INFORME TECNICO FINAL

Cláusula de confidencialidad	NO
Nombre del proyecto	Amaranto: Una alternativa productiva, nutritiva y resiliente al cambio climático para la pequeña agricultura de la zona central de Chile
Código del proyecto	PYT-2018-0026
Nombre coordinador	Cecilia Baginsky Guerrero
Firma coordinador	

INSTRUCCIONES PARA COMPLETAR Y PRESENTAR EL INFORME

I. Todas las secciones del informe deben ser contestadas, utilizando caracteres tipo Arial, tamaño 11.

II. Para completar el informe se debe tener en consideración el Manual de apoyo a Ejecutores para elaborar Informes Técnicos Finales.

III. Sobre la presentación a FIA del informe

- La presentación de los informes técnicos se realizará mediante la entrega de 2 copias digitales idénticas y sus anexos, en la siguiente forma:

  a) Un documento “Informe Técnico Final”, en formato word.
  b) Un documento “Informe Técnico Final”, en formato pdf.
  c) Los anexos identificando el número y nombre, en formato que corresponda.

- La entrega de los documentos antes mencionados debe hacerse mediante correo electrónico dirigido la Oficina de Partes de FIA (oficina.partes@fia.cl). La fecha válida de ingreso corresponderá al día, mes y año en que es recepcionado el correo electrónico en Oficina de partes de FIA. Es responsabilidad del Ejecutor asegurarse que FIA haya recepcionado oportunamente los informes presentados.

- Para facilitar los procesos administrativos, se debe indicar en el "Asunto” del correo de envío: **"Informe Técnico Final PYT-XXXX-YYYY".**

- La fecha de presentación debe ser la establecida en la sección detalle administrativo del Plan Operativo del proyecto o en el contrato de ejecución respectivo.

- 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.

CONTENIDO DEL INFORME TÉCNICO FINAL

1. ANTECEDENTES GENERALES 4
2. RESUMEN EJECUTIVO 5
3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO 7
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE) DEL PROYECTO 7
5. RESULTADOS ESPERADOS (RE) DEL PROYECTO 8
6. RESUMEN CUMPLIMIENTO RESULTADOS ESPERADOS 46
7. ANÁLISIS DE BRECHA 49
8. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO 51
9. ACTIVIDADES REALIZADAS Y NO REALIZADAS DEL PROYECTO 54
10. POTENCIAL IMPACTO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS 58
11. CAMBIOS EN EL ENTORNO 59
12. PRODUCTORES PARTICIPANTES DURANTE LA EJECUCIÓN 60
13. DIFUSIÓN 62
14. CONCLUSIONES 65
15. RECOMENDACIONES 67
16. MENCIONE OTROS ASPECTOS QUE CONSIDERE RELEVANTE INFORMAR, SI LOS HUBIERE. 68
17. ANEXOS 68
18. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA 69

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre ejecutor:	Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas
Nombre(s) asociado(s):	Adela Flores Agrícola San Miguel SpA. Diego Pizarro Nitay Fuerza Nativa Eirl INIA – QUILAMAPU Sor Rubin Ruz Lucero IANSA Alimentos S.A
Fecha de inicio proyecto:	01-06-2018
Fecha término proyecto:	30-11-2022
Duración total (meses):	54 meses
Versión del Plan Operativo Vigente:	
Tipo de proyecto	Bien de Interés Publico

2. RESUMEN EJECUTIVO

2.1 RESUMEN DEL PERÍODO NO INFORMADO

Calidad nutricional de los granos en función del régimen hídrico
Se evaluó la calidad nutritiva (proteína y fibra) y funcional (escualeno (Esc.), cap. Antioxidante (CapAox) y fenoles totales (FT)) en muestras de granos enteros y reventados de las var. CB01 y Amaranteca procedentes de Alhué, Longotoma y Pichidegua, sometidas a trat. de estrés hídrico (reposición del 100, 50 y 0% de la ETc del cultivo (0%; 50% y 100% ETc)) durante las temporadas 2021 y 2022.
Los resultados indican que el % de proteína fluctuó entre 13,7 y 16,9% (valor promedio 15%); no existiendo efecto del estrés hídrico sobre este %; valor que se mantuvo al reventar los granos (15,9%). Respecto del contenido de fibra, tampoco hubo efecto del estrés hídrico obteniéndose un promedio de 3,1%; sin embargo, el grano reventado, aumentó su valor a 4,5%. Para la calidad funcional se observó que los FT aumentaron con el estrés, pasando de 4.219 a 3.946 mg ac. gálico/kg para 0% y 100% ETc, respectivamente. En los granos reventados este valor disminuyó a 1,952 mg ac. gálico/kg. La cap.Aox, presentó el mayor valor a 0% ETc (206 versus los 153 umET/100g a 100% ETc). En el grano reventado el valor disminuyó a 122 umET/100g. El contenido de Esc. disminuyó con el estrés hídrico pasando de 150 mg/kg en 100% ETc a 125 mg/kg en 0% ETc, valor que se redujo cuando el grano fue reventado (75 mg/kg) (Anexo 1)
Inclusión de granos de amaranto en diferentes formatos de alimentos
Con el objetivo de determinar si la inclusión de los granos amaranto mejora las propiedades nutricionales de alimentos hechos en bases a cereales, se proporcionó granos provenientes de los ensayos de estrés hídrico a las empresas IANSA y Nitay (empresas asociadas al proyecto) para la elaboración de un extruido (IANSA) y una barra energética (Nitay). Los resultados indicaron que para las barras no se presentaron diferencias nutricionales entre el producto elaborado con amaranto y sin amaranto (9,2% de proteína y 0,52% de fibra), tampoco hubo diferencias en los fenoles (5,196 mg EAG/kg) pero en cap. Aox, la barra con amaranto presentó un valor superior en un 24%. Respecto del extruido de IANSA, no hubo variación en la proteína (17,7%) ni fibra (1,1%), pero el extruido con amaranto aumentó en un 46% los FT (de 4.468 sin amaranto a 8.206 mg EAG/kg con amaranto) y en 59% la cap.Aox (de 604 a 1.483 µm ET/100g) (Anexos 7 y 8)
Seminario de cierre del proyecto. En octubre se realizó el seminario final donde se presentaron los principales resultados del proyecto. Asistió un total de 38 personas y la actividad contempló una demostración de reventado de granos de amaranto (Anexo 16).
Manual de amaranto. Se confeccionó un manual que abarca el manejo del cultivo y con ello todos los resultados de este proyecto (Anexo 15).
Paper de amaranto zonificación. Los resultados obtenidos de la zonificación del cultivo en Chile han sido incorporados en un escrito científico. Se espera que este artículo sea aceptado en la revista Spanish Journal of Agricultural Research. (Anexo 17)

2.2 RESUMEN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto fue seleccionar variedades de amaranto, resilientes al estrés hídrico, en función de una alta eficiencia en el uso del agua (EUA) para rendimiento, calidad nutricional y funcional de los granos en la zona Central de Chile. Para lograr este objetivo primeramente se determinó la fecha de siembra (FS) óptima para las zonas de estudio (R. Valparaíso hasta el Maule (Longotoma, Alhué, Pichidegua y Colbún)). Los resultados indicaron que para Longotoma el cultivo se puede establecer entre oct. y dic. con una EUA que no cambia con la fecha de siembra (EUA 0,59 kg m^{-3}). En Alhué la FS óptima es en dic. pero la mayor EUA es en nov. (1,18 kg m^{-3}), lo mismo pasa en Colbún donde la fecha de siembra óptima es en nov. pero la mayor EUA se obtiene en dic. (1,1 kg m^{-3}). Para ambas localidades se recomienda sembrar en función de la EUA. Las variedades mejor adaptadas a las localidades fueron Amaranteca y CB-01. Para los estudios de evaluación de tolerancia del amaranto al déficit hídrico, se contemplaron 2 niveles de sequía (50 y 0% de reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc)) impuestos a las plantas desde el inicio de floración. Los resultados mostraron que el rend. promedio de las plantas fie 2.288 kg ha^{-1}; 1.674 kg ha^{-1} y 1.234 kg ha^{-1} para los tratamientos 100%, 50% y 0% de reposición de la ETc, respectivamente. La EUA para producción de grano en promedio para las tres localidades fue de 1,31; 1,73 y 2,42 Kg m^{-3} medidas de menor a mayor restricción hídrica. En Alhué el efecto del estrés fue más severo (rend. de 793 kg ha^{-1} para el tratamiento de mayor estrés) lo que generó una menor EUA, asociándose a problemas de manejo del suelo que provocaron pérdidas de agua más que a la EUA de las plantas. La calidad nutricional de los granos no se vio afectada por el estrés hídrico (promedio 15% de proteína y entre 3,2% de fibra), no así la calidad funcional (CF) (capacidad antioxidante y fenoles totales) la que aumentó con el estrés, siendo CB-01 la variedad que presentó los mayores valores bajo estas condiciones. La utilización de granos provenientes de plantas con estrés no provoca cambios en la calidad física del reventado, pero si modifica su volumen lo que en parte compensa las pérdidas de rendimiento por el estrés hídrico. La calidad nutricional no se modifica con el reventado, del grano, pero si la CF la cual disminuye. La inclusión de amaranto en un cereal extruido aumentó en un 46% los fenoles totales y un 59% la capacidad antioxidante, mientras que en el caso de la barra energética se observó un 24% más de capacidad antioxidante.
El mapa de zonificación del cultivo de amaranto en Chile, generado por el proyecto, permitirá determinar nuevas áreas potenciales para el cultivo.
Se cuenta con un manual técnico del amaranto donde convergen experiencias e información científica y técnica generadas en el marco del proyecto.
A través talleres y días de campo se capacitaron en el manejo del amaranto a aprox. 167 productores/as.

3. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Seleccionar variedades de amaranto, resilientes al estrés hídrico, en función de una alta EUA para rendimiento, calidad nutricional y funcional de los granos en la zona Central de Chile.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE) DEL PROYECTO

N° OE	Objetivos específicos (OE)
1	Determinar el efecto de la fecha de siembra sobre la producción y calidad de granos de cinco variedades de amaranto entre la V y VII Región.
2	Determinar el efecto de la disponibilidad de agua en la EUA para rendimiento de grano y su calidad nutritiva y funcional de las dos mejores variedades seleccionadas para la zona Central de Chile.
3	Determinar si la inclusión de los granos de estas variedades mejora las propiedades nutricionales de alimentos hechos en bases a cereales y/o leguminosas.
4	Generar una zonificación de potencialidad territorial en la producción de amaranto en función de lograr la mayor eficiencia en el uso del agua.
5	Transferir los resultados de una manera participativa y de retroalimentación en torno al manejo del cultivo, en función a la EUA, entre productores y equipo técnico del proyecto.

5. RESULTADOS ESPERADOS (RE) DEL PROYECTO

*Repetir el cuadro tantas veces como Resultados Esperados (RE) tenga el proyecto.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
1	1-Tres agricultores asociados al proyecto con sistema de riego tecnificado establecido	Riego por cinta instalado y funcionando	sin	con	08/2018	con	08/2018	100%	100%
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
Se realizó el diseño e instalación de los sistemas de riego en cada localidad involucrada en el proyecto. Estas localidades fueron Longotoma, Alhué y Colbún para los ensayos de fecha de siembra en tanto que para los ensayos de restricción hídrica y eficiencia en el uso del agua además de las localidades antes indicadas se sumó Pichidegua en el último año dado que en Longotoma, debido a la escasez hídrica, no se pudo sembrar en el último año. Todos los sistemas de riego utilizaron riego por goteo y automatizados con un programador que controlaba el inicio y cierre de los riegos. Los tiempos de riego se fueron ajustando periódicamente, según cambiaban las condiciones climáticas y el crecimiento del cultivo durante el periodo de los ensayos									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 2. Agricultores con sistema de riego tecnificado establecido									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
1	2-Selección de la mejor fecha de siembra para cada localidad	Rendimiento (kg ha^{-1})	1.000 kg ha^{-1}	1.500 kg ha^{-1}	05/2020	>2.000 kg ha^{-1}	06/2020	100%	100%

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

Durante los dos primeros años de proyecto se llevaron a cabo ensayos de fechas de siembra en las localidades de Longotoma, Alhué y Colbún, en campos de productores asociados. Durante el primer año las fechas fluctuaron entre 12 de octubre del 2018 hasta el 24 de enero 2019, según localidad siendo las siembras más tempranas en Longotoma y las más tardías en Colbún. Durante la segunda temporada las fechas de siembra se adelantaron respecto de la temporada pasada, iniciándose en Longotoma el 30 de septiembre del 2019 hasta el 9 de enero del 2020, que correspondió a la última fecha de siembra hecha en Colbún. Por tanto, en cada sitio y temporada se realizaron cinco fechas de siembra, donde se evaluaron cuatro genotipos, tres de ellos procedentes de México (Benito, Amaranteca y Revancha) y uno generado en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la U. de Chile (CB-01). Para cada fecha de siembra se contó con el rendimiento obtenido, el cual fue explicado por su acumulación de biomasa, números de granos por m^2 y peso de 1.000 granos, siendo estos dos últimos los componentes principales que definen el rendimiento.

Con los datos de rendimiento obtenido y el análisis de regresión lineal se pudo constatar que en **Longotoma** no existe una fecha de siembra óptima que se pudiera recomendar puesto que el rendimiento se mantiene constante con un valor máximo de **2.152 kg ha^{-1}** entre el 30 de septiembre y el 26 de diciembre independiente de la fecha de siembra dentro de este rango. Una posible explicación de esta situación puede estar asociada a las características climáticas de la zona donde las temperaturas mínimas y máximas no son extremas y

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

no existiendo heladas de importancia en la zona debido a la influencia marina existente para esta localidad (datos presentación en el Anexo 1).

Para el caso de **Alhué** el análisis de la regresión indicó que siembras tardías posteriores al 20 de noviembre serían más favorables para obtener un mayor rendimiento de amaranto en esta localidad, siendo la fecha de siembra óptima la primera quincena de enero con un rendimiento promedio de **3.278 kg ha^{-1}** en esa fecha. Además, se pudo constatar que en esa localidad es factible lograr un aumento constante del rendimiento del orden de 23,8 kg ha^{-1} por cada día de avance entre el 21 de noviembre hasta el 16 de enero.

Respecto de los resultados del análisis de regresión obtenido en **Colbún** se observa una pérdida de rendimiento a medida que la siembra se hace más tardías. Es por ello que en esta localidad la fecha de siembra óptima se logra en el mes de noviembre, obteniéndose en esa fache un rendimiento promedio de **3.105 kg ha^{-1}**. Cabe destacar que en esa zona, se puede tener una reducción del rendimiento de 20,1 kg ha^{-1} por cada día de retraso entre el 29 de octubre y el 9 de enero.

