la condición de una menor tolerancia al frío que afectó su crecimiento y producción.

Figura 34. Contenido de agua en las plantas de quinoa en los dos sistemas de cultivo. Colchane

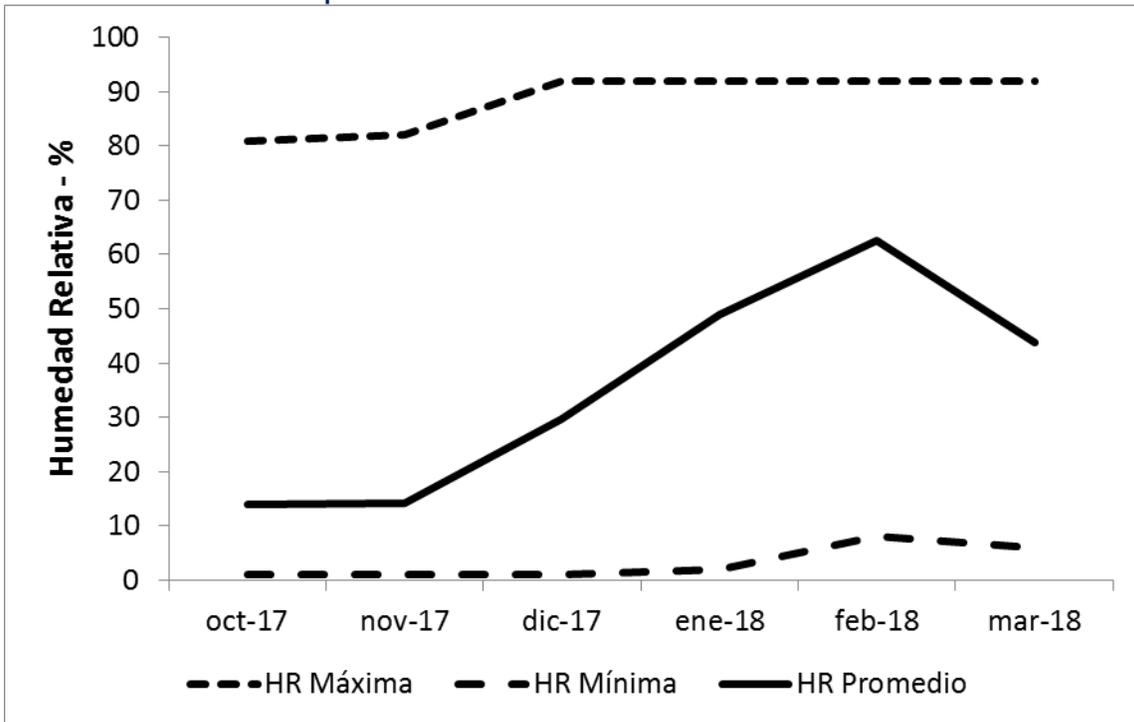


Fuente: Elaboración propia.

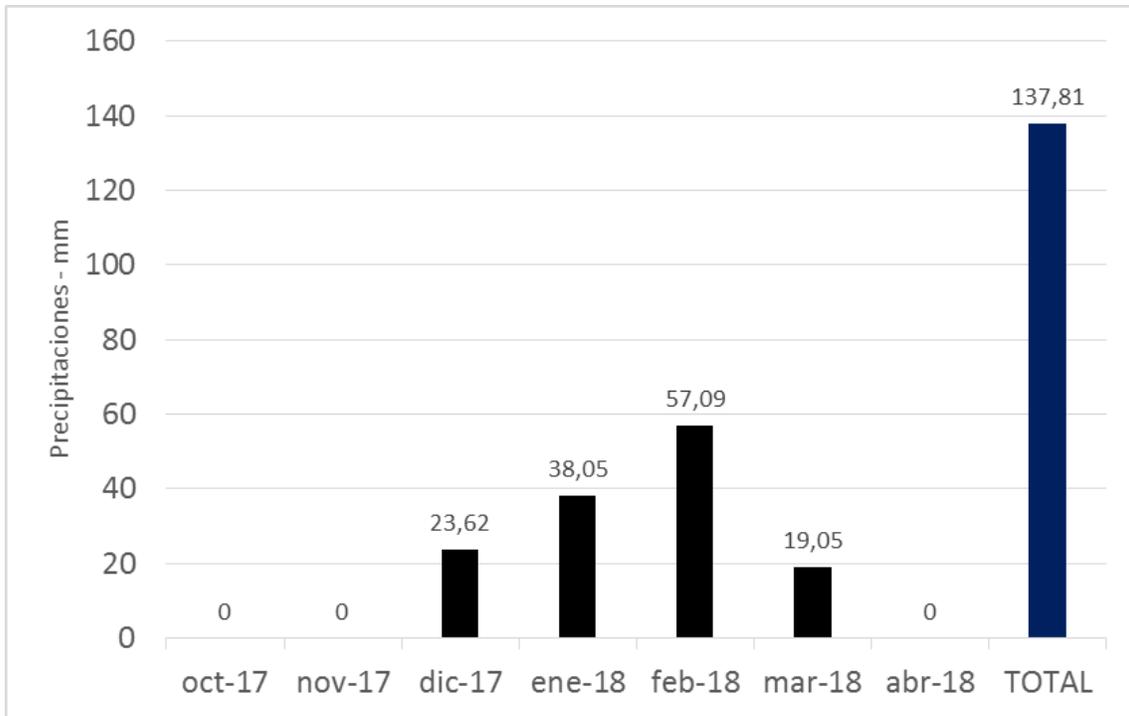
ANEXO CLIMA



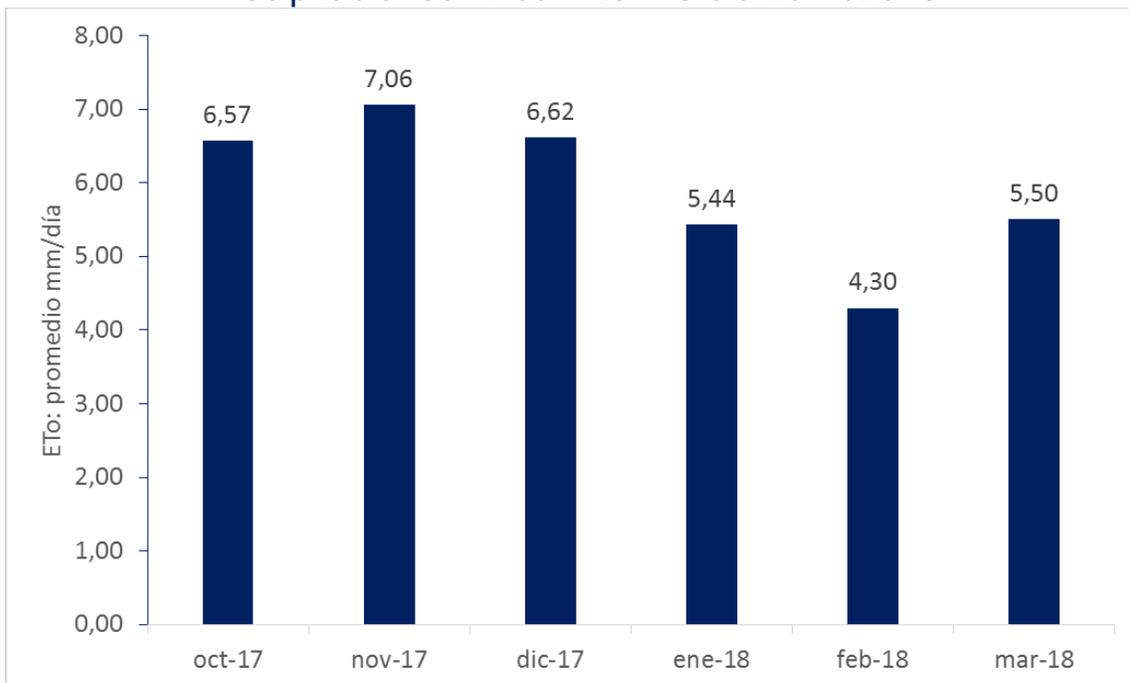
Temperaturas Ancovinto – Ciclo 2017/2018



