

ANEXO N°8

FORMULARIO DE POSTULACIÓN FIC-R 2023

I. IDENTIFICACIÓN PROYECTO

NOMBRE PROYECTO¹	Revalorización de la quínoa a través de la extracción de saponinas
DURACIÓN	36 meses
MONTO SOLICITADO FIC (M\$)	165.595

LÍNEA A LA QUE POSTULA

SECTOR	EJE	Selección
Eje 1: Agroindustria y alimentación avanzada	Alimentos funcionales	<u>x</u>
	Alimentación saludable	
	Embalajes y envases inteligentes y sustentables	
	Agricultura 4.0	
Eje 2: Región Sustentable y Resiliente	Gestión de Riesgos	
	Gestión Energética	
	Gestión Hídrica y Medio Ambiente	<u>x</u>
Eje 3: Turismo de intereses especiales	Turismo de Montaña	
	Ecosistema Digital de Información Turística	
	Turismo Enológico	
Eje 4: Biosalud	Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de Enfermedades Prevalentes	
	Prevención, Diagnóstico y Control del Cáncer	
Eje 5: Otras iniciativas	Innovación pública	
	Innovación social	

¹ Máximo 60 caracteres

II. IDENTIFICACIÓN DEL POSTULANTE

ENTIDAD POSTULANTE	INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias
REPRESENTANTE LEGAL	Iris Lobos Ortega
NOMBRE DIRECTOR PROYECTO	Félix Estrada Bravo
NOMBRE FORMULADOR	Félix Estrada Bravo
MAIL FORMULADOR	felix.estrada@inia.cl

III. JUSTIFICACIÓN

RESUMEN EJECUTIVO²	<p>La quínoa, es un pseudocereal considerado un súper alimento, gracias a sus cualidades nutricionales. Sus granos destacan por su alto contenido de proteínas, bajo contenido de gluten, bajo índice glucémico, entre otras propiedades. Además, es un cultivo tolerante que se adapta a una amplia gama de ambientes. A pesar de estas características, en Chile el consumo es de apenas 0,022 kg por habitante al año, muy por debajo del consumo de los principales países productores como Perú y Bolivia (1,15 y 0,33 Kg por habitante al año, respectivamente). Esta tendencia se puede explicar por cuestiones culturales y por los bajos niveles técnicos y productivos por parte de los agricultores, lo que eleva los costos de producción y reducen el margen de ganancia. Entre los costos productivos más importantes está la desaponificación (aproximadamente el 50 %) de los granos, es decir eliminar las saponinas. Estas moléculas son metabolitos secundarios que le permiten a la planta protegerse de agentes dañinos. Al ser consumidas, generan un sabor amargo, por lo que la desaponificación debe realizarse. Estos antecedentes, han limitado el crecimiento del cultivo en la región. Sin embargo, actualmente existe un mercado que valoriza las saponinas, gracias a sus propiedades espumantes y surfactantes, las cuales son aprovechadas en diversas industrias. Por lo tanto, la desaponificación podría ser valorizada para la extracción de las saponinas o cosechar la planta completa, ya que las saponinas están presentes en menor concentración hojas y tallos. Así, los agricultores podrían diversificar su matriz productiva y aumentar sus ingresos.</p> <p>El programa de mejoramiento genético de quínoa (PMG-quínoa), cuenta con líneas avanzadas que podrían ser estudiadas con fines de</p>
--------------------------------------	---

² Problemática, objetivos, productos, resultados, beneficiarios, monto, plazo de ejecución, territorio a intervenir. Máximo una página.

	<p>seleccionar genotipos para la extracción de saponinas, primer paso para generar una oferta suficiente para el mercado. En este contexto el objetivo general de esta propuesta es agregar valor al cultivo de la quínoa, a través de la caracterización de las saponinas presentes en las líneas avanzadas del PMG-quínoa, con el fin de darle un impulso al cultivo con perspectivas industriales. Para lo cual se busca tener las saponinas presentes en los genotipos de quínoa del PMG, cuantificadas y caracterizadas, genotipos seleccionados para la extracción de saponinas y generar un protocolo de manejo de la quínoa. Como resultados, se generarán publicaciones científicas y divulgativas, además de días de campo y talleres prácticos. Los beneficiarios directos serán productores de quínoa y asesores técnicos de la región del Maule, dispersados en las comunas de Vichuquén, Hualañé, Licantén, Cauquenes y Constitución. En el proyecto se solicita al FIC del Maule un total de \$ 165.595.000, para ser ejecutados en 36 meses.</p>
--	--