Los resultados obtenidos dan cuenta de los altos rendimientos posibles a obtener cuando las siembras se llevan a cabo en las fechas correctas. Así el rendimiento fluctuó entre 2.152 y 3.728 kg ha^{-1}, valores bastante altos y que están sobre el promedio de rendimiento obtenido en México (Ayala, 2012). Cade destacar que los altos rendimientos obtenidos en Alhué y Colbún en las fechas de siembra óptimas están relacionados con la mayor acumulación de biomasa obtenida en las plantas en esas zonas, parámetro que está directamente relacionado con el rendimiento. Para ambas localidades en la fecha de siembra óptima, se logra también el mayor número de granos por m^2, el cual está también correlacionado positivamente con rendimiento (Aparcio *et al*. 2000) y datos mostrados en el Anexo 2). Finalmente, las siembras hechas en épocas correctas permiten logran mayores índices de cosecha lo que indica que hay un mayor reparto de asimilados hacia los granos, es decir los recursos por parte de la planta son mejor aprovechados.

Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.

Anexo 3. Selección de la mejor fecha de siembra para cada localidad

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
1	3-Valor de la EUA para producción de grano por variedad y fecha de siembra en cada localidad	g de granos L^{-1} de agua	3 g L^{-1}	>5 g L^{-1}	05/2020	1,2 g L^{-1}	06/2020	100%	100%

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

Este estudio se llevó a cabo durante la temporada 2028/2029 en las localidades de Longotoma, Alhué y Colbún, evaluándose los genotipos Amaranteca, Benito y CB-01 de la especie de *Amaranthus cruentus* y para el genotipo Revancha de la especie de *Amaranthus hypochondriacus*. Inicialmente se tenía contemplada la evaluación durante dos temporadas (2018/2029 y 2019/2020), sin embargo debido a problemas por el estallido social y la pandemia para el segundo año no fue factible determinar los valores de EUA en las diferentes fechas de siembra debido a que no se pudo medir y calcular el consumo de agua en las temporadas (los agricultores asociados apoyaron con las cosechas, pero con la medición de los caudalímetros no fue factible), por ello solo se informa los resultados obtenidos del primer año, los cuales igualmente permiten contar con conclusiones validas.
Las fechas de siembra evaluadas fluctuaron entre el 12 de octubre del 2018 hasta el 24 de enero 2019, según localidad siendo las siembras más tempranas en Longotoma y las más tardías en Colbún. Para cada sitio y temporada se realizaron cinco fechas de siembra, donde se evaluaron los cuatro genotipos señalados anteriormente.

Los resultados indican que no hubo efecto de los genotipos sobre la EUA; por tanto, independiente de la fecha de siembra, los genotipos respondieron de manera similar con un valor promedio de EUA de **0,71 kg m^{-3}** y valores individuales de 0,76 kg m^{-3} en Amaranteca, 0,68 kg m^{-3} en Benito, 0,71 kg m^{-3} en CB-01 y 0,72 kg m^{-3} en Revancha.
El valor promedio de EUA según localidad fue de **0,59 kg m^{-3}, 0,66 kg m^{-3}** y **0,98 kg m^{-3}** en Longotoma, Alhué y Colbún, respectivamente.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
En **Longotoma**, la EUA no varió con la fecha de siembra manteniéndose valores **de 0,59 kg m^{-3}** similares a los encontrados en la literatura (Johnson y Henderson, 2002). En **Alhué**, la mayor EUA se obtuvo en la primera fecha de siembra hecha a finales de octubre, con valores de **1,18 kg m^{-3}**; sin embargo, los mejores rendimientos se obtuvieron en la primera quincena de enero. Esto indicaría que el aumento de rendimiento producto de siembras más tardías no compensa la cantidad de agua aplicada. En este sentido, el rendimiento obtenido en Alhué a fines de octubre fue de 1.711 kg ha^{-1} con una EUA de 1,18 kg m^{-3}; en tanto a mediados de enero este rendimiento subió a 2.553 kg ha^{-1} con una EUA de 0,45 kg m^{-3}, es decir se estaría perdiendo un 32% del rendimiento (842 Kg kg ha^{-1}) pero ahorrándose un 65% del agua. En este caso sería recomendable optar por siembras tempranas que permitan optar por menor consumo de agua, aunque los rendimientos sean menores. En **Colbún**, la mayor EUA se obtuvo en las siembras realizadas en diciembre con un valor de **1,1 kg m^{-3}**; sin embargo, en esta localidad si bien no hay diferencias significativas en rendimiento, se observa una tendencia a un mejor rendimiento en noviembre. Esto estaría indicando que al igual que Alhué, el aumento de rendimiento producto de siembras más tempranas no compensan la cantidad de agua aplicada. Así, el rendimiento obtenido en Colbún en noviembre es de 1,978 kg ha^{-1} con una EUA de 0,72 kg m^{-3}; en tanto que en diciembre, el rendimiento fue de e 2,114 kg ha^{-1} con una EUA de 1,1 kg m^{-3}, es decir se estaría perdiendo un 5% del rendimiento (136 Kg kg ha^{-1}) pero ahorrándose un 34% del agua. En este caso sería recomendable optar por siembras hechas en noviembre pues las pérdidas de rendimientos son muy bajas y hay un ahorro en el consumo de agua.								
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 4. EUA por fecha de siembra informe final									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
1	4- Las dos mejores variedades seleccionadas por rendimiento de grano en la zona central de Chile	g de granos L^{-1} de agua	3 g L^{-1}	>5 g L^{-1}	05/2020	>1,2 g L^{-1}	06/2020	100%	100%

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

Basándose en el estudio llevado a cabo durante las temporadas 2018/2019 y 2019/2020 y desarrollado en el ítem Objetivo 1 Resultado 2 de este informe (Anexo 3. Selección de la mejor fecha de siembra para cada localidad informe final), se pudo constatar que no hubo efecto de la fecha de siembra sobre el comportamiento de los genotipos; por tanto, independiente del genotipo estos respondieron de manera similar en cada fecha.

En general los genotipos presentaron un comportamiento similar en cada localidad, sin embargo, **Amaranteca y CB-01** sobresalieron por su mejor rendimiento en los diferentes ambientes con valores promedios de **2.573 y 2.542 kg ha^{-1}**, en comparación con los rendimientos de Benito y Revancha, cuyos valores fueron de 2.343 y 2.208 kg ha^{-1}. Si bien estos valores no son distintos estadísticamente, existen otros factores que permitieron su selección. Entre ellos se destacan sus características morfológicas que resaltan en comparación con los genotipos Benito y Revancha. Estas características están asociadas a la altura de las plantas, las cuales se mantuvieron estables en los diferentes ambientes con un valor promedio que no sobrepasó los 1,5 m para ambos genotipos. Este factor es relevante ya que esta menor altura se asocia a un menor riesgo de tendedura las cuales pueden generar pérdidas de rendimiento del orden de 30% (Chaudhari *et al.,* 2009). Otro parámetro de importancia es el IC, cual mide la proporción de biomasa que se destina a la producción de granos; en

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
este caso, los genotipos Amaranteca y CB-01 tendieron a presentar un mayor valor de **IC (0,25)** respecto del obtenido por Revancha y Benito cuto valor fie de 0.21. Por tales motivos estos dos genotipos fueron los elegidos para continuar con el estudio de Eficiencia en el Uso del Agua.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 3. Selección de la mejor fecha de siembra para cada localidad informe.									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
2	1-Mayor EUA para producción de granos obtenida	g de granos L^{-1} de agua o Kg m^{-3}	No disponible	A determinar	Mayo 2022	4,84 Kg de granos por m^{-3} de agua	Mayo 2022	100	100
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
Los estudios de EUA se realizaron durante la temporada 2020/2021 en las localidades de Longotoma y Alhué y en la temporada 2021/2022 en las localidades de Pichidegua y Alhué. Los tratamientos de riego consistieron en tres regímenes hídricos que fueron de 100%, 50% y									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

0% de agua, basados en la reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc). Estos tratamientos se iniciaron a partir de la emisión de panoja, la cual corresponde al inicio de la etapa crítica para la determinación del rendimiento del cultivo (Johnson y Henderson, 2002).

Los resultados indicaron que solo en Alhué, durante la temporada 2020/2021, el tratamiento de mayor estrés (se dejó de regar desde inicio de la etapa reproductiva) generó un impacto relevante en los rendimientos con igual magnitud para ambos genotipos con un valor promedio de 370 kg ha^{-1}. Una posible explicación a este resultado puede estar asociada a las características particulares del suelo en Alhué, el cual está dominado por arenas, por lo que los flujos de agua son más rápidos y la capacidad de almacenamiento es menor. Si a esto se le suma que durante esa temporada, el suelo no pudo ser preparado de buena forma por temas asociados al Covid (no se contó con maquinaria arrendada para la preparación), por lo que el cultivo se inició con un suelo compactado más menos a partir de los 10-15 cm de profundidad, lo que generó que el agua de riego no infiltrara, teniendo menos capacidad de almacenar la escasa agua que se le suministro previo al inicio de los tratamientos (953 m^3 ha^{-1}), por tanto inició la etapa reproductiva con muy bajo nivel de agua. Longotoma y en Pichidegua, en cambio, presentan suelos algo más arcillosos y profundos por lo que tienen una mayor capacidad de almacenar agua la cual se mantiene por más tiempo y además el suelo fue preparado con la maquinaria adecuada.

Al observar el rendimiento promedio de las plantas para los cuatro ambientes evaluados: **Longotoma, Alhué** (dos temporadas) y **Pichidegua**, se observó que el rendimiento promedio fue de **2.288 kg ha^{-1}; 1.674 kg ha^{-1} y 1.234 kg ha^{-1}** para los tratamientos 100%, 50% y 0% de reposición de la ETc, respectivamente. Esto estaría indicando que las plantas reducen su rendimiento en tan solo un 27% cuando se les aplica solo la mitad del agua requerida para reponer la evapotranspiración, en tanto que cuando se deja de regar, a partir del inicio de la etapa reproductiva, la disminución del rendimiento es de 46%, es decir deja de producir en promedio 1.054 kg ha^{-1}. Si solo se analizan aquellas localidades que lograron los más altos rendimientos promedio en todos los niveles de riego (Longotoma y Pichidegua), se pudo observar que cuando se suspendió el riego a inicios de la emisión de panoja, las plantas vieron afectado su rendimiento en tan solo un 14% respecto del tratamiento que se siguió regando y respondiendo el 100% de la ETc, observándose pérdidas de tan solo 387 kg ha^{-1}. Por el contrario, al evaluar lo ocurrido en **Alhué** bajo un mismo suelo, pero en las dos temporadas, el rendimiento de las plantas fue de **2.363 kg ha^{-1}; 1.736 kg ha^{-1} y 793 kg ha^{-1}** para los tratamientos 100%, 50% y 0% de reposición de la ETc, respectivamente. En este caso, cuando las plantas se dejaron de regar al inicio de la emisión de panoja. el rendimiento se redujo en un 66% lo que significó una pérdida de 1.570 kg ha^{-1}. Respecto de este último resultado, se puede indicar que, si bien existe una alta pérdida de rendimiento cuando el cultivo se somete a un estrés hídrico severo, tal como se propuso en este estudio, las plantas de amaranto mostraron un alto

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

nivel de tolerancia ya que bajo esa condición de estrés tan extremo lograron producir 793 kg ha^{-1}, lo cual no es menor pensando que el rendimiento promedio logrado en otras partes del mundo fluctúa entre 1.000-1300 kg ha^{-1}. (Ayala *et al*., 2012).

Desde el punto de vista agronómico, este aspecto es de gran relevancia ya que puede estar asociado a una situación real, en la cual a partir de inicios del verano los agricultores pueden contar con menos agua de riego e incluso no tener más agua para regar. Esto significa pérdidas importantes de rendimiento e incluso la pérdida total, debido a que la etapa reproductiva es la más sensible al estrés hídrico (Bressani, 1994)

Con relación a los resultados de EUA se observó que las mayores eficiencias se presentaron en el tratamiento de 0% de reposición de la ETc, es decir cuando a las plantas se les cortó el riego a inicios de la etapa reproductiva, siendo esta una de las etapas más críticas respecto de la determinación del rendimiento. Los valores de EUA fluctuaron entre **4,84 Kg m^{-3} obtenido en Pichidegua** con el tratamiento de mayor estrés (0% de reposición de la ETc) y **0,95 Kg m^{-3}** para el tratamiento óptima reposición de la ETc.

Al observar el valor promedio considerando los cuatro ambientes se observó un valor de **1,31 Kg m^{-3}** para el tratamiento con más riego; **1,73 Kg m^{-3}** para el tratamiento donde se aplicó la mitad del agua de rego y de **2,42 Kg m^{-3}** para aquel tratamiento donde se dejó de regar al inicio de la etapa reproductiva. Cade destacar que, las mayores eficiencias se lograron en Longotoma y Pichidegua, debido a los altos rendimientos observados en esas localidades y al menor aporte del agua producto de ser suelos más profundos y con más capacidad de almacenamiento de agua. Por su parte en Alhué y para ambas temporadas, no se presentaron diferencias significativas en la EUA, con valores de **1,25; 1,39 y 1,08 Kg m^{-3},** para los tratamientos de reposición del 100; 50 y 0% de la ETc, respectivamente.

Los resultados estarían indicando que el amaranto es una planta resistente a la sequía y que se puede adaptar a diferentes condiciones climáticas y de suelo. Sin embargo, según los datos obtenidos, el cultivo responde mejor a la sequía cuando las condiciones edáficas propicien el uso del agua. Es decir, suelos que tengan mayor capacidad de almacenar más agua, como por ejemplo suelos más profundos y/o de lenta infiltración. De esta manera la humedad es retenida por más tiempo en el suelo, dejándola disponible para las plantas en una situación de estrés, siempre y cuando el cultivo tenga la capacidad de tomar esa agua en capas más profundas como lo hace el amaranto (Kigel, 1994).