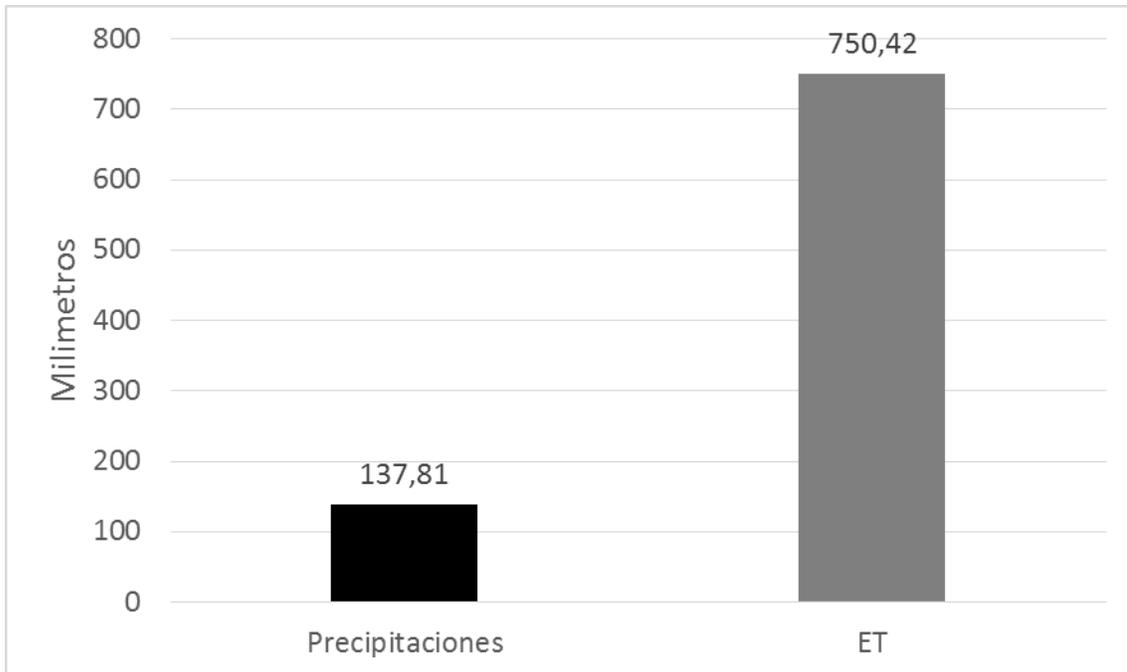
Humedad Relativa Ancovinto – Ciclo 2017/2018



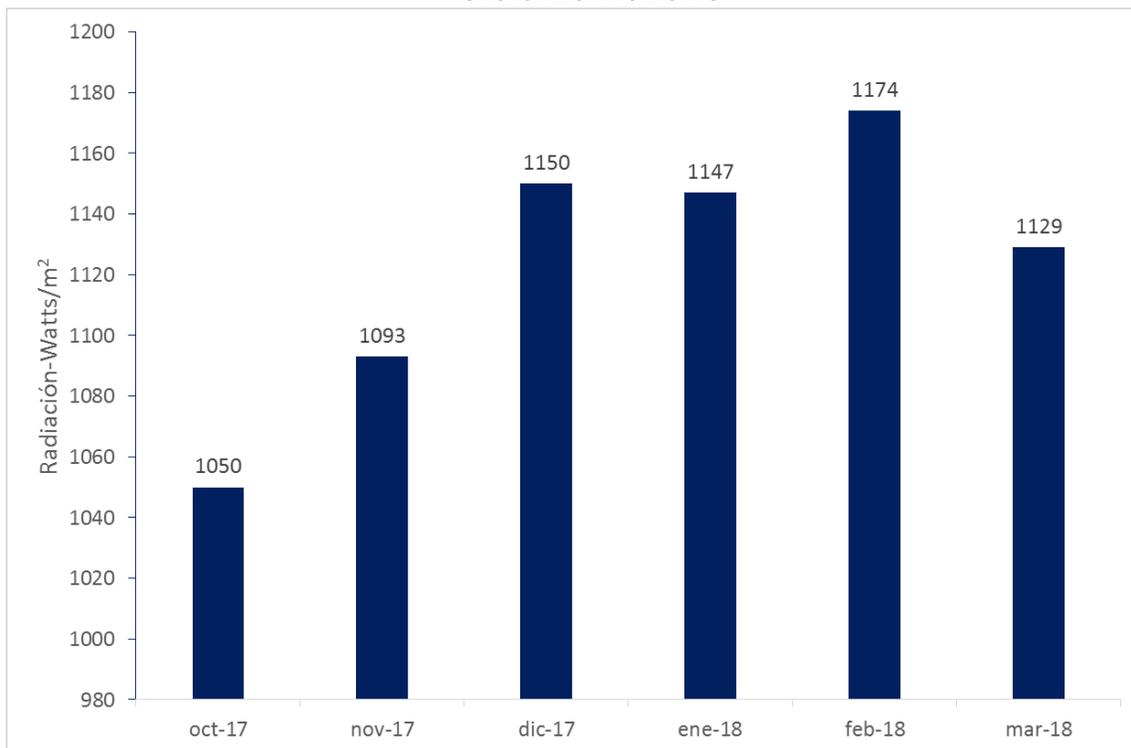
Precipitaciones Ancovinto – Ciclo 2017/2018



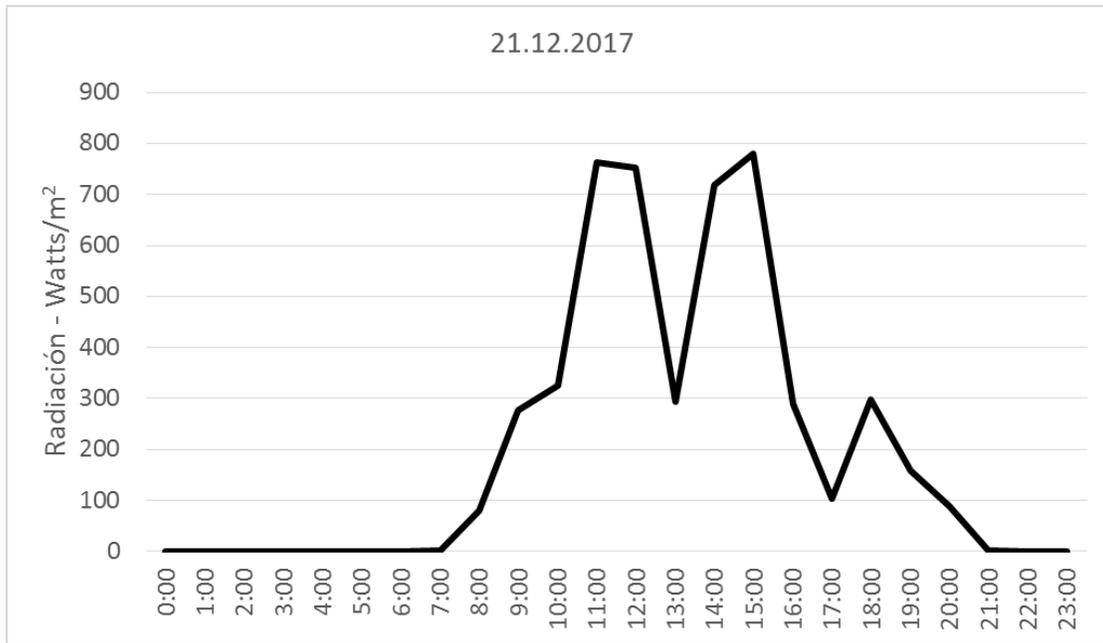
Evapotranspiración de Referencia Ancovinto – Ciclo 2017/2018



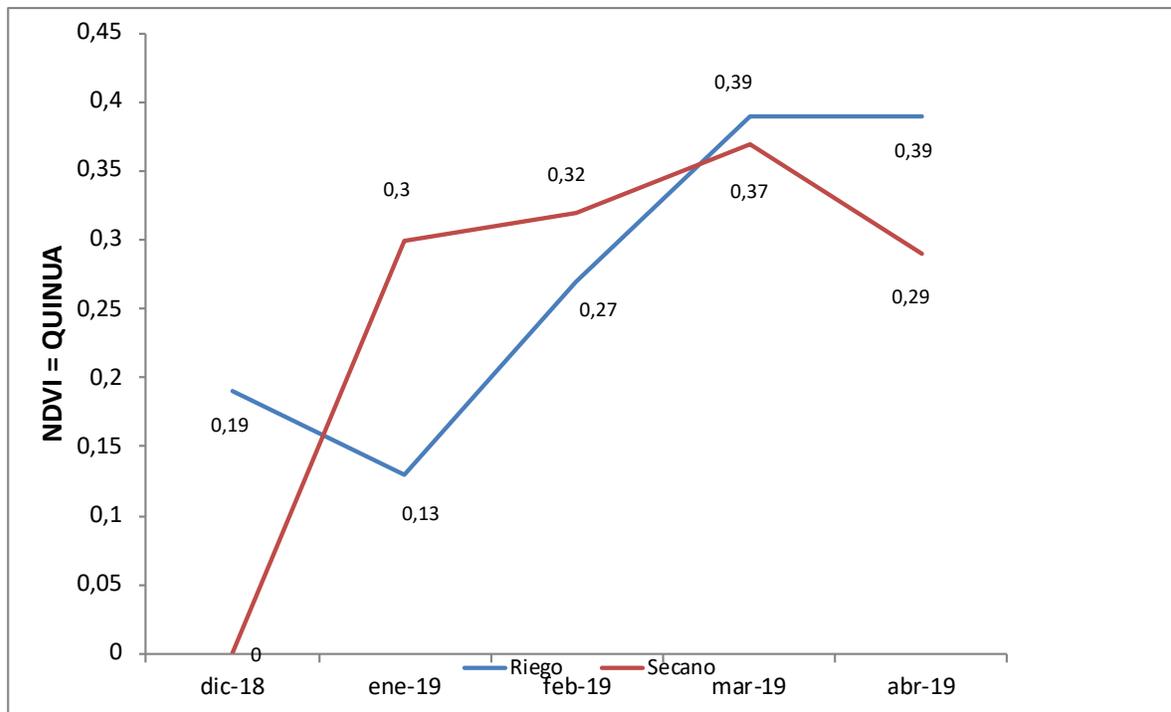
Relación Precipitaciones y Evapotranspiración de Referencia Ancovinto – Ciclo 2017/2018