RESUMEN PRESUPUESTARIO (en miles de pesos)

Ítem	Fondos FIC (M\$)	% del aporte FIC	Aporte pecuniario (M\$)	Aporte Valorizado (M\$)	TOTAL (M\$)
Gastos de Administración	8.200	4,95	0	0	8.200
Gastos de Ejecución	116.145	70,13	8.284,75	8.284,75	132.714,5
Gastos de Inversión	41.250	24,91	0	0	41.250
TOTAL (M\$)	165.595	99,99	8.284,75	8.284,75	182.164,5

ASOCIADOS

Con sede en la región

Entidad asociada	RUT	Nombre Representante legal entidad	Teléfono	Mail	RUT representante legal	Dirección	Rol en el proyecto
TECNOLOGIA EN FENOMICA DE	77.197.763-4	Carlos Araya Riquelme	+56 9 8174 5874	carayar@tecnofen.cl	15.916.057-2	av. 5 oriente 2461, Talca	Coordinador equipo Empresa asociada

DIVISIÓN DE FOMENTO E INDUSTRIA

PLANTAS LIMITADA							

Sin sede en la región

Entidad asociada	RUT	Nombre Representante legal entidad	Teléfono	Mail	RUT representante legal	Dirección	Rol en el proyecto

Internacionales

Entidad asociada	RUT	Nombre Representante legal entidad	Teléfono	Mail	RUT representante legal	Dirección	Rol en el proyecto

<p>BENEFICIARIOS³ beneficiarios finales directos e indirectos del proyecto</p>	<p>Beneficiario directo:</p> <p>Agricultores agrupados en la “Cooperativa Agrícola Productores de Quínoa y otros granos del Maule Costero Ltda.” o Cooperativa Quínoa Maule. Corresponde a una agrupación de productores de las comunas de Vichuquén, Hualañé, y Licantén, quienes se dedican a la producción de diversos productos como maíz y porotos, pero principalmente al cultivo de la quínoa. En total los agricultores suman alrededor de 15 hectáreas de quínoa. Además, se trabajará con agricultores productores de quínoa de la comuna de Cauquenes. En total, se trabajará con 100 agricultores que incluyan a la quínoa como un cultivo principal en su sistema productivo o para el autoconsumo. Los asociados son en su totalidad hombres.</p> <p>Asesores técnicos (extensionistas): se espera capacitar al menos 30 profesionales asesores de los productores en temas del manejo agronómico de la quínoa y de los resultados obtenidos en la presente propuesta. Este grupo será el motor impulsor de la ampliación en la</p>
--	--

³ Cuantifique y describa los beneficiarios finales directos e indirectos del proyecto, identificándolos por sexo

	<p>difusión y la transferencia entre los grupos de productores a quienes asesoran.</p> <p>Beneficiarios indirectos:</p> <p>Como beneficiarios indirectos se consideran el resto de los productores, no atendidos directamente por el proyecto, que cultiven especies como leguminosas o cereales que se complementen en las rotaciones de cultivo con la quínoa, con el fin de que conozcan las ventajas productivas de incorporar en las rotaciones de cultivo esta especie. Especialmente, en suelos donde las concentraciones de sal son un problema como en el sector costero de Curepto, Iloca, etc. en los que la producción de leguminosas es un rubro importante y la quínoa presenta ventajas como la tolerancia a la salinidad.</p> <p>Además, las actividades de extensión y difusión serán abiertas, y se dispondrá de información técnica.</p>
<p>PROBLEMÁTICA/BRECHA ABORDADA</p>	<p>La quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd), es una planta herbácea anual perteneciente a la familia <i>Chenopodiaceae</i>. Es cultivada en su mayoría por pequeños agricultores en áreas del secano costero, principalmente para el autoconsumo y marginalmente como un negocio. En Chile, la superficie total de quinoa es de alrededor de 1.700 hectáreas, concentrándose en las regiones de Tarapacá (31 %) y la de O'Higgins (53 %). En la Región del Maule, se estima que la superficie cultivada de quínoa representa el 1,3 % de la superficie nacional (Pefauer, 2018). Por otro lado, en nuestro país el consumo de quínoa es de alrededor de 0,022 kg por habitante al año (ODEPA, 2017), muy por debajo de los principales países productores como Perú y Bolivia, en los cuales el consumo alcanza los 1,15 y 0,33 Kg por habitante al año, respectivamente. Sin embargo, se espera que el consumo nacional de quínoa incremente, debido a su composición nutricional y, por ende, la superficie del cultivo incremente de la mano con el aumento en la demanda de este alimento. Además, las distintas políticas tendientes al rescate de semillas ancestrales, la enmarcan como una de las alternativas alimentarias que garantizan la soberanía alimentaria.</p> <p>Las semillas de quínoa destacan por poseer un alto contenido de proteínas (12–16 % y más), en comparación con otros cultivos de mayor consumo como el trigo (11 %) (Repo-Carrasco et al., 2003). La composición proteica abarca todos los aminoácidos esenciales (Stikic et al., 2012), además de tener un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas y minerales y bajo contenido de almidón (Repo-Carrasco et al., 2003; Pereira et al., 2019; Angeli et al., 2020). Una de sus características más destacable es su bajo contenido de almidón y, por ende, su bajo índice glucémico (Hernández-Ledesma,</p>