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 5. EUA en función del régimen hídrico									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
2	2-Mayor EUA para calidad de granos obtenida	mg del compuesto L^{-1}	No disponible	A determinar	Mayo 2022	137 - 776 mg de proteína/L 14 -144 mg de fibra cruda/L Fenoles: 4,23 - 17,11 mg A.G./L Actividad antioxidante 0,95 - 11,18 µg ET/L. 0,09 - 0,8 mg escualeno/L	30-09-2022	100	100
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
La evaluación de la EUA se realizó durante dos temporadas (2020/21 y 2022/22) en las localidades de Longotoma, Alhué y Pichidegua. Los tratamientos de riego consistieron en tres regímenes hídricos que fueron de 100%, 50% y 0% de agua, basados en la reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc). Los niveles de proteína no se vieron afectados por el estrés hídrico y no hubo diferencias entre los genotipos, con valores promedio **de 14,9% para el caso de Amaranteca y de 14,1%** para CB-01. Estas cantidades son algo más altas que la literatura que señala al amaranto con un 13,6% de proteína (Tang y Tsao, 2017).									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

La cantidad de fibra cruda varió desde **2,7% hasta 3,8**%, no observándose ningún efecto entre los genotipos ni entre los tratamientos de riego; sin embargo, en la localidad de Pichidegua, los valores tendieron a ser superiores, lográndose en esta localidad el mayor valor dentro de este rango.

Respecto de la calidad funcional, es importante indicar que los alimentos funcionales se definen como aquellos que tiene componentes fisiológicamente activos y que proveen beneficios, tanto en lo nutricional, como en lo terapéutico (Rioja *et al*., 2018). Así los resultados muestran que en Longotoma durante la temporada 2020/21 el contenido de fenoles varió desde 2.836 hasta 5.955 mg EAG/kg en el genotipo CB-01, observándose que en esta localidad los valores tendieron a aumentar en la medida que el estrés aumentó.

En términos generales se observó que estos compuestos responden al estrés hídrico de diferente manera, así por ejemplo en promedio para todas las localidades y ambientes evaluados, el contenido de fenoles aumento un 5% cuando las plantas fueron sometidas a un estrés severo (se dejó de regar al inició de la etapa reproductiva); en tanto que para la capacidad antioxidante, el efecto fue mucho más notorio, en favor del tratamiento de mayor estrés **aumentado en un 17%** respecto de las plantas sin estrés (paso de 141 a 206 µm ET/100 g para los tratamientos 100% de reposición del ETc y reposición de 0% de la ETc, respectivamente). En relación con el escualeno, el cual también es un potente antioxidante (Bressani, 1994), se observó lo contrario, puesto que su valor disminuyó cuando las plantas fueron sometidas a estrés hídrico, pasando de 150 mg kg^{-1} a 125 mg kg^{-1} para plantas son estrés a plantas con el máximo de estrés (reducción de un 21%).

Respecto del comportamiento de los genotipos se observó una tendencia a que CB-01 presentara los mayores valores, sobre todo a nivel de escualeno donde superó a Amaranteca en un 12% (149 versus 133 mg kg^{-1}, para CB-01 y Amaranteca, respectivamente).

Estos resultados son relevantes dado que tanto los fenoles como el escualeno son compuestos denominados con antioxidantes, siendo compuestos muy susceptibles a la oxidación, por lo tanto, tienen un carácter marcadamente antioxidante, ya que experimentarán la oxidación antes que otras especies susceptibles de ser oxidadas y en consecuencia protegerán, prevendrán o retardarán la oxidación de moléculas biológicas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Por lo tanto, son de vital importancia para la prevención de la actuación de los radicales libres sobre el organismo; disminuyendo los procesos oxidativos, retardando el proceso de envejecimiento y previniendo el desarrollo de diversas enfermedades (Rioja*, et al.,* 2018). En este sentido bajo condiciones de estrés, como el que estamos observando en muchas regiones del país, las plantas de amaranto estarían generando una mayor producción de estos compuestos.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Respecto de la EUA para la calidad de los granos, tanto nutricional como funcional y evaluada en los dos genotipos (Amaranteca y CB-01), durante dos años de estudio, en tres localidades se puede indicar que **la mayor EUA se logra cuando las plantas son sometidas a un estrés hídrico** ya sea severo (se deja de regar al momento de iniciar la etapa reproductiva) o con menor nivel de estrés (se repone solo el 50% de la ETc del cultivo), **lo que indicaría que el riego no compensa la producción de compuestos nutricionales y funcionales.** La eficiencia del uso del agua en proteína varió desde **137 hasta 776 mg de proteína** por litro de agua; en tanto que, para producción de fibra cruda, esta eficiencia varió **de14 mg de fibra cruda /L hasta 144 mg** de fibra cruda/L, observándose que, en general, el genotipo con mayor valor fue CB-01, que se potencia bajo condiciones de estrés. La eficiencia del uso del agua en fenoles varió de **4,23 a 17,11 mg A.G./L**, observándose que nuevamente es CB-01 el genotipo que presenta los mayores valores, respondiendo mejor que Amaranteca frente al estrés hídrico. Con relación a la eficiencia del uso del agua para la actividad antioxidante se observó que esta varió entre **0,95 a 11,18 µg ET/L,** no observándose efecto del nivel de agua aplicada, pero si, a nivel de genotipo donde hubo una tendencia a que el genotipo CB-01, presentara los más altos valores. Para el caso del escualeno, la eficiencia del uso del agua para la producción de este compuesto varió de **0,09 a 0,8 mg escualeno/L**, no existiendo una tendencia clara respecto de su comportamiento frente al estrés hídrico, tendiendo a ser mayor con el estrés.								
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 6. EUA por calidad de grano y por genotipo									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
2	3-Variedad de mayor EUA para rendimiento en cada localidad	Kg de grano m^{-3} de agua ha^{-1}	No disponible	A determinar	Mayo 2022	4,84 kg de grano por m^{-3} de agua por ha^{-1} CB-1 y Amaranteca	Elija Fecha	100	100

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

Los estudios de EUA se realizaron durante la temporada 2020/2021 en las localidades de Longotoma y Alhué y en la temporada 2021/2022 en las localidades de Pichidegua y Alhué. Los tratamientos de riego consistieron en tres regímenes hídricos que fueron de 100%, 50% y 0% de agua, basados en la reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc). En este caso se evaluaron los dos genotipos seleccionados durante las dos primeras temporadas de estudio (Objetivo 1, Resultado 4).

Frente al estrés hídrico el comportamiento de los genotipos **CB-0 y Amaranteca** fue muy similar, los cuales respondieron a los diferentes niveles de estrés hídricó en una similar magnitud, salvo en el tratamiento con mayor nivel de agua de riego (100% de reposición de la ETc), en el cual Amaranteca presentó un rendimiento promedio superior al de CB-01 (2.612 kg ha^{-1} y 1,963 kg ha^{-1}, respectivamente). Es decir, **Amaranteca podría responder de mejor manera frente a una condición óptima** de humedad en el suelo; sin embargo, frente a un estrés **hídrico severo,** como ocurrió en Alhué, existió una tendencia a ser **mayor en CB-01**. No obstante, como se indicó anteriormente, ambos genotipos responden de manera muy similar, observándose una disminución de su rendimiento en ambientes de peor calidad (ambientes con más estrés hídrico) y aumentos importantes cuando el estrés disminuye. Los rendimientos promedio para ambos genotipos fue de **2.288 kg ha^{-1}, 1,674 kg ha^{-1} y 1.234 kg ha^{-1}**, para los tratamientos de 100, 50 y 0% de reposición de la ETc, respectivamente.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Respecto de la EUA, en general también los resultados son muy similares para ambos genotipos, observándose que solo en Pichidegua y Alhué temporada 2021/22, CB-01 presentó una mayor eficiencia, mostrada básicamente cuando las plantas estuvieron con un mayor nivel de estrés (se dejó de regar a inicios de la etapa reproductiva) con un valor de **4,84 Kg m^{-3}** en Pichidegua y de **2,01 Kg m^{-3}** en Alhué. Esto estaría indicando que por m^3 las plantas de Pichidegua, producen casi 5 kg de granos, bajo un régimen de estrés hídrico; en tanto que el Alhué, las plantas producen 2 kg por m^3 de agua. Por su parte los de Amaranteca fueron de **3,52 Kg m^{-3} y 1,51 Kg m^{-3},** para albas localidades respectivamente. Se puede concluir finalmente que en los ambientes más hostiles (mala calidad de suelo y estrés hídrico) el genotipo CB-01 podría responder con mayor eficiencia en el uso del agua, pudiendo ser más recomendado que Amaranteca para este tipo de ambientes. Cabe destacar que CB-01 corresponde a un ecotipo nacional y por ende está más adaptado a las condiciones ambientales presentes en las localidades evaluadas a diferencia de Amaranteca que proviene de México.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 5. EUA en función del régimen hídrico									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
2	4-Variedad de mayor EUA para calidad de granos en cada localidad	g de compuesto m^{-3} de agua ha^{-1}	No disponible	A determinar	05/2022	**Amaranteca** 594 mg de proteína L^{-1} de agua **Amaranteca** 17,5 mg fibra cruda /L de agua **CB-01** Fenoles 15,4 mg A.G./L **CB-01** Capacidad antioxidante 132 µg ET/L **CB-01 y Amaranteca** 0,46 mg escualeno/L.	10/2022	100	100

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
La evaluación de la EUA para calidad nutritiva de los granos de los genotipos Amaranteca y CB-01 se realizó durante dos temporadas (2020/21 y 2022/22) en las localidades de Longotoma, Alhué y Pichidegua. Los tratamientos de riego consistieron en tres regímenes hídricos que fueron de 100%, 50% y 0% de agua, basados en la reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc). Los resultados fueron entregados de manera general en el punto del Objetivo 2, Resultado 2, de este informe pero ahora será extraída la información solo a nivel de genotipo. Los niveles de proteína de los genotipos no se vieron afectados por el estrés hídrico y no hubo diferencias entre ellos, con valores promedio **de 14,9% para el caso de Amaranteca y de 14,1%** para CB-01. La cantidad de fibra cruda varió desde **2,7% hasta 3,8**%, no observándose efecto de los genotipos sobre este parámetro. Respecto de la **calidad funcional** de los granos se observó una tendencia a que **CB-01 presentara los mayores valores**, sobre todo a nivel de escualeno donde superó a Amaranteca en un 12% (149 versus 133 mg kg^{-1}, para CB-01 y Amaranteca, respectivamente). La **eficiencia del uso del agua** para producción de proteína varió desde **137 hasta 776 mg** por litro de agua; en tanto que, para producción de fibra cruda, esta eficiencia varió **de14 mg de fibra cruda /L hasta 144 mg** de fibra cruda/L, observándose que, en general, el genotipo con mayor valor fue **CB-01, que se potencia bajo condiciones de estrés.** La eficiencia del uso del agua en fenoles varió de **4,23 a 17,11 mg A.G./L**, observándose que nuevamente es **CB-01** el genotipo que presenta los mayores valores, respondiendo mejor que Amaranteca frente al estrés hídrico. Con relación a la eficiencia del uso del agua para la actividad antioxidante se observó que esta varió entre **0,95 a 11,18 µg ET/L,** observándose efecto a nivel de genotipo donde hubo una tendencia a que el genotipo CB-01, presentara los más altos valores (132 versus 85 µg ET/L, para CB-01 y Amaranteca, respectivamente) Para el caso del escualeno, la eficiencia del uso del agua para la producción de este compuesto varió de **0,09 a 0,8 mg escualeno/L**, no existiendo una tendencia clara respecto de la EUA para este compuesto a nivel de genotipo.									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Por tanto, en general se puede indicar que el genotipo Amaranteca presentaría una mayor EUA para calidad nutricional observándose un mejor comportamiento respecto de la EUA para proteína y fibra. Por otra parte, el genotipo CB.01, tendría una mejor eficiencia en la producción de compuestos antioxidantes, especialmente para la producción de fenoles y capacidad antioxidantes ORAC. Este último aspecto podría ser relevante pues se ha observado un mejor comportamiento de CB-01 frente al estrés hídrico lo que podría estar asociado a su capacidad de producir compuestos antioxidantes.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 6. EUA por calidad de grano y por genotipo									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
3	1-Producto procesado por la empresa Nitay evaluado en su composición nutritiva proteínas, fibras y calidad funcional (capacidad (antioxidante y fenoles)	mg de proteína por 100 g de alimento	15	17	05/2022	9,3	9,3	100	100
		g de almidón /100 g de peso seco *	58	61	05/2022	0,33 g de fibra /100 g de alimento	0,33 g de fibra /100 g de alimento	100	100
		mg de fitoesterol es por 100 g de alimento*	153	180	05/2022	Fenoles 2.768 mg de EAG/kg de alimento	Fenoles 2.768 mg de EAG/kg de alimento	100	100
		mg de antioxidan tes ORAC (µm ETrolox/1 00)	2.400	2.600	05/2022	1.059	1.059	100	100
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

La incorporación de amaranto a la matriz alimentaria producida por la empresa Nitay (extruido para ser incorporado a una barra de cereal) contempló la incorporación de granos obtenidos en la temporada 2021/22 incluyéndose el genotipo CB-01 que había sido sometido a estrés hídrico en los ensayos llevados a cabo en la temporada 2021/2022.

Cabe destacar que en un principio se tenía contemplado medir fibra soluble, por lo que los valores indicados en la tabla con mas altos que los obtenidos en este estudio. Esto obedece a que la medición de esta fibra resultó ser extremadamente cara ya que no fue posible hacer esta medición en la Facultad; por ello, se midió la fibra cruda. Lo mismo ocurrió con la medición de almidón y fitoesteroles ya que en el caso del almidón, la técnica no pudo ser montada en la Facultad y su medición suponía un costo extremadamente alto para el presupuesto del proyecto (se deben hacer repeticiones). En el caso de los fitoesteroles, si bien la técnica estaba montada, el equipo para dicho análisis se echó a perder y hasta la fecha no ha sido reparado ya que no han llegado los repuestos del extranjero y evaluar estos compuestos de manera externa es muy caro. En suu defecto se midió el contenido de fenoles totales.

El extruido elaborado por la empresa Nitay contempló dos versiones, una de ellas al natural es decir sin cobertura y el otro con cobertura de chocolate. Para cada caso se incluyó amaranto importado por la empresa y el amaranto proporcionado por la Facultad de Ciencias Agronómica de la Universidad de Chile.

Los resultados de este estudio indican que no bubo grandes modificaciones en la calidad nutricional de los productos obtenido, observándose que un leve modificación en el contenido de proteína en la cual de 9,3% en el extruido con granos de Nitay y un 8,9% en el obtenido con granos de la U. de Chile; no obstante el valor se mantuvo igual cuando al extruido se le agregó una cubierta de chocolate, por lo que las diferencias solo pueden ser por error experimental. Respecto del contenido de fibra cruda, el valor se mantuvo igual en ambos productos con un promedio de 0,3%, debiéndose indicar que este subió a 0,75% con la adición de la cubierta de chocolate.