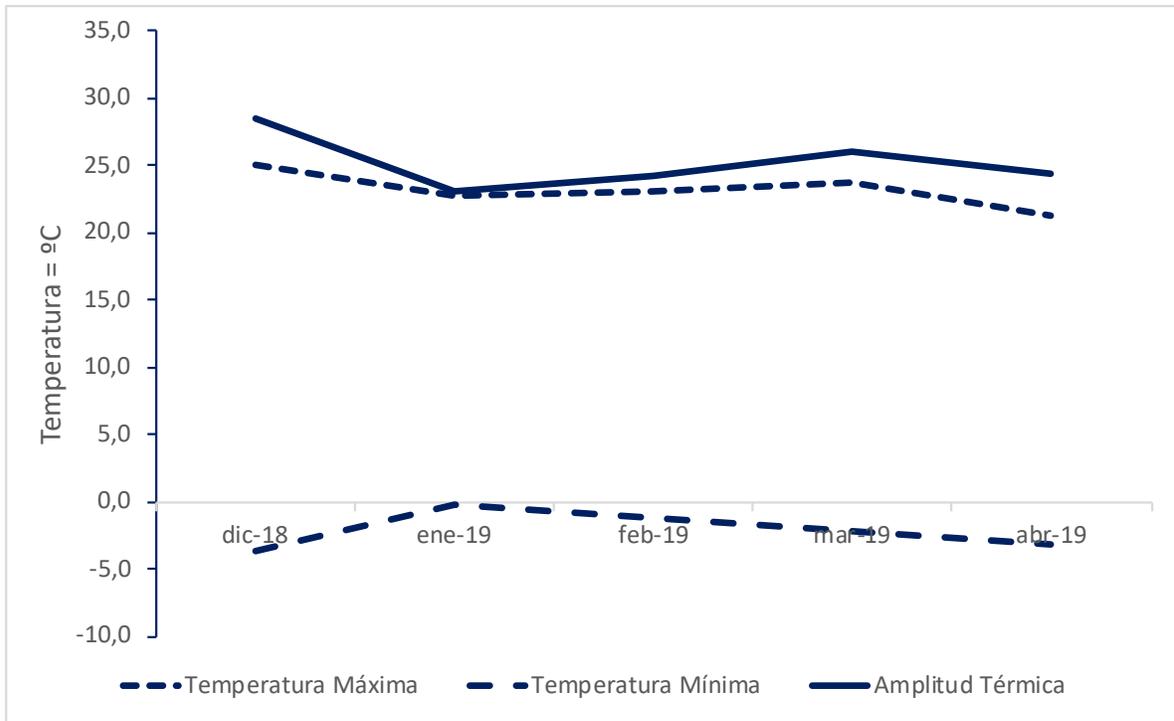
Radiación Ancovinto – Ciclo 2017/2018



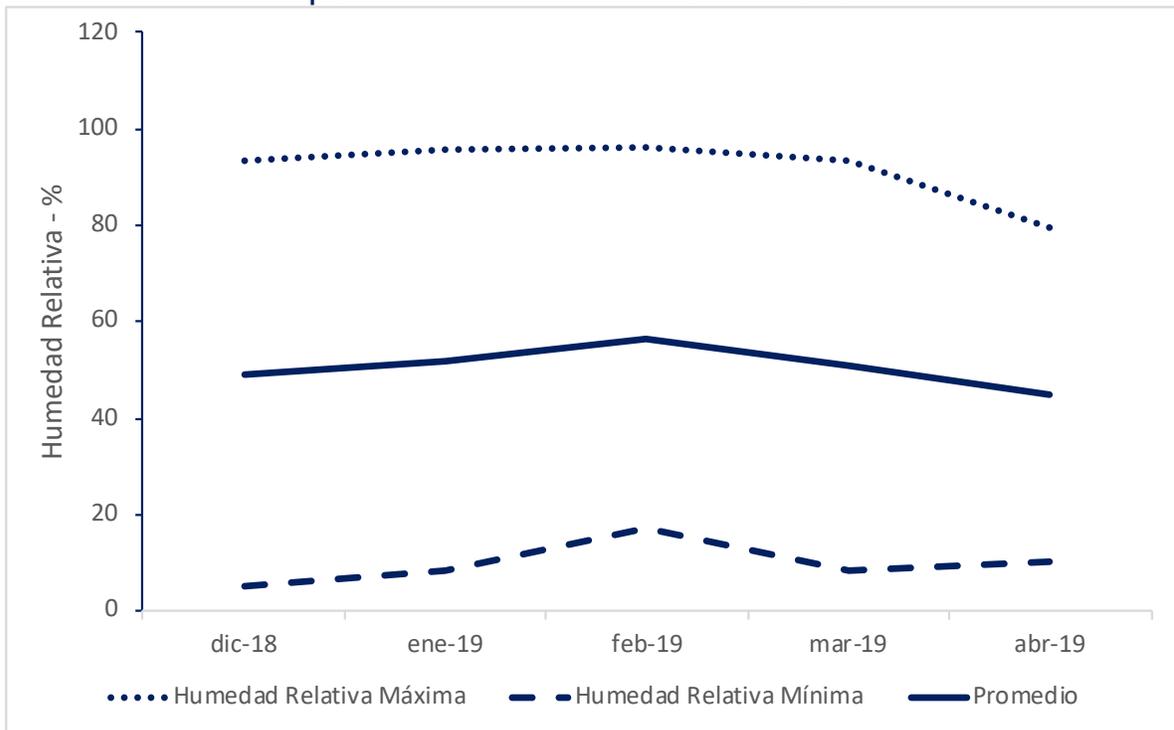
Radiación Ancovinto = 21.12.2017



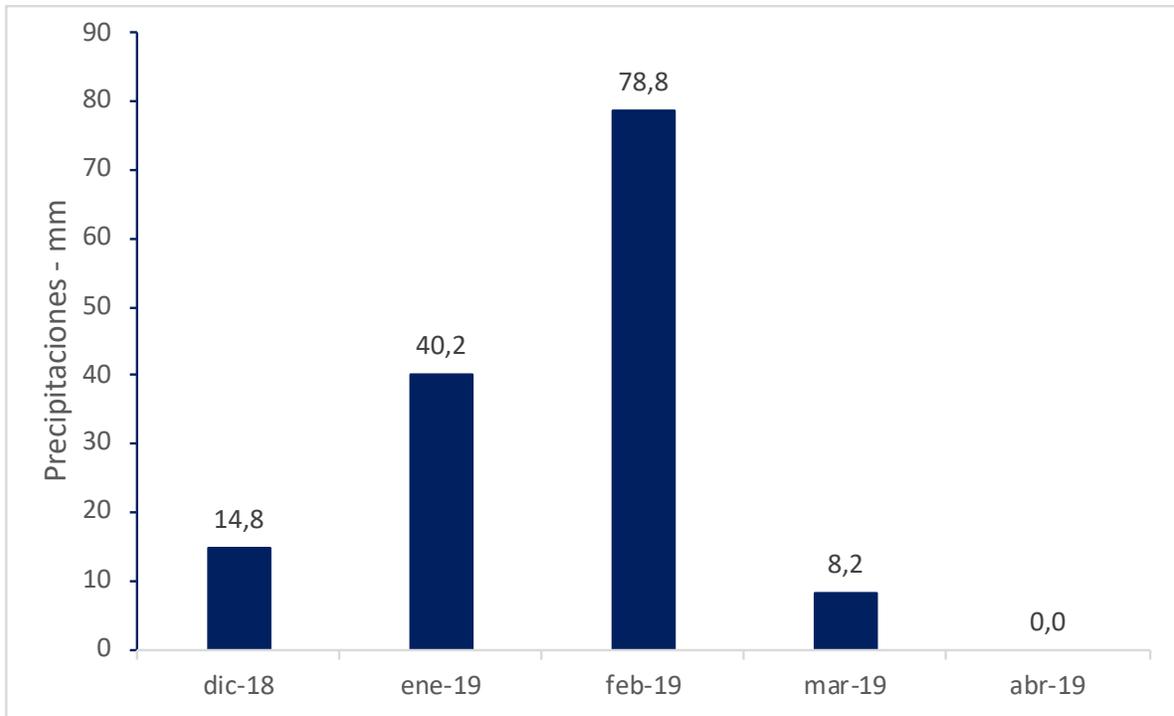
Crecimiento de las plantas de Quinua (NDVI) Ciclo 2018-2019