2019) y la baja cantidad de gluten (Jacobsen 2003). Estas características hacen de la quínoa un alimento altamente demandado, especialmente por personas con trastornos gastro-intestinales. En este contexto, se han generado diversos suplementos alimenticios, bebidas fermentadas, harinas, etc. (Zevallos et al., 2012, 2014; Cerda-Bernad et al., 2021), elaborados a partir de granos de quínoa, con el fin de entregar alternativas de consumo para los celíacos. Sin embargo, este cultivo presenta saponinas en el grano, hojas y tallos. Estos compuestos son glicósidos del tipo esteroles o triterpenoides (Chandel y Rastogi, 1980) y se han descrito más de 300 tipos. En el caso de las semillas, las saponinas se concentran en el epicarpio o cascarilla, las cuales le otorgan un sabor amargo al producto (Chandel y Rastogi, 1980). Es por esto que después de la cosecha, es necesario eliminarlas, a través de procesos de desaponificación de los granos.

Existen diferentes métodos para la desaponificación de la quínoa; aquellos basados en la producción de espuma en una solución acuosa (método afrosimétrico), escarificación o abrasión mecánica, térmico-mecánico, químicos en los que se utilizan agentes como el hidróxido de sodio y finalmente aquellos que combinan algunos de los métodos anteriores (Corzo-Barragán, 2008). Los métodos afrosimétrico y químicos, son más eficientes en eliminar las saponinas del grano, pero son más costosos y generan contaminación del agua. En el caso de los métodos de escarificado mecánico, son más económicos y no generan un impacto negativo en el medio ambiente, sin embargo, no eliminan en gran medida las saponinas y las cascarillas quedan como un residuo sin utilizar.

En términos de los costos operacionales, la desaponificación, no es un proceso menor para los productores, puesto que puede alcanzar hasta el 50 % de los costos de producción de un pequeño agricultor (CIREN, 2020). En este sentido, dado que los costos de producción de la quínoa son altos, en comparación, por ejemplo, a los de Perú, se ha buscado que la quínoa chilena se diferencie de los principales países productores en la calidad nutricional de los granos, para que alcance un nivel competitivo alto y sea atractiva para los agricultores. Sin embargo, lograr este cometido difícil de alcanzar, puesto que requiere aumentar los niveles tecnológicos de producción y de manejo agronómico que permitan maximizar los rendimientos y la calidad nutricional del producto.

Dentro del proceso de comercialización de la quínoa, los agricultores primero transan la quínoa con intermediarios, los que obtienen precios alrededor de un 72 % más altos que los agricultores. Finalmente, los valores de la quínoa en supermercados oscilan entre