Respecto de la calidad funcional tampoco se presentaron diferencias entre los productos obtenidos. Así, el contenido de fenoles fue en promedio de 2.747 mg EAG/kg, para ambos extruidos sin cobertura de chocolate, en tanto que cuando se le adicionó la cubierta de chocolate este valor subió con un valor promedio de 6.420 mg EAG/kg pero nuevamente no existieron diferencias respecto el origen de los granos de amaranto (amaranto importado por la empresa Nitay o amaranto producido por la U. de Chile). Una situación algo diferente ocurrió con la capacidad antioxidante, donde el producto elaborado con granos de la Universidad de Chile alcanzó valores de 411 µm

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
ET/100g lo que significó un 31% más que el valor obtenido por el producto elaborado con granos provenientes de la misma empresa (312 C); no obstante cuando el extruido presentaba la cubierta de chocolate estas diferencias disminuyeron, siendo solo un 4% superior en el extruido con grano de la U. de Chile (1.059 y 1.105 µm ET/100 g, respectivamente). Si bien es cierto no hay grandes variaciones en la composición nutricional de los productos obtenidos, es importante indicar que ambos tenían granos de amaranto por lo que eran esperables estos resultados; sin embargo, la diferencia estaba en que los granos proporcionados por la U de Chile provenían de plantas que habían sido sometidos a estrés hídrico. En este caso y tal como se ha mostrado en los resultados presentados en el Anexo 6 del Informe Final, la calidad nutricional no fue modificada de manera importante por el estrés hídrico lo que explicaría la no diferencia entre ambos productos. Sin embargo, a nivel funcional, si se presentaron diferencias en la capacidad antioxidante de los productos, lo cual se debe a que los granos provenientes de plantas con estrés tendieron a tener un mayor valor de capacidad antioxidante, lo que se vio reflejado en este estudio.									
Anexo 7. Producto procesado por la empresa Nitay evaluado en su composición nutritiva y funcional									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
3	2- Producto procesado por la empresa Epullen evaluado en su perfil aminoácido	g de cisteína /100 g de proteína	14%	18%	05/2022	Proteína 17,7% (g/100 g de granos)	05/2022	100	100
		g de triptófano/ 100 g de proteína	No disponible	A determinar	05/2022	Fenoles totales 8.206 mg EAG/kg de granos	09/2022	100	100

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

La postulación del proyecto fue presentada con la empresa Epullen, sin embargo, esta empresa modifico el giro de producción motivo por el cual no fue posible contar con su apoyo en el proyecto. Por tal motivo y con apoyo de FIA, se trabajó en la etapa final del proyecto con la empresa IANSA Alimentos S.A. En este caso el producto a obtener fue un extruido para alimentación animal y no una bebida no láctea, por lo cual los análisis cambiaron y el perfil aminoacídico se reemplazó por un análisis proximal (proteína, fibra, hidratos de carbono, grasas y cenizas) y un análisis de calidad funcional (fenoles y capacidad antioxidante).

Para el procesamiento del producto que sería generado por IANSA, se requería un mínimo de 40 kg por muestra y dado que ambos genotipos han mostrado un muy similar comportamiento en cuando a rendimiento y calidad del grano, se optó por enviar el genotipo CB-01 que era con el que se contaba con mayor cantidad de granos para hacer esta evaluación. En este caso la adición de amaranto al producto solo fue de un 3% que es lo que se puede adicionar por reglamentación de mascotas.

El análisis químico de las galletas mostró que la adición de amaranto en la formula no modificó el contenido de proteína total con un valor promedio de 17,7%; el contenido de fibra aumentó levemente (de 1% en la galleta sin amaranto a 1,2% en el con amaranto), en tanto que el nivel de grasas y el extracto no nitrogenado (hidratos de carbono) se mantuvieron con un valor promedio de 7,4% y 59,7%,

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
respectivamente. El nivel de cenizas aumentó de 2,8% a 4% para el producto sin y con amaranto, lo cual estaría indicando que el producto tendría un mejor nivel de macrominerales. Respecto de la calidad funcional de la galleta se observó un aumento en el contenido de fenoles y actividad antioxidante al añadir amaranto a la galleta. El contenido de fenoles aumento en un 46% pasando de 4.468 mg EAG/kg a 8.206 mg EAG/kg y la capacidad antioxidante (ORAC-H) aumento en un 59% con la adición de amaranto pasando de 604 µm ET/100g a 1.483 µm ET/100g. Estos resultados son muy alentadores dado que como se indicó anteriormente solo fue posible adicionar un 3% de amaranto al producto final, por lo que si la generación de otro producto permitiera adicionar una mayor cantidad de amaranto se podría ver un efecto importante en la calidad nutricional y un mayor efecto sobre la calidad funcional.								
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 8. Producto procesado por la empresa IANSA evaluado en su composición nutritiva y funcional									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
3	3-Grano de amaranto reventado	- % grano reventado	60%	90%	05/2022	80%	08/2022	100%	100%

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
	proveniente de cultivo con diferente disponibilidad de agua, evaluado en su calidad física	- Volumen	60%	90%	05/2022	67%	08/2022	100%	100%

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

Una de las principales formas de consumo del amaranto es como grano reventado cuya calidad varía en función del tamaño y composición del grano. Por ello, lo que lo que se propuso en este proyecto fue evaluar si el estrés hídrico generó cambios en el tamaño de los granos al momento de cosecha y si estos cambios afectaron la calidad del reventado, evaluado en función del porcentaje de grano reventado y del tamaño del mismo.

El estudio contempló la evaluación de granos provenientes de los ensayos de estrés hídrico llevados a cabo durante la temporada 2020/2021 en las localidades de Longotoma y Alhué y en la temporada 2021/2022 en las localidades de Pichidegua y Alhué. Los tratamientos de riego consistieron en tres regímenes hídricos que fueron de 100%, 50% y 0% de agua, basados en la reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc). En este caso se evaluaron los dos genotipos seleccionados durante las dos primeras temporadas de estudio (Objetivo 1, Resultado 4).
Respecto de los resultados, se constató que el tamaño de los granos a la cosecha no fue afectado por el estrés hídrico, salvo en Alhué durante la primera temporada (2020/2021), debido al fuerte estrés que presentaron las plantas (aspecto detallado en el Objetivo 2, Resultado 1, de este informe) los granos de ambos genotipos provenientes del tratamiento que se dejó de regar a inicios de la etapa reproductiva, presentaron un peso inferior en un 27% respecto del obtenido por los granos cosechados cuando a las plantas se les repuso el 50 y el 100% de la ETc. En general estos resultados están acordes a lo que indica la literatura en función de que, frente a un estrés hídrico, generado en la etapa reproductiva, el componente de rendimiento menos afectado es el peso de los granos. Por el contrario, el número de granos por unidad de superficie es el componente que más reduce su valor, sobre todo cuando el estrés se produce durante

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

las primeras etapas del desarrollo reproductivo de las plantas, tal como ocurrió en este estudio (Díaz et al., 2004; Zubillaga, 2017); por ello, el rendimiento se reduce tan fuertemente.

Respecto de la capacidad de reventado de los granos no hubo efecto del genotipo, observándose que en promedio un 74% de los granos reventaron, en tanto que los granos sin reventar estuvieron bordando el 20% y las pérdidas de un 5%, generado esta última por la pérdida de humedad que se produce en el proceso de reventado. En cuanto al efecto de los tratamientos hídrico sobre el % de grano reventado se observó que los tratamientos hídricos no afectaron este porcentaje salvo en casos puntales, como por ejemplo en Longotoma donde los granos provenientes del tratamiento de mayor estrés lograron un mayor % de reventado. Por lo mismo este tratamiento puede generar las menores pérdidas de grano reventado como se observó en Alhué temporada 2020/21.

Al separar los granos reventados en diferentes categorías según su paso por distintos tamices (tamaño de apertura de 1,19, 1,68, 2 y 2,38 mm), se observó que las diferencias entre los genotipos se presentaron principalmente a nivel del grano reventado en su categoría muy grande, pero esta categoría no fue la dominante y además los resultados no son concluyentes debido a que en una localidad (Longotoma 2020/21) Amaranteca presentó un mayor valor en tanto que en otra (Alhué, temporada 2021/22) CB-01 fue el de mejor comportamiento. Por tanto y en este sentido, y para ambos genotipos, la mayor proporción del producto reventado se clasificó como grano reventado de categoría de tamaño “grande” es decir que son retenidos con harneros de malla entre 2,0 y 2,38 mm.

El estrés hídrico tampoco generó diferencias en el tamaño y categoría de reventado, observándose que en general la mayor parte de los granos reventados (sobre un 55%) se ubicaron en la categoría de grano grande y dentro de esta categoría hubo una tendencia a que los granos provenientes de plantas más estresadas presentaran granos de tamaño grande.

Tampoco hubo efecto de los tratamientos de riego ni de genotipo sobre el volumen que ocupan los granos reventados, sin embargo, hay una tendencia a que los granos provenientes de plantas más estresadas (con menos riego) ocupen un mayor volumen lo que puede compensar en parte el menor rendimiento que logran estas plantas. De esta manera si el producto s vende por volumen (como se hace en el caso de las palomitas de maíz) este factor podría ser relevante.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 9. Calidad física de grano reventado									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
3	4-Grano de amaranto reventado proveniente de cultivo con diferente nivel de agua, evaluado en su calidad nutricional	% de almidón	60%	63%	05/2022	Se evaluó calidad nutricional (fibra y proteína) y funcional (escualeno, fenoles totales y capacidad antioxidante).	08-2022	100% de calidad nutricional y funcional	100% de calidad nutricional y funcional
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

En una primera instancia solo se tenía contemplada la medición del contenido de almidón en los granos reventados, sin embargo y dado que el proceso de reventado se lleva a cabo a altísimas temperaturas no ha sido posible encontrar un método que mida el almidón una vez reventado el grano. En su defecto se evaluó la calidad nutricional (proteína y fibra) y la calidad funcional de los granos reventados (escualeno, fenoles totales y capacidad antioxidante).

El estudio contempló la evaluación de granos provenientes de los ensayos de estrés hídrico llevados a cabo durante la temporada 2020/2021 en las localidades de Longotoma y Alhué y en la temporada 2021/2022 en las localidades de Pichidegua y Alhué. Los tratamientos de riego consistieron en tres regímenes hídricos que fueron de 100%, 50% y 0% de agua, basados en la reposición de la evapotranspiración del cultivo (ETc). En este caso se evaluaron los dos genotipos seleccionados durante las dos primeras temporadas de estudio (Objetivo 1, Resultado 4).

Respecto de los resultados se observó que granos reventados presentaron un valor promedio de 15,9%, valor que fue algo superior al observado en granos sin reventar cuyo valor fue 15,1%, pese a las altas temperaturas a las que se revienta el grano (entre 230 y 240°C).

El contenido de fibra de los granos tendió a aumentar cuando los granos fueron reventados pasando de 3,1% en granos sin reventar a 4,5% en granos reventados, observándose el mayor aumento en aquellos granos que provenían de plantas sin estrés hídrico, cuyo valor fue 5% de fibra.

Respecto de la calidad funcional de los granos, medida en este estudio en base al contenido de escualeno, fenoles totales y capacidad antioxidante se pudo verificar que estos valores disminuyeron con el reventado del grano, observándose que, para el caso del escualeno, su disminución fue en promedio de un 49%, pasando de un valor promedio de 163 mg/kg a 75 mg/kg.

Para el caso de los fenoles totales estos compuestos disminuyeron pasando de un valor promedio de 4.160 a 1.865 mg ácido gálico/kg (disminución de un a 55%).

Respecto de la capacidad antioxidante se constató también una baja importante en los granos reventados respecto de los no reventados pasando de 214 a 115 umET/100 g (46% de pérdida).

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Tanto para la calidad nutricional como funcional en los granos reventados no hubo efecto del nivel de estrés hídrico del que provenían estos granos (plantas sometidas a estrés hídrico). Es decir, granos producidos bajo condiciones de estrés severo (las plantas se dejaron de regar al inicio de la etapa reproductiva) o estrés intermedio (reposición del 50% de la ETc) o sin estrés (reposición del 100% de la ETc), no presentaron diferencia en su calidad nutricional una vez que fueron reventados. El genotipo CB-01 presentó una menor pérdida de respecto de su calidad funcional cuando los granos fueron reventados, respecto de los granos sin reventar.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 10. Calidad nutricional y funcional de grano reventado									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
4	1- Base de datos de clima del área de estudio (precipitaciones, temperaturas, Grados-Día Nº heladas Humedad relativa, Evapotranspiración, velocidad del viento) obtenida	Planillas Excel	No hay actualizada	Una planilla Excel para cada variable corregida	09/2021	Una planilla Excel para cada variable corregida	09/2022	100%	100%
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
Desde la página de la Red Agroclimatológica del INIA (AGROMETEOROLOGÍA) se descargó la información diaria de temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación solar, evapotranspiración, velocidad del viento, horas frío, heladas y días grado; desde las estaciones meteorológicas Quilimarí (Longotoma), El Asiento (Alhué) y Santa Rosa (Chillán). Además se incluye una planilla Excel con la base de datos climáticos recolectados durante todo el periodo del proyecto.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 11. Base de datos climática, área de estudio y período completo de evaluaciones									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
4	2-Base de datos espaciales en formato matricial o GRID para aplicar modelos de distribución de especies o de idoneidad territorial (Susitability).	Archivos digitales SIG	No hay actualizado	Contar con archivos mensuales de cada variable climatológica	01/2021	Archivos digitales SIG	10/2022	100%	100%

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

Para este periodo se entrega la construcción de matrices o GRIDs de clima calibrados y validados para Chile en formato ASCII-GRID de ArcGis. Estas matrices o rasters se generan por la división de una determinada área de estudio en celdas de igual tamaño, donde cada celda es llamada pixel y representa un valor único en la superficie dependiendo de la variable que compone el raster (según variables temperatura o precipitación). El tamaño de pixel para este caso es de 5 km aproximadamente. La grilla se encuentra espacializada, es decir cuenta con información adicional de su ubicación en el espacio geográfico (sistema de coordenadas geográficas, Datum wgs 84). Se entrega como anexo una carpeta con archivos GRID comprimidos en formato ASCII-GRID, el cual permite ser leído en cualquier software SIG (Disponible en: https://drive.google.com/drive/folders/1SRDE7Xjgckg6M9-x_y4zTr4DzS0_BrJb).