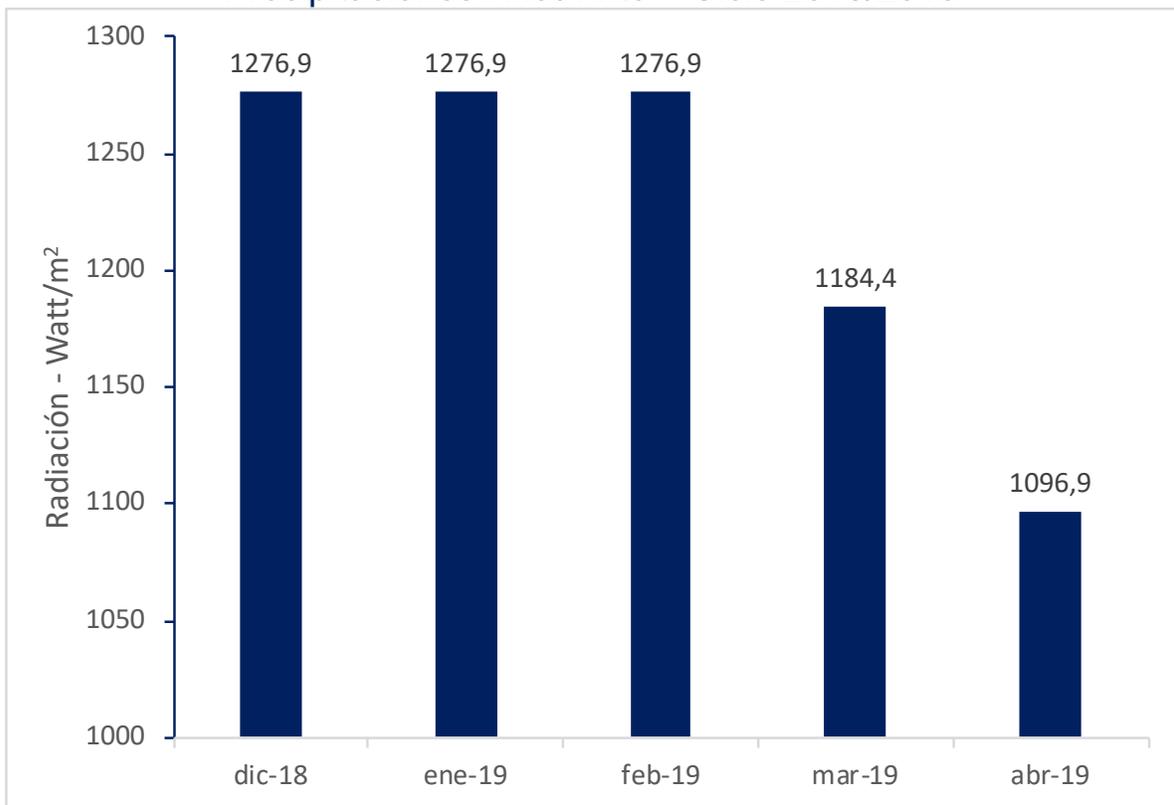
Temperaturas Ancovinto – Ciclo 2018/2019



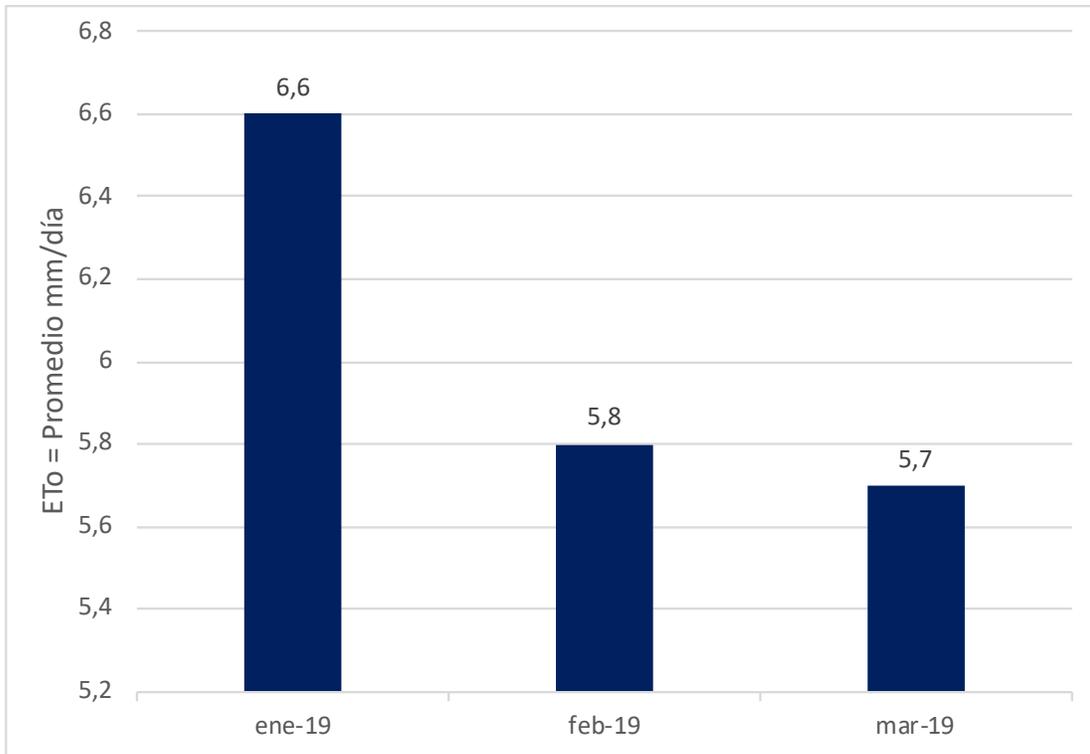
Humedad Relativa Ancovinto – Ciclo 2018/2019



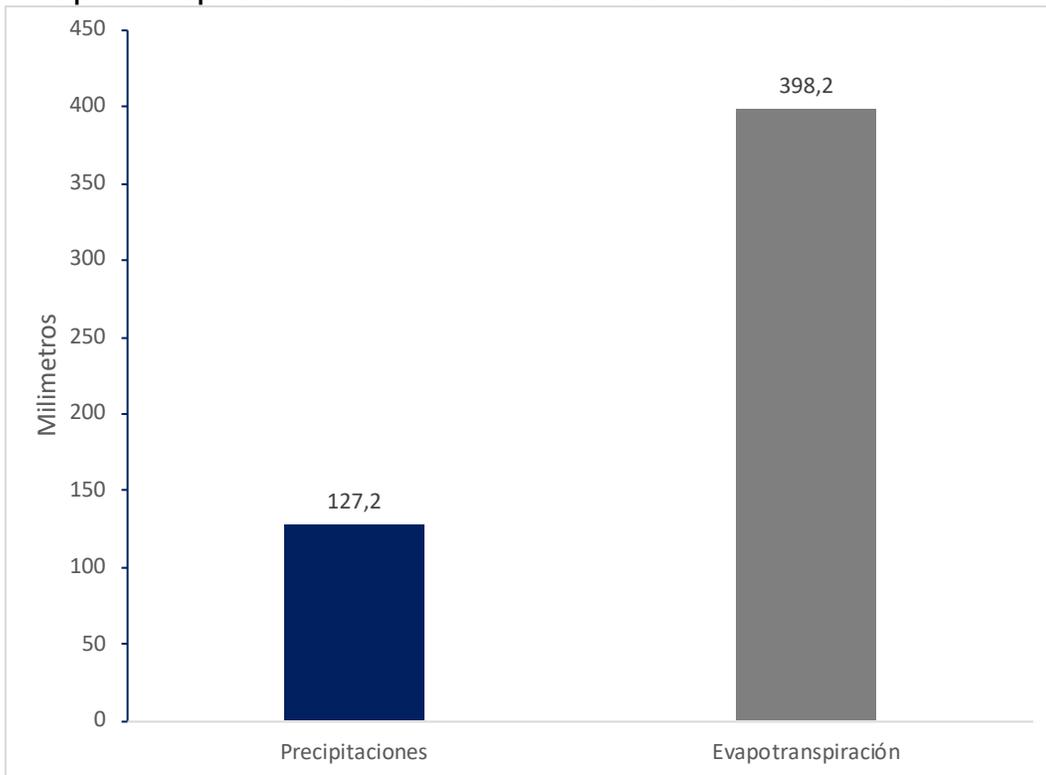
Precipitaciones Ancovinto – Ciclo 2018/2019