	<p>los 3.000 a 6.000 pesos, dependiendo del gramaje del empaquetado. Estos valores son mucho más altos que los precios de venta de los agricultores, lo que no se ve reflejado en el margen de ganancia del productor. En este contexto, CIREN (2020), estableció que, para un agricultor con un nivel tecnológico medio, que espera tener una producción de 2 toneladas por hectárea y que utiliza riego por surcos, tendría una rentabilidad del 39 % en la región del Maule. Esto implica que lo mínimo que debe sembrar con quínoa un agricultor son alrededor de 1,4 hectáreas. Considerando que la desaponificación eleva notoriamente los costos de producción de un agricultor y, que no es un proceso que se pueda obviar, dado que le quita atractivo a los consumidores por el amargor que entregan las saponinas, es necesario buscar alternativas que valoricen estos compuestos.</p> <p>El objetivo principal de los mejoradores de quínoa es desarrollar variedades con alto rendimiento de granos, adaptadas a diferentes regiones agroclimáticas y con componentes de calidad, como un alto contenido proteico y bajo o nulo contenido de saponinas (Bhargav et al., 2006). Por ende, muchos de los genotipos que se están evaluando son descartados por ser considerados “amargos”. Sin embargo, existen diversos estudios que evalúan el potencial de las saponinas como compuestos activos en el control de enfermedades fúngicas, insecticidas, bactericidas y en productos cosméticos, entre una amplia gama de mercados. De esta manera, darle un nuevo uso a la quínoa como un cultivo industrial enfocado a la obtención de saponinas, genera oportunidades en: i) abre un potencial negocio para los agricultores, en el cual se valoriza la planta completa, ya que es un desecho de la post cosecha de los granos y ii) se podría diversificar las especies producidas en el Maule, contando con un cultivo que se adapta a suelos marginales.</p>
<p>ESTADO DEL ARTE⁴</p>	<p>La propuesta busca caracterizar distintos genotipos de quínoa en términos de la concentración y tipos de saponinas presentes en las semillas o en la planta (tallos y hojas), con el fin de identificar aquellos con alto contenido de saponinas, los que podrían ser utilizados para la extracción de estos compuestos. Los genotipos corresponden a líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético de quínoa de INIA (PMG-quínoa). Este material se ha homogeneizado genética y fenotípicamente, a través de sucesivas autofecundaciones, por lo que actualmente es un material elite que se continúa evaluando para eventualmente generar nuevas variedades de quínoa. Cabe señalar que esté material es superior a los distintos ecotipos distribuidos entre los agricultores, material que es mayoritariamente</p>

⁴ Describa el estado actual de la tecnología a nivel mundial, además de la base con la cual cuenta la institución

heterogeneo y con alrededor de un 10 a 20 % de mezcla. Así, al seleccionar genotipos con altos contenidos de saponinas, se podría generar un **doble propósito para la quínoa: i) producción de alimento de alta calidad (líneas avanzadas seleccionadas con este propósito) y ii) líneas avanzadas que se pueden destinar para la extracción de saponinas**. Mas aún, es importante considerar que la quínoa es una especie con una alta tolerancia a condiciones de estrés abiótico, como las que actualmente imperan en la región (suelos salinos en zonas costeras, altas temperaturas y déficit hídrico), por lo que promover este cultivo en la región permitirá mitigar los efectos nocivos del cambio climático en la agricultura regional.

La idea, es que los agricultores pueden probar el material seleccionado en sus campos, mientras que la empresa asociada Tecnofen, se encargará de vincular a los agricultores con las empresas que requieran saponinas.

Las saponinas surgen del metabolismo secundario de las plantas, cómo compuestos orgánicos que previenen el ataque de agentes patógenos, insectos y la herbivoría. Se concentran en flores, semillas, hojas y tallos, pudiéndose encontrar distintos tipos de saponinas en cada órgano. Sin embargo, en las semillas, específicamente en el epicarpio o cascara, es donde está la mayor concentración de saponinas (concentración nueve meses mayores que en las hojas) (El Hazzam et al., 2019). Químicamente son glucosidos triterpenicos, con un oligosacárido hidrofílico enlazado a una aglicona hidrofóbica (Kuljanabhagavad et al., 2008). En total, se han descrito alrededor de 30 tipos de saponinas en la quínoa y las concentraciones dependen del estado fenológico en el que se encuentre la planta (Lim et al., 2020), alcanzándose mayores concentraciones en momentos clave, como en la floración (Hussain et al., 2021). En relación al contenido de las saponinas presentes en los granos, los ecotipos de quínoa (subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido), se diferencian entre dulces (< 0,11 % de saponinas) o amargas (> 0,11 % de saponinas) (Gómez-Caravaca et al., 2014). **Sin embargo, el grado de amargor, es decir la concentración de saponinas que tenga un ecotipo, va a estar directamente relacionado con su origen y el ambiente en el que se desarrolla**. Por estos motivos es importante evaluar el carácter o rasgo (concentración y tipo de saponinas), bajo distintos ambientes, de tal forma de seleccionar los genotipos más estables (del Pozo et al., 2023)