Esta base de datos espacial es utilizada como variables predictivas para generar los estudios de modelos de nicho ecológico o modelos de distribución de especies, son los inputs que mediante cálculos matemáticos y estadísticos producen resultados de idoneidad climática en el territorio (probabilidad de establecimiento), para la especie. Así posteriormente generar una cartográfica de adaptabilidad de acuerdo con estos resultados. Los datos utilizados para este fin se obtuvieron desde la plataforma de información WorldClim.org, de los cuales se utilizaron las 19 variables bioclimáticas.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 12. Base de datos espaciales en formato matricial o GRID									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
4	3-Cartografía de adaptabilidad territorial al cultivo Amaranto en términos de probabilidad (0-1).	Mapa	No existe	Mapa de adaptabilidad del amaranto en el área de estudio	03/2022	Mapa	09/2022	100%	100%
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
Para obtener la cartografía de adaptabilidad, se aplicaron las metodologías de ECOCROP y MMF (Multi Model Framework), de estos se obtiene la idoneidad territorial de amaranto en el área de estudios. Dichos resultados son procesados en software de SIG realizando una clasificación en la cual se muestra las clases de adaptabilidad de amaranto, estos a su vez se representan en un mapa de adaptabilidad.									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Estas clases son creadas mediante rangos de probabilidad de ocurrencia según datos de la FAO. Además, se obtuvo una matriz o GRIDS de idoneidad territorial o clasificación de adaptabilidad en el área de estudio. Esta investigación aporta resultados de la distribución potencial del Amaranto en Chile y el mundo, estableciendo cuales son las zonas de aptitud climatológica del territorio. Los datos indican que, de acuerdo con la distribución bajo un escenario de temperatura, los sectores “Aptos” se encuentran en el gradiente latitudinal entre los 18°S y 42°S, es decir desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de los Lagos. Para el escenario con variables estacionales se identifican superficies de clasificación “Apto” entre las latitudes 33°S hasta aproximadamente los 41°S, es decir entre la Región de Valparaíso y Puerto Montt. Contar con este tipo de estudios e información es de suma importancia para Chile ya que permiten, con una aproximación confiable, identificar zonas en el territorio de Chile continental en las cuales según climatología se pueda establecer el amaranto para producción de granos. Cabe destacar que este es el primer estudio de zonificación de amaranto que se lleva a cabo en el país y es la base de información que puede ser usada como una herramienta para la toma de decisiones en cuanto conocer de forma anticipada cuáles serán los lugares más aptos para esta especie con el objeto de ampliar la zona productiva de este cultivo en Chile y, generar de esta manera una producción masiva de este cultivo, que abarate su precio y sea una alternativa alimentaria viable para toda la población y no solo para una población de nicho como lo es en la actualidad.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 13. Cartografía de adaptabilidad territorial al cultivo Amaranto									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
5	1-Agricultores capacitados	Nº	4	30	1/2021	164	03/2022	100	100

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

A través del desarrollo del proyecto se llevaron a cabo varias actividades de extensión, las que contemplaron desde charlas informativas hasta días de campo, en la cual los asistentes pudieron realizar corte y trilla de amaranto, así como experimentar con siembras puesto que el proyecto contemplaba la entrega de semilla pura (50 g) a los agricultores que estuvieran interesados en sembrar. Muchos de ellos lo hicieron y vía on line se le ha ido asesorando.

Las primeras actividades contemplaron talleres informativos para los agricultores asociados al proyecto, así como para aquellos que estuvieran interesados en el amaranto. De esta manera el Prodesal de Alhué participó en muchas de las actividades realizadas, siendo una de sus agricultoras socias (Sra. Adela Flores) quien ha participado activamente en el proyecto pues en su campo se establecieron parte de los ensayos durante los 4 años. Así en esa localidad se realizaron talleres y días de campo para el manejo de la cosecha en amaranto (23/10/2018 y 7/03/2019). En estas actividades participaron un total de 50 personas. Otra actividad realizada, fue un día de campo el 25/01/2019, en la localidad de Colbún donde se tenía establecido un ensayo de fechas de siembra en el campo del productor Sr. Antonio Soto, asociado al proyecto. En este día de campo se dieron a conocer los problemas y ventajas del establecimiento de los cultivos en diferentes fechas de siembra y el comportamiento de los diferentes genotipos y asistieron 20 agricultore/as provenientes de la zona de San Dionisio, Colbún, Yerbas Buenas.

Otro día de campo fue realizado el 22/03/2019 en el Faro Agroecológico de la Estación Experimental Santa Rosa de INIA Quilamapu. La actividad estuvo enmarcada en un día de campo de agroecología, agricultura orgánica y sostenibilidad. Si bien INIA no había estado asociado al Proyecto había mostrado interés por parte de algunos investigadores y se estableció un ensayo en dicha Estación (con la venia de FIA). A esta actividad asistieron más de 600 personas, pero están inscritos en la lista 67 agricultores/as, a quienes se les mostró

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)

un ensayo agroecológico con amaranto el que contempló el manejo de las malezas con mulch orgánico y semi tecnificado. En la comuna de Buin un agricultor al que se le había entregado semilla para sembrar, estivo interesado en el cultivo y a través de visitas a su campo se le asesoro respecto del manejo del cultivo. Otra actividad presencial fue realizada en la comuna de Pichidegua donde se llevó un día de campo y taller de amaranto, al cual asistieron 27 personas de la comuna de Pichidegua, Larmahue, San Vicente, entre otros. En esta actividad se dio a conocer el manejo del riego en amaranto, así como el comportamiento de los genotipos al estrés hídrico. Se pudo verificar en terreno la tolerancia del amaranto al estrés hídrico. Además, se hicieron pruebas de cosecha con las y los agricultores presentes.

Otras actividades planificadas (ejemplo día de campo en Longotoma) no se pudieron llevar a cabo por efectos del COVID. Así también, se realizaron varias actividades on line, entre ellas asistencia al “Tercer Congreso Nacional y primer Dialogo Latinoamericano de Amaranto” en México, donde se expusieron los principales resultados del proyecto. También el equipo participó del Congreso “Hacia la innovación y el desarrollo tecnológico: una visión para el 2030” que fue organizado por la Universidad Nacional de Moquegua, en Perú. También el equipo técnico del proyecto fue invitado a participar de manera on line en el Congreso de Cultivos Ancestrales donde se dieron a conocer las ventajas nutricionales de los granos de amaranto.

El equipo técnico también organizó un webinar donde se invitaron a expertos en temas de alimentación y además un chef mexicano que ha utilizado amaranto en sus preparaciones. Se contó también con el apoyo del productor de Colbún, quien dio una entrevista on line y fue presentada en el seminario on line, donde dio a conocer su experiencia en cuanto al manejo del cultivo de amaranto; las ventajas y desventajas ue el veía para lograr buenos rendimientos.

Por últimos el equipo del proyecto fue invitado por FIA, en el contexto del Seminario “Innovaciones para enfrentar el cambio climático. Coloquio de Innovación – RM” donde se dieron a conocer los principales resultados tanto de manejo como nutricionales del cultivo de amaranto. Esta actividad fue llevada a cabo en las dependencias de Lo Valledor y asistieron alrededor de 25 personas.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Un aspecto clave en el tema de la transferencia y/o capacitación en el cultivo ha sido la posibilidad de establecer el cultico en diferentes zonas y ambientes contrastantes, lo que ha permitido contar con mayor experiencia en el manejo del cultivo, aspecto que es primordial para lograr lograr una capacitación efectiva. Actualmente los agricultores que estuvieron asociados al proyecto han seguido sembrando amaranto e incluso alguno de ellos han seguido innovando en aspectos que les permitan tecnificar algo más el cultivo. Uno de los productores asociados ha generado una mini pyme que ahora distribuye amaranto en el mercado a pequeña escala.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 14. Agricultores capacitados									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
5	2-Documento técnico del cultivo, con énfasis en el manejo del agua	Nº de ejemplares	No existe	200	11/2022	50	03/2023	80%	80%

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.									
A través del desarrollo del proyecto ha sido posible generar información relevante respecto del cultivo de amaranto, -su fisiología, morfología, fenología, crecimiento y manejo- que permitirán contar con herramientas de base científica y técnica para el manejo del cultivo en Chile. Esto hace viable su introducción como una nueva alternativa de producción para los campos chilenos, sobre todo en un contexto de cambio climático. El manual **"Amaranto: Principios y experiencias para su cultivo en Chile"** tendrá un sello especial pues en él convergen experiencias e información científica y técnica de estudios internacionales y los provenientes de estudios hechos en la zona Central de Chile durante cuatro años, a través de un equipo multidisciplinario de investigadoras e investigadores de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Si bien es cierto se tenía contemplado un manual que abordara principalmente el tema de manejo del agua de riego, el manual que se ha generado abarca muchos aspectos de manejo que son esenciales para un mejor manejo del agua de riego. Así los temas tratados son: Especies y variedades de amaranto; Morfología y fenología del amaranto, Ecofisiología del amaranto (Fisiología y Crecimiento), Adaptación de variedades de amaranto en la zona central de Chile, Requerimiento hídrico y estrés salino del cultivo del amaranto; Eficiencia en el uso del agua y tolerancia al déficit hídrico; Experiencia en Chile; Rego deficitario; Fecha de siembra en amaranto; Densidad de plantas en amaranto; Fertilización en amaranto y Beneficios de la aplicación de enmiendas orgánicas y Experiencias en Chile Pese a que el manual ya está escrito, se ha indicado un nivel de avance de solo el 80% pues falta avanzar en el diseño del libro y su impresión. Se espera que eso quede listo en marzo del año 2023.									
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 15. Documento técnico del cultivo. Amaranto: Principios y experiencias para su cultivo en Chile									

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
5	3-Seminario que abarque los principales resultados del proyecto	Nº	0	1	04/2022	1	10/2022	100%	100%

Analice y justifique el avance del resultado esperado al término del proyecto.

Durante octubre del 2022 se realizó un seminario final del proyecto el cual incluyo los principales resultados obtenidos, principalmente en lo que respecta a aquella fecha de siembra que optimice el rendimiento del cultivo en cada una de las localidades evaluadas. Así también los requerimientos mínimos de agua que permitan obtener los más altos rendimientos y calidad del grano y determinar cómo se modifica la calidad de grano proveniente de plantas sometidas a diferentes condiciones de humedad. Se informó también los resultados de la calidad del grano reventado y como esta calidad se modifica con la restricción hídrica del cultivo. En este seminario se dio a conocer la zonificación del cultivo de amaranto en Chile y en qué zonas del país sería factible lograr una mayor eficiencia en el uso del agua. Además, se llevó a cabo una demostración de reventado del grano realizada por el académico Ian Homer quien a su vez es el gestor de dicha máquina.

Asistieron al seminario un total de 38 personas, entre ellos agricultores interesados en el cultivo de amaranto, así como representantes del área de emergencia climática de INDAP, docentes de la Universidad del Desarrollo y de la Facultad de Ciencias Agronómicas, así como alumnos/as de la misma Facultad y de la Facultad de Química y Farmacia, destacándose principalmente a aquellos que realizaron sus trabajos de tesis y Memorias en la Facultad de Ciencias Agronómicas, personal técnico de laboratorio y campo. Además, se contó con la participación de una de las empresas asociadas al proyecto (Nitay Fuerza Nativa Eirl) quien además de participar activamente en los comentarios hechos luego de las presentaciones, ofreció sus productos en base a amaranto al momento del break.

N° OE	Resultado esperado	Indicador de resultado	Línea base del indicador	Meta del indicador	Fecha logro del indicador (mes/ año)	Valor del indicador al término del proyecto	Fecha Real logro 100% del indicador (mes/ año)	Avance del indicador al término del proyecto (%)	Avance del resultado al término del proyecto (%)
Indique el número del anexo en donde se encuentra la documentación que respalda el avance del resultado al término del proyecto.									
Anexo 16. Seminario de Cierre									

6. RESUMEN CUMPLIMIENTO RESULTADOS ESPERADOS DE TODO EL PROYECTO.

N° OE	N° y Nombre RE por OE	Avance del resultado al término del proyecto (%)	Cumplimiento del RE	Avance OE al término del proyecto (%)
1	1-Tres agricultores asociados al proyecto con sistema de riego tecnificado establecido		SI	100%
1	2-Selección de la mejor fecha de siembra para cada localidad		SI	
1	3- Valor de la EUA para producción de grano por variedad y fecha de siembra en cada localidad		SI	
1	4-Las dos mejores variedades seleccionadas por rendimiento de grano en la zona central de Chile		SI	
2	1- Mayor EUA para producción de granos obtenida		SI	100%
2	2-Mayor EUA para calidad de granos obtenida		SI	

N° OE	N° y Nombre RE por OE	Avance del resultado al término del proyecto (%)	Cumplimiento del RE	Avance OE al término del proyecto (%)
2	3-Variedad de mayor EUA para rendimiento en cada localidad		SI	
2	4-Variedad de mayor EUA para calidad de granos en cada localidad		SI	
3	1-Producto procesado por la empresa Nitay evaluado en su composición nutritiva proteínas) , almidón) y funcional (antioxidantes, escualeno y fitoesteroles)		SI	
3	2-Producto procesado por la empresa Epullen evaluado en su perfil aminoácido		PARCIAL	100%
3	3-Grano de amaranto reventado proveniente de cultivo con diferente disponibilidad de agua, evaluado en su calidad física		SI	100%
3	4-Grano de amaranto reventado proveniente de cultivo con diferente nivel de agua, evaluado en su calidad nutricional		SI	

4	1-Base de datos de clima del área de estudio (precipitaciones, temperaturas, Grados-Día Nº heladas Humedad relativa, Evapotranspiración, velocidad del viento) obtenida		SI	100%
4	2-Base de datos espaciales en formato matricial o GRID para aplicar modelos de distribución de especies o de idoneidad territorial (Susitability).		SI	100%
4	3-Cartografía de adaptabilidad territorial al cultivo Amaranto en términos de probabilidad (0-1).		SI	100%
5	1-Agricultores capacitados		SI	100%
5	2-Documento técnico del cultivo, con énfasis en el manejo del agua		SI	100%
5	3-Seminario que abarque los principales resultados del proyecto		SI	100%

7. ANÁLISIS DE BRECHA

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados esperados al inicio y los obtenidos al término del proyecto. En caso de resultados esperados con cumplimiento marcado como No o Parcial.

Uno de los resultados en los cuales se esperaba un valor más alto fue el correspondiente al Objetivo 1, Resultados 3 y 4 en los cuales se esperaba una EUA para rendimiento de 5 g L^{-1}, y lo que se logró fue de 1,2 g L^{-1}. Este resultado obedece a que los estudios de fechas de siembra se llevaron a cabo bajo condiciones muy diversas que no necesariamente estaban asociadas al manejo del agua de riego sino a problemas de preparación de suelo, tal como ocurrió en Alhué donde la productora, por motivos de Covid, no pudo contar con la maquinaria adecuada para la preparación de su suelo. Este hecho generó que el cultivo se estableciera sobre un suelo compactado lo que impidió que el agua de riego infiltrara en el perfil y las plantas pudieran hacer uso de ella. Por tanto, en ese campo, a pesar de haberse regado con la misma cantidad de agua, hubo un menor aprovechamiento de esta, lo que significó muy bajos rendimientos y con ello las pérdidas en la EUA.