Radiación Ancovinto – Ciclo 2018/2019



Evapotranspiración de Referencia Ancovinto – Ciclo 2018/2019



Relación Precipitaciones y Evapotranspiración de Referencia Ancovinto – Ciclo 2018/2019

OTROS ANEXOS

ANEXO 1: CONGRESO MUNDIAL DE LA QUINUA

Se participó en el Congreso Mundial de la Quinoa realizado en Iquique/Chile entre el 25 al 28.03.2019, con el envío de un resumen de los resultados del proyecto.

EFEECTO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA DINÁMICA DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN EL CULTIVO DE QUINUA EN EL SECANO DEL ALTIPLANO DE TARAPACÁ

OLAVE JORGE^{1,2}; GONZÁLEZ OSCAR^{1,2}; SCOPINICH JUAN¹; AGUILERA JOSÉ^{1,2}; ARAYA PAOLO³, SÁNCHEZ MATÍAS^{1,2}

¹Universidad Arturo Prat; ²Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos; ³Instituto de Desarrollo Agropecuario
Iquique, Chile

En el altiplano de la región de Tarapacá, el cultivo principal es la Quinoa, teniendo dos centros de producción – Colchane y Cancosa (Fig. 1) ubicados entre 3.600 a 3.800 msnm, donde se cultivan en secano varios ecotipos, destacándose el Blanco y Pandela (Rojo). La quinoa en el altiplano de la región de Tarapacá es un cultivo de secano, cuya producción es dependiente de las precipitaciones estivales que tienen una variación interanual y una distribución temporal variable entre los meses de septiembre a abril, no siempre coincidente con las fases fenológicas críticas como son la germinación de la semilla y crecimiento vegetativo inicial, floración y formación del grano (fase lechosa).

El sistema de cultivo que se realiza es ancestral, dependiente de las precipitaciones primaverales y estivales, y del agua disponible en el suelo, al momento de la siembra. Las precipitaciones reportadas en el altiplano norte de Chile son variables durante la temporada de cultivo que va desde septiembre a abril, que van entre 50 a 100 mm, distribuidas en un 8,81% entre septiembre a diciembre y un 91,19% entre enero a abril, correspondiente al período del cultivo; sin embargo, entre el 40 al 50% de las precipitaciones puede ser utilizado por el cultivo al aumentar el contenido de humedad del suelo en los primeros 30 cm, según los antecedentes obtenidos con sensores de registro continuo Decagon GS1. El objetivo de este estudio fue determinar el impacto de las precipitaciones en el contenido de humedad volumétrica en el suelo y en la producción de biomasa en un cultivo de secano de Quinoa en la localidad de Chijo, comuna de Colchane.

El estudio se realizó con el ecotipo blanco de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). La siembra mecanizada se realizó en agosto de 2017 en un suelo franco arenoso a 0,5 m de espaciamiento sobre hilera y 0,8 m entre hileras, equivalente a 25,000 plantas ha⁻¹. Las características físicas del perfil del suelo hasta los 60 cm determinaron una humedad aprovechable de 3,9% (en peso), alcanzando hasta un 8,3% por efecto de las precipitaciones solo en los primeros 30 cm, no profundizando hasta los 60 cm. Los resultados obtenidos determinaron una producción de grano de 229 kg/ha, lo que equivale a 0,20 kg de Quinoa/m³ de agua o 5.000 Litros de Agua/kg de Quinoa. Esto significa, que la producción de quinoa en secano es dependiente de los milímetros de precipitaciones (agua) que pueden ser retenidas en el suelo, dependiente de su textura.

Palabras claves: Quinoa, secano, suelo, producción

Agradecimientos a proyecto Impacto del riego suplementario localizado sobre la producción de la Quinoa altiplánica en la localidad de Ancovinto, comuna de Colchane. Región de Tarapacá. PYT 2016-0459, cofinanciando por FIA-FIC región de Tarapacá.



**CARTA DE ACEPTACIÓN DE TRABAJO CIENTÍFICO
VII CONGRESO MUNDIAL DE LA QUINUA Y OTROS GRANOS ANDINOS**

Estimado investigador
Dr. Olave Jorge.
Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile.

Es muy grato dirigirme a usted en nombre del Comité Científico del **VII Congreso Mundial de la Quinua y Otros Granos Andinos, Chile 2019**, con la finalidad de hacer llegar oficialmente la invitación a participar del presente evento, el cual se realizará en la ciudad de Iquique del 25 al 28 de marzo del 2019. Durante el Congreso habrá oportunidad de conocer e intercambiar ideas con destacados investigadores, profesionales, productores líderes, empresarios y autoridades de varios países vinculados con los ejes temáticos a tratar.

En este contexto y en virtud al resumen enviado por usted denominado **EFEECTO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA DINÁMICA DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN EL CULTIVO DE QUINUA EN EL SECANO DEL ALTIPLANO DE TARAPACÁ**; le comunicamos que el Comité Científico ha aprobado su presentación bajo la modalidad de **PÓSTER**.

Adjunto a la presente comunicación encontrará archivo con instrucciones para preparar y enviar su **DOCUMENTO EN FORMATO DIGITAL (PDF)**. Adicionalmente se remitirá correo electrónico con detalles del programa e información relevante al Congreso que permitan su adecuada participación.

De requerir mayores detalles, favor visitar el sitio web oficial del Congreso <https://congresomundialquinua.cl/> o comunicarse directamente al correo electrónico

Agradeciendo su colaboración, nos despedimos de usted y le damos nuestra cordial bienvenida.

Atentamente,

FRANCISCO FUENTES, Ph.D.
Presidente Comité Científico
VII Congreso Mundial de la Quinua y Otros Granos Andinos

EFFECTO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA DINÁMICA DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN EL CULTIVO DE QUINUA EN EL SECANO DEL ALTIPLANO DE TARAPACÁ



Jorge Olave, Oscar González, Juan Scopinich, José Aguilera; Paolo Araya, Matías Sánchez

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es producto de los resultados del proyecto *“Impacto del riego suplementario localizado sobre la producción de la Quinua altiplánica en la localidad de Ancovinto, comuna de Colchane. Región de Tarapacá”*. PYT 2016-0459, cofinanciando por FIA-FIC región de Tarapacá.

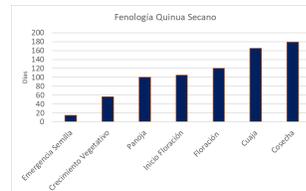
OBJETIVO

Determinar el impacto de las precipitaciones en la producción de biomasa en un cultivo de secano de Quinua (*Chenopodium quinua Willd.*), utilizando el ecotipo blanco

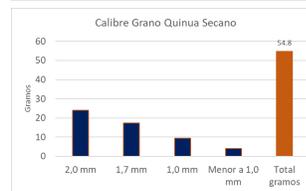
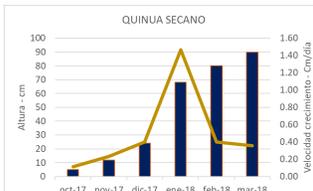
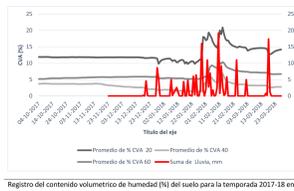
METODOLOGÍA

La siembra fue mecanizada en agosto de 2017, en un suelo franco arenoso, con 0,5 m de espaciamiento sobre hilera y 0,8 m entre hileras, equivalente a 25,000 plantas ha⁻¹.