Si bien es cierto, las saponinas son un compuesto indeseable para el consumidor y pueden tener una actividad como antinutrientes para algunos casos, las diversas propiedades biológicas, han generado un amplio mercado para estos compuestos (Ren et al., 2020; Villacrés et al., 2022). Estos mercados en el área de la salud, cosmética, alimentos y la agroindustria, demandan saponinas para sustituir moléculas

	<p>similares artificiales. Por ejemplo, en el caso de las vacunas para el Covid o la malaria, se han incorporado saponinas extraídas del quillay, únicas con aprobación de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, del inglés “<i>Food and Drug Administration</i>”) y la FAO para su uso en la elaboración de vacunas. En el caso de la industria alimentaria, se ocupan en bebidas gaseosas o en la elaboración de cervezas para generar espumas, a partir de moléculas naturales. También son utilizadas como insumos para la elaboración de insecticidas, fungicidas y bactericidas en la agricultura (Otterbach et al., 2021). Las saponinas reaccionan con compuestos estructurales (esteroles, proteínas y fosfolípidos) presentes en las membranas de los patógenos, tales como hongos y bacterias, generando la muerte celular y del patógeno (Chapagain et al., 2007). También tienen un efecto insecticida, debido a que se unen a enzimas específicas, dañando el revestimiento mucoso de varias células del sistema digestivo (De Geyter, et al., 2012) y, por otro lado, generando falla ecdisial (De Geyter, 2012). De hecho, se han elaborado fungicidas e insecticidas en base a saponinas extraídas de Quillaja saponaria (quillay), Balanites aegyptiaca, Yucca schidigera (Tenorio et al. 2010; Gleń-Karolczyk et al., 2016). Salvo el quillay, las otras especies no están presentes en nuestro país y la extracción de saponinas de este árbol que, a pesar de actualmente ser sustentable, incurre en un alto costo de mano de obra para la obtención de la materia prima de la cual se extraerán las saponinas.</p> <p>En este sentido, estudiar las concentraciones y tipos de saponinas presentes en genotipos de quínoa, permitirán generar con el tiempo nuevas variedades que diversifican el objetivo productivo de los agricultores, centrándose en un producto para la agroindustria con mayor valor agregado que sólo la producción para el consumo.</p>
--	---

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL	Agregar valor al cultivo de la quínoa, a través de la caracterización de las saponinas presentes en las líneas avanzadas del PMG-quínoa, con el fin de darle un impulso al cultivo con perspectivas industriales.
OBJETIVOS ESPECIFICOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar el contenido de saponinas en semillas, hojas y tallos de 15 genotipos de quínoa en tres localidades de la Región del Maule. 2. Caracterizar saponinas presentes en diferentes estructuras vegetativas, desarrollo fenológico y condición hídrica, con el fin de establecer condiciones de cosecha con el contenido más alto de saponinas.