En otro de los resultados donde no se logró el valor esperado fue en el resultado 1 del objetivo específico 3, en el cual se esperaba un valor de proteína de 17% y lo que se logró fue de 9,3%, lo mismo ocurrió con la capacidad antioxidante ORAC donde el valor a obtener era de 2.600 µm ETrolox/100 g y se obtuvo 1.059 µm ETrolox/100 g de muestra. La razón de estas discrepancias se debe a que el porcentaje de inclusión de amaranto en el producto fue bajo y por ello el aporte de proteína ni la capacidad antioxidante del amaranto se vieron reflejadas en el alimento. Para este mismo resultado los valores de almidón y fitoesteroles no coinciden con los valores reportados y obtenidos en el proyecto. Esto se debe a que en un primer momento se tenía contemplado llevar a cabo la medición de almidón en la Facultad, sin embargo, estos análisis se dejaron de hacer por lo caro que significa su evaluación y además por que no son análisis de rutina. Por ello, se buscó alguna empresa que lo hiciera, pero el costo de su evaluación superaba el presupuesto del proyecto. Respecto de los fitoesteroles, si bien la técnica estaba montada, el equipo para dicho análisis se echó a perder y hasta la fecha de la entrega de este informe no ha sido reparado. Por ello y en conversaciones con Paulina Erdmann (ejecutiva de Proyecto) se decidió cambiar esa evaluación y medir contenido de fibra cruda y contenido de fenoles totales.

Para el objetivo 3, Resultado 2, también se presentan discrepancias lo cual obedece a que en la postulación del proyecto una de las empresas asociadas era Epullen, sin embargo, esta empresa modifico el giro de producción motivo por el cual no fue posible contar con su apoyo en el proyecto. Por tal motivo y con apoyo de FIA, se trabajó en la etapa final del proyecto con la empresa IANSA Alimentos S.A. En este caso el producto a obtener fue un extruido para alimentación animal y no una bebida no láctea, por lo cual los análisis cambiaron y el perfil aminoacídico se reemplazó por un análisis proximal (proteína, fibra, hidratos de carbono, grasas y cenizas) y un análisis de calidad funcional (fenoles y capacidad antioxidante).

En el objetivo 3, Resultado 3, las discrepancias en el valor de % de grano reventado y volumen, se deben a que el valor reportado es el promedio del reventado que incluye

granos provenientes de plantas con diferente estrés hídrico y que en el caso de este estudio se incluyeron granos sometidos a un severo estrés.

En relación con el Objetivo 3, Resultado 4, las diferencias se deben a las mismas razones indicadas anteriormente y que tienen relación con la no posibilidad de medir almidón cambiándose en este caso los análisis por calidad nutricional (fibra y proteína) y funcional (escualeno, fenoles totales y capacidad antioxidante).

Respecto del Objetivo 5, Resultado 2, las diferencias se deben a que en un primer momento se tenía pensado generar un manual técnico pequeño que solo incluyera aspectos relacionados con los resultados de los estudios de EUA. Sin embargo y dada la gran información que procede del proyecto y de otras iniciativas anteriores, se decidió generar un libro que reúna toda esta información. Esto significa un costo mayor de diseño e impresión por lo que solo se imprimirá una pequeña cantidad para ser distribuida entre los agricultores y socios del proyecto. El libro luego quedará disponible on line.

CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas en el desarrollo del proyecto al término de su ejecución. Se debe considerar aspectos como: 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
Ataque de conejos en la tercera fecha de siembra en la localidad de Longotoma (Informe técnico 1)	Consecuencia negativa dado que se debió incurrir en un nuevo gasto para resembrar esta parte del ensayo. Junto a ello hubo un atraso en fecha de siembra en esa localidad, sin embrago igual se cumplió con el objetivo de contar con las cinco de fechas comprometidas.	Se resembró el sector de la fecha dañada. Además, se reforzó todo el perímetro con malla conejera, enterrándola y tapando todas las aberturas encontradas.
Ataque de conejos, aves y ganado en la quinta fecha de siembra en la localidad de Longotoma. (Informe técnico 2)	Consecuencia negativa dado que esa fecha no pudo ser considerada en el análisis estadístico de rendimiento. No obstante, en la siguiente temporada se logró establecer estas cinco fechas y obtener resultados.	Se evaluó en la siguiente temporada.
Problemas con las heladas y lluvias en las últimas dos fechas de siembra en la localidad de Colbún. (Informe técnico 2)	Consecuencia negativa ya que no permitió tener resultados cuantitativos de los rendimientos y de materia seca de las variedades establecidas en esas dos fechas de siembra.	A pesar de que genera un problema de obtención del rendimiento, la problemática generada forma parte de los resultados obtenidos, dado que en esa localidad las siembras de amaranto solo debieran realizarse hasta el mes de diciembre, lo cual fue ratificado en la segunda temporada.
Primera fecha de siembra (2da temporada) en Longotoma fue	Consecuencia negativa debido a que se retrasaron las otras siembras, no obstante, estuvieron todas dentro del rango de fechas a evaluar.	Se adquirió una malla anti pájaro la que fue instalada para todas las fechas de siembra hasta que

atacada por pájaros. (Informe técnico 3)		las plantas ya se habían establecido.
Retraso en las cosechas debido a las medidas impuestas por la pandemia del Covid-19. (Informe técnico 4)	Consecuencia negativa en cuanto al procesamiento de las muestras y su análisis para la toma de decisiones de la temporada siguiente; no obstante, este se pudo realizar a tiempo.	Los productores apoyaron en este proceso (Anexo 2, Informe técnico 4).
No se realizó el día de campo y taller participativo en Longotoma indicado en el plan operativo (Informe técnico 4)	Consecuencia negativa, debido a que no fue posible capacitar a los productores de esa zona y entregar semillas a los interesados en conocer el cultivo.	Esta actividad no se realizó de manera presencial; sin embargo, se realizó una charla de forma on-line, a la cual participaron algunos de esos productores Respecto a la entrega de semillas, esta se llevó a cabo a cabo una vez que se retomaron las actividades presenciales.
El productor de Colbún no pudo seguir en el proyecto por problemas asociados al Covid-19. (Informe técnico 5)	Esto trajo consigo una consecuencia negativa, ya que se tenía contemplado realizar en el mismo campo los estudios de EUA, sin embargo con las dos temporadas llevada a cabo en ese campo se cumplió el objetivo de seleccionar las fechas de siembra para esa localidad.	El ensayo fue trasladado a las dependencias del campo experimental Santa Rosa del INIA Quilamapu en Chillán, el cual tiene un ambiente similar a lo que se hallaba en Colbún, (Informe técnico 5, Anexo 7).
Pérdida del ensayo de Chillán por condiciones climáticas adversas (fuertes lluvias y granizos durante enero) (Anexo 1) (Informe técnico 6)	Consecuencia negativa, ya que no fue posible evaluar la EUA en la primera temporada en esa localidad.	Debido a que los daño se presentaron en enero cuando las plantas ya estaban grandes, no fue posible resembrar. No obstante, se contó con otras dos localidades para llevar a cabo este estudio y cumplir con el objetivo planteado.
La empresa asociada Epullen, cambió su giro y por tanto los estudios que se llevarían a cabo	A pesar de tener una consecuencia negativa debido a que el tipo de alimento a evaluar era innovador, este hecho no fue grave pues se	Gracias al apoyo de FIA a través de su ejecutiva, Paulina Erdmann se incorporó como empresa para la evaluación de un extruido para alimentación animal.

con la inclusión de amaranto en una bebida no láctea no fueron posible (Informe técnico 6)	buscó otra empresa en su reemplazo.	(Informe técnico 6; Anexo 8).
Cambio de localidad desde Longotoma a Pichidegua por fuerte sequía que afecta a la zona de la Región de Valparaíso. (Informe técnico 7)	Este hecho no impidió el logro de los resultados; sin embargo, en términos científicos lo ideal habría sido contar con la evaluación de las plantas frente al estrés hídrico en dos temporadas en esa localidad.	El ensayo fue trasladado a Región de O'Higgins, en la localidad de Pichidegua (Provincia del Cachapoal), donde se evaluó la EUA para ambas variedades. Eso permitió además ampliar las zonas de evaluación, incorporado esta región al estudio.
Pérdida del ensayo de Chillán por condiciones climáticas (bajas temperaturas) y ataque de insectos. (Informe técnico 8)	Consecuencia negativa, ya que no fue posible lograr el objetivo de evaluar la EUA de amaranto en una región más al sur, tal como hubiese sido la de Colbún. No obstante, se cantó con la evaluación de las otras dos localidades para dar respuestas a este objetivo.	Con la pérdida del primer ensayo de Chillán, sembrado el 10 de noviembre de 2021, se procedió a realizar una resiembra el 29 de diciembre de 2021 en un sector distinto pensando que el causante de la pérdida del ensayo hubiese sido un factor de suelo. Sin embargo, el segundo ensayo también se desechó debido a la pérdida de plantas producto de las bajas temperaturas que se presentaron durante la emergencia del cultivo (temperaturas no muy comunes en esa época del año en la zona) y en forma posterior al ataque de gusanos alambres.

8. ACTIVIDADES REALIZADAS Y NO REALIZADAS DEL PROYECTO

9.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante todo el proyecto para la obtención de los objetivos.

N° OE	N° RE	Actividades
1-5		Reunión de coordinación equipo técnico y de apoyo
1	1	Adquisición de insumos (elección de variedades de amaranto, compra de fertilizantes, etc.)
1	1	Determinación del volumen de riego a aplicar en función de la información agroclimática (80% ETo)
1	2	Establecimiento de los ensayos por zona (Toma de muestras de suelo, preparación de suelo, instalación sistema riego, siembra, raleo)
1	2	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.)
1	2	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas
5	1	Taller informativo
5	1	Elaboración Protocolo preliminar de siembra
5	1	Siembras demostrativas
1-5		Reunión de coordinación equipo técnico y de apoyo
1	2	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.) – Siembra 2018
1	2	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas – Siembra 2018
1	2-3	Medición y evaluación del rendimiento y sus componentes – Siembra 2018
1	2-3	Registro, procesamiento y análisis de datos para la selección de las mejores variedades por fecha de siembra – Siembra 2018
1	3	Estimación y evaluación de EUA – Siembra 2018
1		Realización de informe con resultados de objetivo 1 – Siembra 2018
1	1	Adquisición de insumos (elección de variedades de amaranto, compra de fertilizantes, etc.) – Siembra 2019
1	1	Determinación del volumen de riego a aplicar en función de la información agroclimática (80% ETo) – Siembra 2019
1	2	Establecimiento de los ensayos por zona (Toma de muestras de suelo, preparación de suelo, instalación sistema riego, siembra, raleo) – Siembra 2019
1	2	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.) – Siembra 2019
1	2	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas – Siembra 2019
5	1	Elaboración Protocolo preliminar de siembra
5	1	Siembras demostrativas
5	1	Talleres Participativo
5	1	Días de Campo
1-2-5		Reunión de coordinación equipo técnico y de apoyo
1	2	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.) – Siembra 2019
1	2	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas – Siembra 2019

N° OE	N° RE	Actividades
1	2-3	Medición y evaluación del rendimiento y sus componentes – Siembra 2019
1	2-3	Registro, procesamiento y análisis de datos para la selección de las mejores variedades por fecha de siembra – Siembra 2019
1	3	Estimación y evaluación de EUA
1	4	Realización de análisis de calidad nutritiva y funcional – Siembra 2019
1	4	Registro, procesamiento y análisis estadístico de los datos de análisis de calidad para la selección de las mejores variedades – Siembra 2019
1		Realización de informe con resultados de objetivo 2 – Siembra 2019
2	1	Selección de las dos mejores variedades según FS para granos y calidad (análisis de informes objetivos 1)
2	1	Adquisición de insumos (elección de variedades de amaranto, compra de fertilizantes, etc.) – Siembra 2020
2	1	Obtención de datos desde estaciones meteorológicas cercanas a cada zona para determinación de Eto – Siembra 2020
2	1	Establecimiento de los ensayos por zona (Toma de muestras de suelo, preparación de suelo, instalación sistema riego, siembra, raleo) – Siembra 2020
2	1	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.) – Siembra 2020
2	1	Manejo de los tratamientos de riego – Siembra 2020
2	1	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas
5	1	Elaboración Protocolo preliminar de siembra
5	1	Siembras demostrativas
2		Reunión de coordinación equipo técnico y de apoyo
2	1	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.) – Siembra 2020
2	1	Manejo de los tratamientos de riego – siembra 2020
2	1	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas – Siembra 2020
2	1	Medición y evaluación del rendimiento y sus componentes – Siembra 2020
2	1	Registro, procesamiento y análisis de datos para mayor EUA para producción de granos – Siembra 2020
2	2	Medición y evaluación del rendimiento y sus componentes, Estimación y evaluación de EUA – Siembra 2020
2	2	Realización de análisis de calidad nutritiva y funcional – Siembra 2020
2	2	Registro, procesamiento y análisis de datos para EUA para calidad – Siembra 2020
2	3	Registro, procesamiento y análisis de datos para variedad de mayor EUA para rendimiento por zona – Siembra 2020
2	4	análisis de datos para variedad de mayor EUA para calidad por zona – Siembra 2020
2	5	Análisis de datos para determinación del volumen de agua para variedad por cada localidad que permite mayor EUA para rendimiento – Siembra 2020
2	6	Análisis de datos para determinación del volumen de agua para variedad por cada localidad que permite mayor EUA para rendimiento – Siembra 2020
2	6	Realización de informe con resultados de objetivo 3 – Siembra 2020