El equipamiento utilizado fue una estación climática HOBO para el registro de las precipitaciones; sensores para el registro continuo de la humedad volumétrica del suelo a los 30 y 60 cm utilizando un Data Logger EM50 (Decagon)



RESULTADOS



Los resultados obtenidos determinaron una producción de grano de 229 kg/ha, lo que equivale a 0,20 kg de Quinua/m³ de agua o 5.000 Litros de Agua/kg de Quinua. Esto significa, que la producción de quinua en secano es dependiente de los milímetros de precipitaciones (agua) que pueden ser retenidas en el suelo, dependiente de su textura.

Revisión: ¿Puede el cambio climático afectar la producción de quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) en el Altiplano chileno?

Review: Can climate change affect production of quinoa (Chenopodium quinoa willd.) crop on Chilean Altiplano?

Matías Sánchez-Monje^{1*}, Jorge Olave²

RESUMEN

El objetivo de esta revisión es dar cuenta de los principales avances en las investigaciones de los efectos del cambio climático en Sudamérica, cómo se abordan dichos estudios y cómo estos resultados pueden afectar al cultivo de la quinoa. Los principales efectos se pueden observar en la cuenca del Amazonas, donde se producirá un decrecimiento en las precipitaciones de 9 a 19% entre los años 2020 y 2080, lo que afectaría a cultivos como el maíz, disminuyendo su rendimiento en un 25%. En el Altiplano habrá un cambio en el ciclo anual de las precipitaciones reduciéndose las lluvias tempranas (octubre – diciembre) e incrementándose las estivales (enero – marzo). En el caso de la temperatura también se prevé un incremento de 3 a 6 °C, lo que tiene directa relación con la altitud por sobre los 3.500 msnm, ya que en zonas bajas no se presenta tal aumento. Los rendimientos en el cultivo de la quinoa podrán verse afectados por la disminución de las precipitaciones tempranas, pero podrá haber efectos positivos debido a temperaturas más cálidas, reducción de las heladas y un aumento de la asimilación del carbono.

Palabras clave: quinoa, cambio climático, modelo de cultivo

ABSTRACT

The objective of this review is to inform about the main advances in research on the effects of climate change in South America, how those studies are addressed and how those results can affect quinoa crop. The main effects can be observed in the Amazon basin where, between 2020 and 2080, a decrease in rainfall of 9 to 19% would be observed, affecting crops such as maize, reducing its yield by 25%. In the altiplano there will be a change in the annual cycle of precipitation, reducing early precipitation (October - December) and increasing summer precipitation (January - March). In the case of temperatures also an increase of 3 to 6 °C is foreseen which has a direct relation with the altitude above 3,500 masl since in low zones this increase is not shown. Yields in quinoa cultivation may be affected by the decrease in early precipitation, but positive effects could be seen due to warmer temperatures, frost reduction and increased carbon assimilation.

Keywords: quinoa, climate change, crop modelling

Introducción

La temperatura promedio de la Tierra y los océanos ha sido calculada mediante una tendencia lineal, lo que muestra un calentamiento de 0,85 °C (0,65 a 1,06 °C), en el periodo 1880 a 2012, donde existe mucha información independiente (IPCC, 2014).

Este aumento en las temperaturas está preocupando a las autoridades en todo el mundo debido a las implicancias que tendría y sus posibles efectos sobre otras variables climáticas. Es por esto que el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) se ha planteado diversos escenarios climáticos para estudiar de qué forma afectará a

¹ Programa de Doctorado en Agricultura para Zonas Áridas – Desérticas. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Arturo Prat. Iquique. Chile.

² Centro de Investigación y Desarrollo de Recursos Hídricos (CIDERH). Universidad Arturo Prat. Iquique. Chile.

* Autor para correspondencia:

Fecha de Recepción: 03 noviembre, 2018.

Fecha de Aceptación: 12 diciembre, 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000202>. Publicado en línea: 11-junio-2019.

la Tierra en el futuro el aumento de la temperatura (IPCC, 2014).

El IPCC ha creado escenarios a partir de 1992, por ejemplo, cuando utilizó un conjunto de escenarios de emisiones como base para sus proyecciones climáticas, conocidos como escenarios IS92 (Nakicenovic and Stewart, 2000). El mismo año se publicaron nuevos escenarios de emisiones, los llamados Escenarios del IEEE (IPCC, 2000), más conocidos como escenarios SRES (Special Report on Emission Scenarios). Para el último reporte sobre cambio climático el IPCC estrenó los RCP (Representative Concentration Pathways) (IPCC, 2014), los cuales dan cuenta del forzamiento radiativo como factor a considerar en las proyecciones futuras.

Para relacionar los efectos que pueden tener los diferentes escenarios climáticos en la agricultura se ha complementado la información de los modelos climáticos con los modelos de cultivos. En la actualidad existen diversos modelos de cultivos con diferentes características. En la zona del Altiplano se han utilizado diferentes modelos, como el Aquacrop creado por FAO (Geerts, S., 2010), el cual se caracteriza por modelar cultivos bajo déficit hídrico. También está CropSyst, que usa módulos de crecimiento direccionados a la radiación y al agua (con 40 parámetros de cultivo). Otro modelo es WOFOST, basado en el consumo de carbono de las plantas (con 49 parámetros de cultivo) (Todorovic *et al.*, 2009). El modelo SALTMED se caracteriza por modelar cultivos con déficit hídrico y estrés por salinidad, entre otros parámetros (Ragab *et al.*, 2005). Un modelo de cultivo que destaca entre los demás es el SIMPROC (Santibáñez, 2001), ya que se caracteriza por realizar simulaciones de forma iterativa, para las fechas de siembra, lo que permite determinar la mejor fecha de siembra frente a escenarios cambiantes.

Como consecuencia del cambio climático se deben identificar especies que posean cualidades de tolerancia a estreses abióticos, de manera de poder asegurar la producción de alimentos en un futuro cambiante y con una población planetaria que sobrepase los nueve mil millones de personas en las décadas venideras. Una de las especies de cultivo que se cree puede ser un buen candidato para futuros escenarios de cambio climático es la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) (Ruiz *et al.*, 2014), la cual se adapta bien a suelos salinos, estrés hídrico y estrés por frío. ¿Pero son estas cualidades suficientes para considerar al cultivo de la quinoa un candidato confiable para producción de alimentos bajo escenarios de cambio climático?

El objetivo de esta revisión es entregar información acerca de los últimos estudios sobre cambio climático en Sudamérica y en especial en la zona del Altiplano chileno-boliviano y cómo estas posibles condiciones futuras podrían afectar al cultivo de la quinoa.

Materiales y métodos

Se revisaron las fuentes bibliográficas contenidas en la Biblioteca de la Universidad Arturo Prat, Facultad de Recursos Naturales Renovables, además de diversos gestores de búsqueda bibliográfica como ScienceDirect, SciELO, Elsevier, Springerlink y Web of Science. Se utilizaron las palabras clave de búsqueda: quinoa, modelamiento, rendimiento, cambio climático, y se seleccionaron publicaciones en idioma español e inglés, de preferencia de los últimos 10 años, consideradas relevantes para la realización de la presente revisión bibliográfica.

Resultados y discusión

Cambio climático

Para el futuro se proyecta un aumento en la variabilidad climática, lo que impactará muy fuertemente en la producción alimentaria. Sin embargo, la magnitud y trayectoria de estos impactos son todavía inciertas, particularmente cuando las variables climáticas son menos predecibles. Hay presencia de eventos climáticos extremos con mayor frecuencia e intensos, por ejemplo, cuando las temperaturas exceden el rango óptimo para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Hannah *et al.*, 2013). Para predecir estos cambios futuros en el clima existen los modelos de circulación global (MCG), los cuales son herramientas para el estudio de impactos potenciales bajo escenarios de posible cambio climático, donde se incluyen cambios en la temperatura, precipitación y nivel del mar. El Centro de Predicción del Clima perteneciente a la oficina de Administración Nacional del Océano y Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos define el cambio climático como un “modelo matemático para describir cuantitativamente, simular y analizar la interacción entre la atmósfera y la superficie (ej. Océano, tierra y hielo)” (Schramm *et al.*, 2014).

Modelamiento del cambio climático

Un MCG combina una serie de modelos de la atmósfera, océanos y superficie terrestre de la Tierra.

Los modelos MCG dividen la Tierra en muchas capas y en miles de grillas tridimensionales. Estos modelos son específicos para replicar el clima pasado y presente. Por ejemplo, los MCG pueden reproducir con exactitud las tendencias de calentamiento temporal observado, dinámicas de hielo marino y los eventos climáticos extremos (IPCC, 2014).