	<p>3. Difundir y transferir los principales resultados obtenidos entre agricultores y asesores técnicos de la región del Maule.</p>
METODOLOGÍA⁵	<p>A partir del primer año de ejecución del proyecto, se contratará a un trabajador agrícola (operario), el cual participará como apoyo en la preparación del material de siembra, preparación de ensayos de campo, siembra, mantención del ensayo, etc. El operario trabajará directamente con la asistente de investigación, Srta. Patricia Herrera. Además, se contratará a un administrativo control de gestión interna, para que colabore en la ejecución del proyecto. El personal técnico encargado de ayudar en el fenotipado de algunos rasgos fisiológicos en los momentos de evaluación y en el ensayo de invernadero, será contratado por un periodo de 25 meses, a partir del mes 12 (Anexo 5, flujo de caja).</p> <p>Los equipamientos serán comprados en el cuarto mes, después de la adjudicación del proyecto (Anexo 5, flujo de caja).</p> <p>Para una óptima gestión del proyecto, se arrendará un vehículo (camioneta pick up).</p> <p><u>Metodología O.E. 1 y 2</u></p> <p>Durante los años de ejecución 1 y 2, se llevarán a cabo ensayos de campo en tres localidades de la región del Maule (Hualañé, Talca y Cauquenes), sin limitaciones de agua y nutrientes, con el fin de identificar la interacción genotipo x ambiente que existirá entre años y localidades, sobre las concentraciones de saponinas. Se evaluarán 9 líneas avanzadas del programa de mejoramiento genético de quínoa de INIA, cinco ecotipos y un control, que corresponde a la única variedad comercial inscrita en el país (Regalona-Baer). Los genotipos serán sembrados en parcelas demostrativas que consistirán en 4 hileras de 4 m de largo con 0.25 m entre hileras, para lo cual se utilizarán sembradoras manuales. Las parcelas serán sembradas en un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones por cada genotipo. Las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) y las condiciones del suelo (temperatura y humedad relativa), serán evaluados en cada uno de las localidades.</p> <p>En los ensayos, se identificarán los eventos críticos de desarrollo (emergencia, yema floral visible, primera antesis, cuaja y madurez fisiológica según la escala BBCH (Sosa-Zuñiga et al. 2017), mediante muestreos periódicos (al menos dos veces por semana). En grano lechoso, grano pastoso, madurez fisiológica del grano y madurez de</p>

⁵ Debe ser desarrollada por cada uno de los objetivos específicos planteados, indicando claramente las actividades y los recursos asociados para su desarrollo (profesionales que intervienen, equipamiento necesario, etc.)

cosecha, se seleccionarán tres plantas de cada parcela para evaluar el contenido de saponinas y caracterizarlas. Además, se hará una caracterización fenotípica (fisiológica) del material evaluado, que contemplará mediciones de reflectancia espectral, y algunos parámetros fotosintéticos.

Para la extracción de las saponinas, a nivel de la planta y granos se utilizará el biorreactor y el escarificador, respectivamente. En el caso de la caracterización (O.E. 2) de las saponinas, estas serán evaluadas a través de la siguiente metodología y se pagará para el análisis de muestras en laboratorio:

Extracción química de un extracto de Saponinas asistida por ultrasonido. La extracción química asistida por ultrasonido (reviewed by Vinatoru y cols., 2017; Majinda, 2012) se realizará a partir de 500 mg de Saponina vegetal seca y molida. El tejido molido se mezclará con 50 mL de diclorometano y se incubará 5 minutos a 50°C en un baño de ultrasonido. Luego la solución se filtrará, y se repetirá dos veces el proceso de extracción. A continuación, el residuo se disolverá en 50 mL de metanol, se incubará 5 minutos a 50°C en un baño de ultrasonido y se filtrará. Los filtrados se recuperarán y evaporarán a presión reducida con un rotavapor hasta obtener un extracto final de saponinas.

Cuantificación del contenido de saponinas mediante espectrofotometría UV visible. Para la cuantificación los extractos de saponinas se prepararán en metanol a una concentración de 10 mg mL⁻¹. Luego se centrifugará a 10.000g durante 10 minutos y el sobrenadante se utilizará para cuantificar el contenido total de saponinas, en base a la comparación con un estándar comercial de saponina pura según lo descrito por Le Bot y cols., 2022. Brevemente, 1 volumen de sobrenadante se transferirá a un tubo de ensayo tapado con una solución 2.3% p-anisaldehído (sustrato cromogénico) y 45.5% ácido sulfúrico, y se incubará 20 minutos a 60°C en un baño termoregulado. Luego, la reacción cromogénica se detendrá mediante la incubación por 10 minutos en un baño de agua-hielo. Finalmente, la absorbancia se medirá en un espectrofotómetro a una longitud de 600nm, y la concentración se determinará a partir de una curva de calibración, utilizando como estándar una Saponina (CAS 8047-15-2; CAS: 26339-90-2) pura disponible comercialmente. La curva de calibración se construirá mediante 9 diluciones desde 2mg L⁻¹ a 0.2 mg L⁻¹ de concentración del estándar de Saponina.

Caracterización del contenido de saponinas mediante HPLC. Con el fin de identificar el perfil de Saponinas de los extractos aislados

previamente (sección 1.1), estos se separarán mediante cromatografía líquida (HPLC) de fase inversa según el procedimiento descrito por Mastebroek y cols., 2000. Brevemente, 200 mg del extracto de saponinas se hidrolizarán con 4 mL de una solución HCl 2.7M. Esta reacción permitirá remover la cadena de azúcar de la estructura de las moléculas de saponina y permitirá la obtención de las sapogeninas (agliconas).