N° OE	N° RE	Actividades
2	1	Adquisición de insumos (elección de variedades de amaranto, compra de fertilizantes, etc.)
2	1	Obtención de datos desde estaciones meteorológicas cercanas a cada zona para determinación de Eto
2	1	Establecimiento de los ensayos por zona (Toma de muestras de suelo, preparación de suelo, instalación sistema riego, siembra, raleo) – Siembra 2021
2	1	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.) – Siembra 2021
2	1	Manejo de los tratamientos de riego – Siembra 2021
2	1	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas – Siembra 2021
4	1	Recopilación de información en bases de datos públicas y privadas de información climatológica, tanto impresa como digital.
4	1	Construcción de una base de datos en formato Excel para almacenar la información climatológica recopilada.
4	2	Recopilación de información cartográfica de clima a nivel nacional e internacional (Worldclim, Chelsa, Bioclim).
4	2	Calibración y validación de información cartográfica de clima a nivel nacional y mundial mediante regresiones geográficas.
4	2	Construcción de matrices o GRIDs de clima calibrados y validados para Chile en formato ASCII-GRID de ArcGis.
4	3	Implementación y aplicación del modelo ECOCROP para estimar la idoneidad territorial de Amaranto en el área de estudio.
5	1	Elaboración Protocolo preliminar de siembra
5	1	Siembras demostrativas
5	1	Talleres Participativo
5	1	Días de Campo
5	2	Documentos técnicos
2		Reunión de coordinación equipo técnico y de apoyo
2	1	Seguimiento del cultivo en cada zona (fenología, condiciones de crecimiento, manejos agronómicos, etc.) – Siembra 2021
2	1	Manejo de los tratamientos de riego – Siembra 2021
2	1	Cosecha, secado y trillado de ensayos en las distintas zonas – Siembra 2021
2	1	Medición y evaluación del rendimiento y sus componentes – Siembra 2021
2	1	Registro, procesamiento y análisis de datos para mayor EUA para producción de granos – Siembra 2021
2	2	Medición y evaluación del rendimiento y sus componentes, Estimación y evaluación de EUA – Siembra 2021
2	2	Realización de análisis de calidad nutritiva y funcional – Siembra 2021
2	2	Registro, procesamiento y análisis de datos para EUA para calidad – Siembra 2021
2	3	Registro, procesamiento y análisis de datos para variedad de mayor EUA para rendimiento por zona – Siembra 2021
2	4	análisis de datos para variedad de mayor EUA para calidad por zona – Siembra 2021

N° OE	N° RE	Actividades
2	5	Análisis de datos para determinación del volumen de agua para variedad por cada localidad que permite mayor EUA para rendimiento – Siembra 2021
2	6	Análisis de datos para determinación del volumen de agua para variedad por cada localidad que permite mayor EUA para rendimiento – Siembra 2021
3	1	Realización de análisis de calidad nutritiva y funcional en productos agroindustriales
3	2	Realización de análisis de perfil aminoacídico en bebida no láctea
3	3	Realización de evaluación de reventado y análisis de calidad física de granos reventados
3	4	Realización de evaluación de reventado y análisis de calidad nutricional de granos reventados
4	2	Construcción de matrices o GRIDs de clima calibrados y validados para Chile en formato ASCII-GRID de ArcGis.
4	3	Implementación y aplicación del modelo ECOCROP para estimar la idoneidad territorial de Amaranto en el área de estudio.
4	3	Implementación y aplicación del modelo MAXENT para estimar la idoneidad territorial de Amaranto en el área de estudio.
4	3	Construcción de matrices o GRIDs de idoneidad territorial de Amaranto en el área de estudio.
4	3	Cartografía digital e impresa de la idoneidad territorial de Amaranto en el área de estudio.
5		Seminario final
5		Realización de Informe Final

9.2 Actividades programadas y no realizadas durante el todo el proyecto para la obtención de los objetivos

N° OE	N° RE	Actividades	Justifique brevemente
5	1	Talleres Participativo	Tanto el taller participativo como el día de campo planificado para realizarse en Longotoma en enero y abril del 2021 no pudieron realzarse por efectos de la pandemia.
5	1	Días de Campo	

10. POTENCIAL IMPACTO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se debe hacer una descripción y cuantificación general del potencial impacto 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.

El potencial de impacto de los resultados obtenidos puede ser descrito o cuantificado según si es de ámbito productivo (rendimiento, costos de producción), económico (ventas), comercial (participación del mercado), social (nuevos empleos generados por efecto del proyecto), tecnológico (solicitudes de patentes), etc.

El objetivo principal de este proyecto fue seleccionar variedades de amaranto, resilientes al estrés hídrico, en función de una alta eficiencia en el uso del agua (EUA) para rendimiento, calidad nutricional y funcional de los granos en la zona Central de Chile. De este objetivo emanan beneficios de gran relevancia en términos de que se cuenta con la selección de dos variedades de amaranto (una de ellas desarrollada por la Facultad de Ciencias Agronómicas), que tienen importantes ventajas agronómicas respecto de su tolerancia y eficiencia en el uso del agua, tanto desde el punto de vista productivo como nutricional. Además, para la zona de estudio (entre las Región de Valparaíso y la Región del Maule) se cuenta con la selección de las fechas de siembra que permiten optimizar el rendimiento y calidad nutricional de sus granos, pero con una mirada sostenible del recurso agua, apostando por lograr un óptimo entre lo económico y lo sostenible.

También se pudo verificar que el cultivo de amaranto soporta condiciones de estrés hídrico severas tales como dejar de regar a inicios de la etapa reproductiva (etapa crítica en la determinación del rendimiento) simulando lo que puede ocurrir en algunas localidades donde el agua de riego se agota a inicios del verano. Si bien bajo estas condiciones sus rendimientos disminuyen, la calidad de sus granos, tanto desde el punto de vista de calidad nutritiva (proteína y fibra) como funcional (escualeno, capacidad antioxidante y fenoles totales), tiende a mantenerse y/o a aumentar como es el caso de la actividad antioxidante. El rendimiento promedio obtenido bordea los 2.800 kg/ha, valor que está sobre el promedio indicado por literatura.

Si bien los valores de EUA no fueron los esperados, se pudo verificar que este hecho se asocia más bien a pérdidas de agua que se producen por factores externos tales como evaporación (suelos descubiertos, por malas densidad de plantas), escorrentía superficial (suelos compactados como ocurrió en Alhué), percolación (suelos con escasa materia orgánica que no tienen la capacidad de retener la humedad). Por tanto, las bajas eficiencias (sobre todo en Alhué) se deben más bien a la capacidad del suelo de retener agua, y no a otras variables asociadas al uso del agua como la evapotranspiración de referencia (agua que usa el cultivo), que resultó ser similar entre las localidades. Por ello, para obtener las ventajas fisiológicas de tolerancia del amaranto al estrés hídrico y hacer un uso eficiente del agua de riego, es primordial contar con buenas preparaciones de suelo, que permitan que la escasa agua con la que cuentan muchos agricultores de la zona central sea aprovechada por el cultivo. En este mismo sentido, se constató que, en las localidades estudiadas, desde los 1.500 m^3 ha^{-1} el amaranto experimenta aumentos del rendimiento. No obstante, a mayor agua aplicada vía riego mayores son las pérdidas (por ejemplo, percolación o escorrentía), por lo que es posible que una mayor eficiencia de riego, en términos de frecuencia, tiempo de riego y un sistema eficiente (como por

cinta), con estos mismos montos de agua puedan contribuir a obtener rendimientos aún mayores.

Con los datos obtenidos se generó un mapa de zonificación del cultivo en Chile, lo que permitirá determinar y validar nuevas áreas potenciales donde el cultivo de amaranto se podría desarrollar, siendo una herramienta base para la toma de decisiones en función de buscar nuevas alternativas de cultivo para muchos agricultores que, por restricciones hídricas, han dejado de tener opciones de cultivo comercialmente viables para sus campos.

Por otra parte, a partir de los ensayos del proyecto fue posible observar el efecto de la adición de amaranto sobre matrices alimentarias, se evalúo un cereal extruido y una barra energética con la inclusión de amaranto, observándose que el cereal extruido con amaranto aumentó en un 46% los fenoles totales y un 59% la capacidad antioxidante, mientras que en el caso de la barra energética se observó un 24% más de capacidad antioxidante.

11. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno (sociales, culturales, normativos, tecnológicos, de mercado y económicos, entre otros) que afectaron la ejecución del proyecto y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

No se presentaron problemas de esta índole

12. PRODUCTORES PARTICIPANTES DURANTE LA EJECUCIÓN

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

12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar la región, tipo de productor, número de mujeres, número de hombres, etnias y el total de los participantes durante la ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Total
RM	Productores pequeños	33	17	-	50
	Productores medianos-grandes	-	-	-	-
Región de O´Higgins	Productores pequeños	11	16	-	27
	Productores medianos-grandes	-	-	-	-
Maule	Productores pequeños	7	13	-	20
	Productores medianos-grandes	-	-	-	-
Ñuble	Productores pequeños	24	43	-	67
	Productores medianos-grandes	-	-	-	-
	Totales	**75**	**89**	**-**	**164**

12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Debe indicar el nombre de cada productor y la información de la ubicación de las unidades productivas, la superficie y la fecha de ingreso del productor al proyecto.

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há.	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
Rainer Wirth Castro	V	La Ligua		5 ha	01/06 2018
Adela Flores Allende	V	Alhué		3 ha	01/06 2018
Luis Soto Pinilla	VII	Colbún		8 ha	01/06 2018
Agricola San Miguel	RM	Isla de Maipo		5 ha	01/06 2018
Diego Pizarro Carreño	VI	Pichidegua		5 ha	01/06 2018
Sor Ruz Lucero	VI	Pichidegua		2 ha	19/01/ 2022

13. DIFUSIÓN

Describa las actividades de difusión realizadas durante toda la ejecución del proyecto:

Fecha de realización	Localidad	Tipo de evento	Participantes	Verificación
23-10-2018	Alhué	Taller informativo acerca de la siembra de amaranto y selección de semillas para propagación. Se entregó un tríptico informativo elaborado en etapas anteriores del presente proyecto	32	- Invitación Para más detalles ver Informe 3 (Anexo 1) -
25-01-2019	Colbún	Día de campo Manejo del cultivo de amaranto y su relación con las fechas de siembra	20	- Invitación. -Lista de participantes Para más detalles ver Informe 3 (Anexos 3, 5 y 6)
07-03-2019	Alhué	Taller de cosecha de amaranto	23	- Invitación. - Lista de participantes. Para más detalles ver Informe 3 (Anexos 2, 7 y 8)
22-03-2019	Estación Experimental Santa Rosa de INIA Quilamapu. Chillán	Día de campo de agroecología, agricultura orgánica y sostenibilidad.	430	- Poster - Noticias Para más detalles ver Informe 3 (Anexos 10, 11 y 12)
15-11.2019 – 28-03-2020	Paine	Capacitación para siembra en la RM	1	- Visita para asesorar siembra y manejo Para más detalles ver Informe 4, Anexo 6. -
13-08-2020		Webinar de Amaranto	68 reproducido más de 1.500 veces	Para más detalles ver Informe 5 (Anexos 3,4, 5 y 6)

16-10-2020	on line	Congreso Amaranto en México. “Amaranto en la zona central de chile: variedades y fechas de siembra”	-	Para más información ver Informe 5 (Anexos9, 10, 11 y 12)
22-10-2020	on line	Participación en congreso “Hacia la innovación y el desarrollo tecnológico: una visión para el 2030”. “Amaranto un cultivo multifacético en términos alimentarios y resiliente al cambio climático”	-	Para más información ver Informe 6 (Anexo 7)
18-11-2020	On line	Agro-podcast InnovaTé” de la Radio Minagri, perteneciente al Ministerio de Agricultura	-	Para más información ver Informe 6 (Anexos 9, 10, 11 y 12)
09-11-2921	On line	Participación en el Congreso de Cultivos Ancestrales **“**Amaranto: un cultivo versátil y resiliente al cambio climático”	-	Para más información ver Informe 7 (Anexos 6)
15-03-2022	Pichidegua	Día de Campo “Respuesta del amaranto al déficit hídrico”	27	- Invitación. - Lista de participantes. Para más información ver Informe 8 (Anexos 7)
06/10/2022	Santiago	Seminario. Innovaciones para enfrentar el cambio climático. Coloquio de Innovación – RM. Organizado por FIA. Amaranto: Una alternativa productiva, nutritiva y resiliente al cambio climático para la	25	Invitación por parte de FIA Para mas detalle ver Anexo 14, informe Final.

		pequeña agricultura de la Zona Central de Chile		
26-10-2022	Santiago	Seminario Cierre “Amaranto una alternativa productiva, nutritiva y resiliente al cambio climático”	38	- Invitación. -Lista de participantes Para más detalles ver Informe Final (Anexo 15)
	TOTAL, PARTICIPANTES		**664**	

14. CONCLUSIONES

Son las reflexiones o deducciones generadas luego de analizar la evidencia de las actividades, los resultados o las premisas del proyecto al término de su ejecución. Aborda aspectos de gestión, técnicos y de contexto, entre otros. Tiene una perspectiva de pasado.

Se debe entregar una apreciación a un nivel más amplio del aporte de los resultados obtenidos para el sector silvoagropecuario y agroalimentario de nuestro país, especialmente en el marco del desafío estratégico de FIA en el cual postuló.

Gracias a las experiencias y conocimientos generados a partir de este proyecto, se ha logrado confirmar la viabilidad productiva del establecimiento del cultivo de amaranto en la zona central de nuestro país.

Se logró establecer que el cultivo de amaranto soporta condiciones de estrés hídrico severas tales como dejar de regar las plantas a inicios de la etapa reproductiva (etapa crítica en la determinación del rendimiento), lográndose un rendimiento promedio de 2.288 kg ha^{-1} para las plantas sin estrés, en tanto que para restricción hídricas medias y severas (reposición del 50% de la evapotranspiración del cultivo y sin reposición de esta) fueron de 1.674 kg ha^{-1} y 1.234 kg ha^{-1}. Esto indica que, pese a la restricción hídrica, las plantas son capaces de producir granos, e incluso con valores que bordean el promedio de rendimiento del cultivo según literatura (alrededor de 1.500 kg ha^{-1}).

Si bien los rendimientos de amaranto frente a un estrés hídrico disminuyen, la calidad de sus granos, tanto desde el punto de vista de calidad nutritiva (proteína y fibra) como funcional (escualeno, capacidad antioxidante y fenoles totales), tiende a mantenerse e incluso a aumentar, como sucedió con la capacidad antioxidante cuyo valor aumentó en función del estrés hídrico.

Para obtener las ventajas fisiológicas de tolerancia del amaranto al estrés hídrico y hacer un uso eficiente del agua de riego, es primordial contar con buenas preparaciones de suelo, que permitan que la escasa agua con la que cuentan muchos agricultores de la zona central sea aprovechada por el cultivo.

Se constató que desde los 1.500 m^3 ha^{-1} el amaranto experimenta aumentos del rendimiento. No obstante, a mayor agua aplicada vía riego mayores son las pérdidas, por lo que si se optimizan los métodos, sistema y frecuencias de riego, con estos mismos montos de agua se podrían obtener rendimientos aún mayores.

Se han identificado fechas óptimas de siembra para las localidades consideradas en el proyecto (Longotoma, Alhué, Colbún, Pichidegua) que permiten optimizar el rendimiento y calidad nutricional de sus granos, pero con una mirada sostenible del recurso agua, apostando por lograr un óptimo entre lo económico y lo sustentable. Además, se han identificado las mejores variedades según localidad y eficiencia del uso de agua esperada, observándose que CB-01 (variedad local) presenta una mayor EUA para la producción de compuestos funcionales, sobre todo bajo condiciones de estrés.