Los MCG se usan para simular el clima presente y predecir climas futuros influenciados por gases de efecto invernadero y aerosoles. Desafortunadamente, están restringidos en su influencia para estudios locales debido a su resolución espacial (generalmente de alrededor de 50.000 m²) y no pueden resolver características a escala más pequeña como lo son las nubes o la topografía particular de una zona. Por lo tanto, las simulaciones de estos modelos son deficientes cuando el área de estudio tiene una topografía muy compleja (Wilby *et al.*, 2002).

Cuando se requiere aumentar la resolución de los modelos climáticos para realizar estudios a nivel regional, se necesita disminuir la escala de la grilla (downscaling en inglés), para lo cual existen diferentes metodologías que se pueden agrupar en 4 tipos: a) modelamiento dinámico del clima, b) tipificación sinóptica del clima, c) generación estocástica del clima y d) enfoque basado en regresión (Wilby *et al.*, 2002).

Disminuir la escala dinámicamente comprende la anidación de los modelos climáticos regionales (MCR) de alta resolución dentro de un MCG con una resolución más baja (Giorgi and Mearns, 1999).

Los MCR usan los MCG para definir cuánto varían las condiciones climáticas, donde las dinámicas físicas de la atmósfera son modeladas usando un espaciamiento horizontal de la grilla de 20 a 50 km. La principal limitación de los MCR es su alta demanda computacional, al igual que los MCG. Los escenarios producidos por los MCR son también sensibles a la elección de los límites de las condiciones (como la humedad del suelo) usados en experimentos iniciales. La ventaja principal de los MCR es su capacidad para resolver características atmosféricas a una menor escala que los MCG. Además, los MCR pueden ser usados para explorar la significancia relativa de los diferentes forzamientos externos como lo son los ecosistemas terrestres o cambios atmosféricos químicos (Wilby *et al.*, 2002).

Cambio climático en Sudamérica

En Sudamérica se han realizado diversas investigaciones para evaluar el estado de ciertos

cultivos frente a escenarios de cambio climático. Es así como Jones y Thornton (2003) pudieron estimar que el rendimiento del cultivo de maíz decrecía en un 25% en Brasil hacia el 2055, y que en Venezuela declinaba casi a 0, lo que significa que se deben realizar grandes cambios en los sistemas productivos para que no ocurra migración de esas zonas agroproductivas.

En la cuenca del Amazonas y Sao Francisco se estiman disminuciones en las precipitaciones entre las décadas del 2020 a 2080 de un 9 a un 19% y de un 15 a un 35%, respectivamente (Marengo *et al.*, 2012).

Urrutia y Vuille (2009) determinaron que las zonas montañosas tropicales de los Andes se verán más afectadas por cambios climáticos futuros que las zonas bajas aledañas. Las proyecciones indican un calentamiento significativo en los Andes tropicales, que es potenciado por la altura.

Cambio climático en el Altiplano

Análisis realizados con proyecciones del siglo 21 estiman que las precipitaciones promedio anuales en el Altiplano van a tener poca variación, pero habrá un cambio en el ciclo anual de las precipitaciones, reduciéndose las lluvias tempranas (octubre-diciembre) e incrementándose las estivales (enero-marzo) (Seth *et al.*, 2010). Según Sarricolea and Aravena, 2015, en la comuna de Colchane, Región de Tarapacá de Chile, se prevé un incremento en las temperaturas que variará entre los 4 y 6 °C, con un forzamiento radiativo de 8,5 W m⁻². En otro estudio realizado por Urrutia y Vuille (2009), la simulación determinó un aumento de 3 °C para la zona del Altiplano en un escenario SRES A2 (altas emisiones de carbono) versus un escenario B2 (bajas emisiones de carbono). Bradley *et al.*, (2006) encontraron también que las medias de las temperaturas en la zona de los Andes, sobre los 3.500 msnm, serían mayores que las temperaturas medias a baja altura. Otros autores como Thibeault *et al.*, (2010) observaron que las tendencias históricas hacia un alza en las temperaturas eran pocas si se comparaba 1981-2000 con 1960-1980. Sin embargo, si esta información se proyecta hacia el intervalo 2046-2065, el incremento de las temperaturas mínimas y máximas sería de 2,1 y 4,0 °C y hacia el intervalo 2081-2100 de 3,0 y 5,1 respectivamente. Según otros modelos de circulación global, la temperatura probablemente suba entre 1,3 a 1,6 °C para el año 2030 y entre 4,8 y 6,0 °C para el año 2100 (Garreaud *et al.*, 2009).

Modelamiento del cultivo de la quinoa

Últimamente se han utilizado diversos modelos para conocer los rendimientos potenciales de la quinoa bajo diversos manejos de riego y escenarios climáticos. Los modelos pueden ser herramientas muy útiles en la gestión del agua para la agricultura. No sólo ayudan en la programación del riego y en la estimación de la demanda de agua por el cultivo, sino que también pueden ser utilizados para predecir los rendimientos y la salinización de los suelos (Ragab *et al.*, 2005). El modelo SALTMED, por ejemplo, ha sido utilizado con éxito para simular la reducción del rendimiento de semillas y de materia seca en quinoa, por la salinidad del agua de riego (Razzaghi *et al.*, 2011). En otra investigación, este modelo ha sido capaz de predecir la humedad del suelo, rendimiento total y materia seca para tres temporadas bajo diferentes estrategias de riego usando agua residual (Hirich *et al.*, 2012).

Otro modelo que ha sido validado con relativo éxito para la quinoa es AquaCrop, que ha podido determinar el mejor manejo de riego deficitario para este cultivo en el Altiplano boliviano y cómo la disponibilidad de agua afecta al cultivo de quinoa (Geerts, S., 2010).

El modelo SIMPROC es otro acercamiento para modelar el cultivo de la quinoa. En particular tiene como base tres parámetros fundamentales: el índice de área foliar en conjunto con la intercepción de la radiación solar incidente, el cumplimiento de los requerimientos hídricos del cultivo y la temperatura (Santibáñez, 2001).

Quinoa y cambio climático

La quinoa posee una gran plasticidad y muchos la han nominado como un buen modelo para investigar los mecanismos que las plantas adoptan para enfrentar condiciones adversas, como la salinidad y sequía extrema (Ruiz *et al.*, 2014). En este contexto, se puede mencionar la plasticidad fenotípica radicular de la quinoa, que le confiere una particular modificación anatómica que le permite una mayor capacidad de transporte para explorar las capas secas del suelo. Es así como la quinoa no se ve afectada en su relación raíz/brote y en la longitud de raíz cuando existe un déficit de agua. También debido a su arquitectura radicular en forma de “espina de pescado” reduce la competencia entre raíces de la misma planta, y

entre las raíces de plantas vecinas. La quinoa además presenta un sistema radicular con un eje principal robusto que le permite explorar capas profundas más rápidamente y más eficiente, fundamental para el éxito de esta planta en los primeros estadios (Bazile, 2013).

Hay un escaso conocimiento de la respuesta que tendrá el cultivo de la quinoa frente a un cambio climático futuro. En este contexto, se ha simulado el rendimiento de la quinoa, y se ha encontrado un efecto positivo cuando la tendencia es hacia un clima más cálido, facilitando la asimilación de carbono y la reducción de la ocurrencia de heladas. Pero también se observa una disminución en la disponibilidad de agua, lo que provocará una merma del rendimiento, llegando en promedio a la mitad del potencial productivo del cultivo (Rambal *et al.*, 2015).

Conclusiones

Si bien es cierto que la magnitud y trayectoria de los impactos del cambio climático son inciertas, se puede tener un acercamiento a lo que podría suceder dentro de 50 a 100 años mediante la aplicación de los MCG. Estos tienen robustez a escala global, pero cuando se requiere modelar a escala regional se necesita aumentar la resolución de la grilla, anidando el MCG con un MCR. Su principal limitante es la alta demanda en capacidad computacional, pero pueden resolver problemas a escala menor, como geografías irregulares.

El cambio climático en Sudamérica, principalmente, afectaría a la cuenca del Amazonas. En el Altiplano se prevé una variación en la estacionalidad de las precipitaciones que puede afectar al cultivo de la quinoa, por lo que se requerirá buscar variedades o ecotipos de ciclo corto y promover la adopción de tecnologías de riego más eficientes para paliar los efectos de la escasez hídrica en la época de siembra.

La información es escasa en lo que respecta a los efectos que provocaría un cambio climático en el norte de Chile y en especial en el Altiplano chileno y sur boliviano, y cómo afectaría a los cultivos de esta zona agroproductiva. Por ello es imperioso contar con una red de estaciones meteorológicas más robusta para la zona y realizar nuevas investigaciones debido a la importancia geopolítica y la riqueza en biodiversidad que poseen estos territorios.