El cultivo presenta una adaptación amplia, lo que se demostró a través del mapa de zonificación del cultivo en Chile, lo que permitirá determinar y validar nuevas áreas potenciales

donde el cultivo de amaranto se podría desarrollar, siendo una herramienta base para la toma de decisiones en función de buscar nuevas alternativas de cultivo para muchos agricultores que, por restricciones hídricas, han dejado de tener opciones de cultivo comercialmente viables para sus campos.

Esta información es muy relevante para la toma de decisiones al momento de adoptar este cultivo con el objetivo de contar con alternativas para enfrentar el cambio climático (desafío estratégico abordado en esta iniciativa), dado que permite seleccionar una variedad orientada a nuestros objetivos, ubicación geográfica y disponibilidad de riego, además de permitir el cálculo aproximado de rentabilidad, al contar con un rendimiento referencial.

En relación con el aporte concreto e impacto potencial de los resultados del proyecto al sector silvoagropecuario, en específico en lo relacionado con el desafío estratégico postulado, que dice relación con la adaptación al cambio climático, es importante citar al académico de la Facultad de Cs. Agronómicas de la U. de Chile, Fernando Santibañez, quien en entrevista a "La Tercera", 2019, indicó que “hay regiones como Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins y parte de la Metropolitana que sufren una baja en las siembras de cereales y legumbres. Los agricultores perciben los mayores riesgos en la siembra, ya sea por la falta de precipitaciones o por los cambios en los regímenes de lluvia. Los períodos de sequía son más prolongados y los eventos de lluvia, más intensos". Los resultados de este proyecto aportan conocimiento relevante para considerar al amaranto como una alternativa viable ante el cambio climático, con una demanda potencial en crecimiento y con destacados aportes nutricionales y funcionales

15. RECOMENDACIONES

Es un planteamiento de lo que se considera beneficioso proponer en relación con lo trabajado al término de su ejecución. Aborda aspectos de gestión, técnicos y de contexto, entre otros. A diferencia de las conclusiones, estas tienen un sentido de futuro.

Entre los aspectos a abordar, incorporar factores que se consideran claves para una implementación efectiva y/o adopción exitosa de la innovación, así como desafíos y/o problemas que quedan pendientes por resolver. Estas recomendaciones podrían, en caso justificado, conducir a futuros ajustes del proyecto inicial.

Los resultados del proyecto son alentadores y permiten orientar la identificación de una demanda potencial en el sector de la industria de alimentos.

Es posible respaldar el aporte que representan los resultados de este proyecto a partir de las decisiones que han tomado asociados como IANSA, quienes en la actualidad se encuentran realizando esfuerzos para establecer manejos agronómicos óptimos para la producción a gran escala de amaranto, de igual manera se ha evidenciado el interés de cooperativas y pequeños agricultores por incluir en su paleta productiva al cultivo del amaranto. Pese a esto aún es necesario explorar y desarrollar un mercado que demande la producción de amaranto de manera continua para dar sostenibilidad al cultivo, es por ello que la U. de Chile, a través de sus investigadores, se encuentra desarrollando una nueva iniciativa que tiene por objetivo desarrollar un cereal extruido en base a amaranto, que maximice su inclusión, y genere un producto comercial que destaque en el mercado al compararlo con productos similares. Cabe mencionar que resulta interesante analizar otro tipo de productos en que luzca el potencial nutricional del amaranto, para mercados más pequeños, pero con un mayor valor percibido. La utilización del amaranto en sustitutos de la carne, así como en batidos proteicos, son solo algunos de los ejemplos que se pueden observar ya en algunos mercados internacionales.

Uno de los desafíos que enfrenta esta innovación para su escalamiento a nivel comercial es la tecnificación del cultivo la cual no ha sido desarrollada, sobre todo en lo referente a la siembra y cosecha, las cuales aún se hacen manualmente, siendo necesario ralear el cultivo una vez que las plantas emergen. Este hecho redunda en una alta dependencia de mano de obra y en una rentabilidad muy heterogénea lo que genera una baja adopción por parte de los productores y por ello aún no se ha posicionado como un cultivo resuelto para la industrialización. Cabe destacar que actualmente la escasez de mano de obra asociada a la agricultura es uno de los principales factores que desafía al crecimiento del sector. Por ello, cualquier innovación que se haga en él, debe llevar incorporado la tecnificación para su producción.

Otro desafío que también es clave para que una total implementación de esta innovación tiene relación con la adquisición de semilla por parte de los agricultores. Al respecto, a través de estudios llevados a cabo por la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, se cuanta con el protocolo de manejo para la producción de semilla pura de amaranto. Esta semilla se produce todos los años en las dependencias de la Facultad y ha sido utilizada para los ensayos de campo y también para ser entregada a agricultores/as que estén interesado/as en sembrar. Sin embargo, si el cultivo se desarrolla a gran escala, es necesario que esta producción esté en manos de alguna empresa que las produzca y la comercialice.

16. MENCIONE OTROS ASPECTOS QUE CONSIDERE RELEVANTE INFORMAR, SI LOS HUBIERE.

A través de los resultados del proyecto, han quedado demostradas las excelentes ventajas agronómicas y alimentarias que presenta este cultivo. Sin embargo, se debe destacar que estas ventajas, sobre todo aquellas asociadas a la gran tolerancia al estrés hídrico que presentan las plantas, solo se van a manifestar cuando el manejo del cultivo se haga de manera eficiente, sobre todo lo que tiene relación con la preparación y métodos de riego.

Este es un cultivo que se debiera recuperar en Chile (es un cultivo ancestral) y si bien es cierto a través de la ejecución de este proyecto se ha avanzado en el manejo de la fecha de siembra y requerimientos hídricos de las plantas, aún existen aspectos de manejo que no se han abordado, entre ellos la tecnificación del cultivo, aspecto clave para escalar a una producción comercial. Esperamos que a través de este tipo de iniciativas se siga avanzando, de tal manera que un futuro próximo el amaranto este considerado como uno de los cultivos tradicionales en nuestro país y forme parte de la dieta de los chilenos.

17. ANEXOS

Enumere y nombre los anexos en una la lista. Los nombres de los anexos deben ser iguales al nombre de los documentos adjuntos.

N° del anexo	Nombre del Anexo
Anexo i	Tabla Indicador Código PYT-2018-0026
ITF	Informe Lecciones Aprendidas_PYT-2018-0026
1	Análisis nutricional de granos enteros y reventados
2	Agricultores con sistema de riego tecnificado establecido
3	Selección de la mejor fecha de siembra para cada localidad
4	EUA por fecha de siembra
5	EUA en función del régimen hídrico
6	EUA por calidad de grano y por genotipo
7	Producto procesado por la empresa Nitay evaluado en su composición nutritiva y funcional

8	Producto procesado por la empresa IANSA evaluado en su composición nutritiva y funcional
9	Calidad física de grano reventado
10	Calidad nutricional y funcional de grano reventado
11	Base de datos climática, área de estudio y período completo de evaluaciones
12	Base de datos espaciales en formato matricial o GRID
13	Cartografía de adaptabilidad territorial al cultivo Amaranto
14	Agricultores capacitados
15	Documento técnico del cultivo. Amaranto: Principios y experiencias para su cultivo en Chile
16	Seminario de Cierre
17	Anexo 17. Zonificación Amaranto Cruz et al, 2022

18. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration — guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome

Aparicio, N.; Villegas, D.; Casadesus, J.; Araus, J.L. and Royo, C. 2000. Spectral vegetation indices as a non-destructive tools for determining durum wheat yield. Agronomy Journal 92:83-91

Ayala, A; Escobedo, D., Espinoza, L., Espitia, E. 2012. El cultivo de amaranto en México, descripción de la cadena, implicaciones y retos. (cap. 12, pp. 315-330). En: Espitia, E. (Ed.). Amaranto: Ciencia y Tecnología. Celaya, Guanajuato, México: INIFAP; SINAREFI. 368 p. (Libro Científico Nº2)

Barrales, J. y L. Torres. 1998. Capacidad de reventado del grano de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) producido en dos ambientes de temporal. [en línea]. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 4(1): 63-66. Recuperado en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60833304>.

Bressani, R. 1994. Composition and nutritional properties of amaranth. Amaranth Biology, Chemistry, and Technology, (185-201), O. Paredes-López (Ed.), CRC Press, Boca Raton, Estados Unidos. https://doi.org/10.1201/9781351069601

Chaudhari, P. P., Patel, P. T., & Desai, L. J. 2009. Effect of nitrogen management on yield, water use and nutrient uptake of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) under moisture stress. *Indian Journal of Agronomy*, *54*(1), 69
.
Corke, H. and Cai, Y. 2016. The legumes and pseudocereals. Amaranth: Overview. Hubei University of Technology, Wuhan, China; University of Hong Kong, Hong Kong, China. 10p.

Cruz, G. 2012. Determinación del perfil nutricional para el etiquetado de los productos de amaranto de la fundación fortiori. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Escuela Bioquímica y Farmacia. Robamba – Ecuador. 147 p.

Das, S. 2016. Pseudocereals an efficient food supplements. (cap. 2, pp. 5-7) En: *Amaranthus*: a promising crop of future. Singapore: Springer Nature. 208p.

Devi, M., Sharma, K., Jha, S. Arora, S. Patel, S., Kumar, Y., Vishwakarma, R. 2020. Effect of popping on physicochemical, technological, antioxidant, and microstructural properties of makhana seed. Journal of Food Processing and Preservation. 44(10): 1-10

De la Vega, A. y De la Fuente, E. 2003. Elección de genotipos. (pp. 319–349). En: Satorre, E.; R. Benech; G. Slafer; E. De la Fuente; D. Miralles; M. Otequi. et al. 2003. Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Argentina: Editorial Facultad de Agronomía. 783p

Díaz, A.; J. Escalante; A. Trinidad; P. Sánchez; C. Mapes y D. Martínez. 2004. Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. [en línea] *Terra Latinoamericana*, 22(1): 109-116. Recuperado en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311208012.pdf>.

Dumschott, K., Wuyts, N., Alfaro, C., Castillo, D., Fiorani, F., y Zurita-Silva, A. 2022. Morphological and physiological traits associated with yield under reduced irrigation in chilean coastal lowland quinoa. Plants, 11(3), 323. https://doi.org/10.3390/PLANTS11030323

Falasca, S.; S. Pitta and M. Bernabé. 2014. Agroclimatic Zoning for Amaranth (*Amaranthus caudatus*) Using a Geographical Information System in Argentina. Journal of Geography, Environment and Earth Science International, 1(1):9-23.

Fick, S.E. and R.J. Hijmans, 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces
for global land areas. International Journal of Climatology 37 (12): 4302-4315.

Hargreaves, G., & Samani, Z. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1(2), 96-99. https:// doi.org/10.13031/2013.26773

Jamalluddin, N., Massawe, F., y Symonds, R. (2018). Transpiration efficiency of

Amaranth (*Amaranthus* sp.) in response to drought stress. 94(4), 448–459. https://doi.org/10.1080/14620316.2018.1537725

Johnson, B. L., & Henderson, T. L. (2002). Water use patterns of grain amaranth in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, *94*(6), 1437-1443.
Khan, R and Dutta, A. 2028. Effect of popping on physico-chemical and nutritional parameters of amaranth grain. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7(3): 954-958.

Kigel, J. 1994. Development and ecophysiology of Amaranthus. In: Paredes-López O. (ed.) Amaranth Biology, Chemistry and Technology. CRC Press, Boca Raton FA. p: 40-73.

Lara, N. and J. Ruales. 2002. Popping of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) and its effect on the functional, nutritional and sensory properties. [en línea]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(8): 797-805. Recuperado en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.1069>.

Mapes, E. 2015. El amaranto. Ciencia, julio-septiembre, 8 p.
http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf

Murchie, E. and M. Reynolds. 2012. Crop Radiation capture and use efficiency. (pp. 591-614). In: Christou, P.; R. Savin; B. Costa-Pierce et al. (Eds.). Sustainable food production. New York, USA: Springer. 1869p.

Moragues, M.; García del Moral, L.F.; Moralejo, M. and Royo, C. 2006. Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the mediterranean basin ii. Biomass production and allocation. Field Crops Research, 95:182–193.

Moreno, K.; V. Bonilla; C. Saucedo y P. Porras. 2018. Evaluación del consumo de amaranto en puebla (cap. 4 pp. 264-267). En: Congreso Mundial del Amaranto (1º, 10 al 12 de octubre de 2018, Cholula Puebla, México). Libro de Memorias. E. Espitia; D. Escobedo; A. Meza y P. Rivas (Eds.). Puebla, México. Grupo de enlace para la promoción del amaranto. [457p.]

ODEPA, 2019. Panorama de la Agricultura Chilena. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura. Disponible en: www.odepa.gob.cl.

Ravindra K, Rattan P., Mor S., & Ashutosh Nath Aggarwal. 2019.Generalized additive models: Building evidence of air pollution, climate change and human health. Environment International. Volume 132. Disponble en: https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104987.

Rioja A., Vizaluque, B., Aliaga-Rossel, E., Tejeda, L., Book, O., Mollinedo, P., Peñarrieta, J. 2018. Determination of the total antioxidant capacity, total phenols, and the enzymatic

activity in a non-diary beverage based on grains of chenopodium quinoa. Revista Boliviana de Química, 35(5): 168-176.

Rodas, B. y Bressani, R. 2009. Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 59(1): 82-87.

Sarker, U., Oba, S. 2019. Drought stress enhances nutritional and bioactive compounds, phenolic acids and antioxidant capacity of Amaranthus leafy vegetable. Plant Biology, 18(258): 2-15. https://doi.org/10.1186/s12870-018-1484-1

Stanton C, Carapetis M, Phillips P. 2007. Fibre facts: dietary fibre. Medicine Today, 9(2): 63-68.

Soberon J., 2011.Modelo de Nicho y Manejo de la Biodiodversidad pp143-159. En: Simonetti J. y Dirzo R. (Editores), 2011. Conservación biológica: perspectivas desde América Latina. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 194 páginas.

Tang, Y., and Tsao, R. 2017. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. Molecular Nutrition and Food Research, 61(7), 1600767.

Zubillaga, M. 2017. Comportamiento del cultivo de amaranto en el Valle Inferior del Río Negro, Argentina. Optimización de las condiciones del cultivo. [en línea]. Tesis Doctoral en Ciencias Agrarias, Bahía Blanca, Argentina: Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. 294p. Recuperado en: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/4132/1/Tesis%20Zubillaga.pdf>.