Literatura citada

- Bradley, R.S.; Vuille, M.; Díaz, H.F.; Vergara, W.
2006. Threats to water supplies in the tropical Andes. *Science*, (80-.). 312: 1755–1756.
- Bazile, D.
2013. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO- CIRAD. Santiago, Chile- Montpellier, Francia. 724 p.
- Garreaud, R.D.; Vuille, M.; Compagnucci, R.; Marengo, J.
2009. Present-day south american climate. *Palaeogeogr Palaeoclim. Palaeoecol*, 281: 180–195.
- Geerts, S.; Raes, D.; García, G.
2010. Using aquacrop to derive deficit irrigation schedules. *Agric. Water Manag.*, 98: 213–216.
- Giorgi, F.; Mearns, L.O.
1999. Introduction to special section: Regional climate modeling revisited. *J. Geophys. Res.*, 104: 6335–6352.
- Hannah, L.; Roehrdanz, P.R.; Ikegami, M.; Shepard, A. V.; Shaw, M.R.; Tabor, G.; Zhi, L.; Marquet, P.A.; Hijmans, R.J.
2013. Climate change, wine, and conservation. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110: 6907–6912.
- Hirich, A.; Choukr-Allah, R.; Ragab, R.; Jacobsen, S.-E.S.-E.; El Youssfi, L.; El omari, H.
2012. The SALTMED model calibration and validation using field data from Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.*, 3: 342–359.
- IPCC.
2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on. Cambridge Univ. Press. 1132 p.
- IPCC.
2000. Informe especial del IPCC - escenarios de emisiones. Grup. Intergub. Expert. sobre el Cambio Climático 27p. <https://doi.org/10.1017/9780521542011>
- Jones, P.G.; Thornton, P.K.
2003. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Glob. Environ. Chang.*, 13: 51–59.
- Klein, W.H.; Glahn, H.R.
1974. Forecasting local weather by means of model output statistics. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 55: 1217–1227.
- Marengo, J.A.; Chou, S.C.; Kay, G.; Alves, L.M.; Pesquero, J.F.; Soares, W.R.; Santos, D.C.; Lyra, A.A.; Sueiro, G.; Betts, R.; Chagas, D.J.; Gomes, J.L.; Bustamante, J.F.; Tavares, P.
2012. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTC/HadCM3 climate change projections: Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Clim. Dyn.*, 38: 1829–1848.
- McGregor, J.J.
1997. Regional climate modelling. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 63: 105–117.
- Nakicenovic, N., Stewart, R.,
2000. Emissions Scenarios, Cambridge University Press. The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge CB2 2RU, ENGLAND. <https://doi.org/10.1017/9780521542011>
- Ragab, R.; Malash, N.; Abdel Gawad, G.; Arslan, A.; Ghaibeh, A.
2005. A holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management: I. The SALTMED model and its calibration using field data from Egypt and Syria. *Agric. Water Manag.*, 78: 67–88.
- Rambal, S.; Ratte, J.P.; Mouillot, F.; Winkel, T.
2015. Trends in Quinoa Yield over the Southern Bolivian Altiplano: Lessons from Climate and Land-Use Projections. *Quinoa Improv. Sustain. Prod.*, 47–62.
- Razzaghi, F.; Plauborg, F.; Ahmadi, S.H.; Andersen, M.N.; Ragab, R.
2011. Simulation of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Response To Soil Salinity Using the Saltmed Model. *Vadose Zo.*, J. 25–32.
- Ruiz, K.B.; Biondi, S.; Oses, R.; Acuña-Rodríguez, I.S.; Antognoni, F.; Martínez-Mosqueira, E.A.; Coulibaly, A.; Canahua-Murillo, A.; Pinto, M.; Zurita-Silva, A.; Bazile, D.; Jacobsen, S.E.; Molina-Montenegro, M.A.
2014. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 34: 349–359.
- Santibáñez, F.,
2001. El Modelado del Crecimiento, Desarrollo y Producción de Maíz, sobre bases Ecofisiológicas, mediante el modelo SIMPROC. *Rev. Agrometeorol. Argentina*, 1:7–16.
- Sarricolea, P.; Aravena, H.
2015. Variabilidad y cambios climáticos observados y esperados en el Altiplano del norte de Chile. *Rev. Geogr. Norte Gd.*, 62: 169–183.
- Schramm, P.J.; Uejio, C.K.; Hess, J.J.; Marinucci, G.D.; Luber, G.
2014. Climate Models and the Use of Climate Projections: A Brief Overview for Health Departments. Atlanta, USA. 1-6pp.
- Seth, A.; Rojas, M.; Rauscher, S.A.
2010. CMIP3 projected changes in the annual cycle of the South American Monsoon. *Clim. Change*, 98: 331–357.
- Thibeault, J.M.; Seth, A., García, M.
2010. Changing climate in the Bolivian Altiplano: CMIP3 projections for temperature and precipitation extremes. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 115: 1–18.
- Urrutia, R.; Vuille, M.
2009. Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 114: 1–15.
- Wilby, R.L.; Dawson, C.W.; Barrow, E.M.; Wilby, R.L., Dawson, C.W.; Barrow, E.M.
2002. SDSM - a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environ. Model. Softw.*, 17: 147–159.

ANEXO FOTOGRAFÍAS



Preparación y habilitación suelo con riego localizado



Semilla Quinua Pandela



Emergencia de plántulas de Quinua



Cultivo Secano Quinua



Cultivo Riego Suplementario Quinoa



Planta de Quinoa con Riego Suplementario



Equipamiento para Medición Humedad del Suelo



Instalación Sensores de Humedad Volumétrica



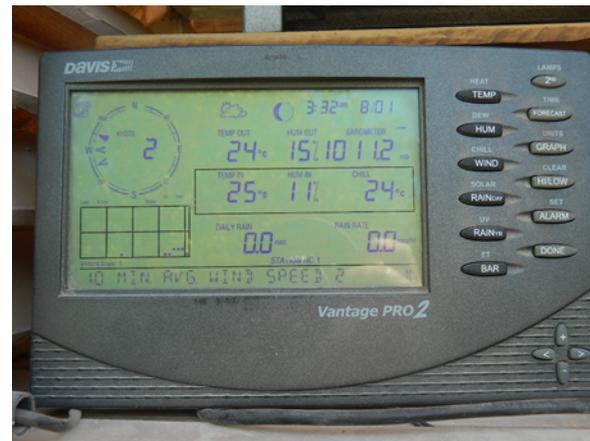
Data Logger y Sensores de Humedad del Suelo



Válvula Volumétrica – Contabilidad del Agua



Sensores NDVI



Estaciones Climáticas



Vista General Cultivo de Quinoa



Quinoa para Cosecha



Trilla Quinoa

ANEXO BOLETÍN

17. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Allen R., Pereira L., Raes D. and Smith, M. 2006. Evapotranspiración del Cultivo – Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Riego y Drenaje - FAO 56. 323p.

Choquecallata, J., Vacher, J., Fellmann T. and Imaña, E. 1991. "Evapotranspiración máxima del cultivo de la quinua por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el Altiplano boliviano". Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. Pág. 66

Delatorre J., Sánchez M., Delfino I. y Oliva M.I. 2013. La Quinua (*Chenopodium quinua* Willd), un tesoro andino para el mundo. IDESIA, v31(2):111-114

García M., Miranda R. y Fajardo H. 2015. Manual de manejo de la fertilidad de suelo bajo riego deficitario controlado para el cultivo de la Quinua en el altiplano Boliviano. CAZALAC. 108 p. www.cazalac.org

Matus I., Ruf K., Pinto M. 2015. Avances en el manejo agronómico de la Quinua en Chile. Tierra Adentro Edición Especial. Quinua un super alimento para Chile y el mundo- Número 108:48-51

Muñoz R y Acevedo E. 2002. Evaluación del rendimiento potencial y bajo estrés hídrico de 11 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Laboratorio de Relación Suelo-Agua- Planta. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 46p

Olave, J. 2015. Informe Técnico N° 3. Programa Alianzas Productivas. Convenio INDAP/ARAMARK. 96p

Osorio, A y Burgos, M. 2012. Riego en Mandarinos y Paltos. Boletín INIA N° 240. 100p.

Studeto P., Hsiao Th., Fereres E. y Raes D. 2012. Respuesta de los rendimientos de los cultivos al agua. Estudio FAO: Riego y Drenaje 66. 530p.

Taboada C., Mamani A., Raes D., Mathijs E., García M., Geerts S. and Gilles J. 2011. Farmers' willingness to adopt irrigation for quinoa in communities of the Central Altiplano of Bolivia. Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico. N°16:7-28

<http://laquinua.blogspot.cl/2010/10/normas-tecnicas-andinas-para-quinua.html>