Luego utilizando una fase de cloroformo y estándares internos (control de calibración) de sapogeninas se realizará la extracción mediante agitación de la suspensión de sapogeninas. La cuantificación e identificación de sapogeninas se determinará en base al tiempo de retención y el área relativa de los picos de HPLC, en comparación a estándares internos aislados, junto con la incorporación de un factor de corrección determinado por el peso molecular y el número de carbono efectivo (Scanlon y cols., 1985).

Previo al envío de las muestras al laboratorio, estas serán secadas en un horno de secado.

La cosecha de las panojas y plantas, se realizará manualmente, cosechando las dos hileras centrales de la parcela. Las panojas serán trilladas con una trilladora estacionaria.

Metodología O.E. 2

El efecto de la condición hídrica se evaluará en un ensayo de maceta durante el año 3 del proyecto. De los experimentos de campo y de acuerdo a su tolerancia y estabilidad fenotípica (interacción genotipo x ambiente), se seleccionarán cinco genotipos. Las semillas se sembrarán en macetas de 7,5 L de 26 cm de diámetro y 21,1 cm de altura, rellenas con un sustrato de turba y perlita (proporción 1:1); se plantarán cinco semillas en cada maceta. La fertilización se realizará una vez por semana con una solución completa de Hoagland (Hoagland y Arnon, 1950). Se contempla un pool de maceteros para realizar análisis destructivos.

Se evaluarán tres condiciones de agua: i) riego control (80% de la capacidad de campo de la maceta), estrés moderado (60% de la capacidad de campo de la maceta) y estrés severo (30% de la capacidad de campo de la maceta). Las condiciones de estrés hídrico se impondrán desde la antesis hasta la cosecha. La cantidad de agua a reponer en cada uno de los tratamientos se hará en función del peso de la maceta.

Mediciones

	<p>Además de la concentración de saponinas, se evaluarán distintas variables fisiológicas, las que serán correlacionadas con las concentraciones de estas moléculas.</p> <p>Se utilizará un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento.</p> <p><u>Metodología O.E. 3</u></p> <p>La transferencia tecnológica se realizará a través de la interacción directa con los beneficiarios directos e indirectos del proyecto, los cuales serán convocados a distintas actividades como días de campo con agricultores y asesores (130 en total), además de distintos actores esenciales de la cadena productiva de la quínoa. Con los resultados obtenidos se elaborarán al menos una publicación científica publicada, fichas técnicas (al menos 6) y dos boletines con los resultados principales del proyecto (manual de manejo agronómico para potenciar saponinas en la planta).</p>
ANÁLISIS DE ACCIONES DE MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	<p>Este proyecto tiene como principal eje difundir a la quínoa, como un cultivo doble propósito (alimentación e industrial, a través de la extracción de saponinas), el cual puede desarrollarse bien en las zonas del secano costero, valle central y precordillera de la región del Maule. En el caso de suelos salinos del secano costero, la quínoa tiene la capacidad de aportar a mejorar los suelos de esas áreas dado su tolerancia a la salinidad, por lo que sería una opción para incluirlo en las rotaciones de cultivo con especies como los porotos. De esta manera, los suelos podrían mejorarse paulatinamente, gracias a que se combinan distintos tipos de sistemas radiculares, los que mejorarán propiedades físicas del suelo, como la porosidad. La quínoa presenta una raíz pivotante que puede profundizar más allá de los 60 cm y, además, raíces superficiales que se desarrollan en los primeros 30 cm de profundidad, mejorando la porosidad y profundidad de los suelos. En este sentido, las rotaciones bien implementadas, son una de las primeras acciones para mitigar el uso de fungicidas e insecticidas, los cuales también tienen un impacto negativo en la biodiversidad de los suelos. Por ende, este proyecto no genera impactos negativos en el medio ambiente, sino más bien generará mitigaciones.</p>
ANÁLISIS DE EXTERNALIDADES	<p>El contexto ambiental en el que actualmente vivimos, demanda alimentos funcionales y de alto valor nutritivo. Además, insumos para la industria de origen natural, inocuos y que no generen impactos ambientales negativos. En este sentido, la quínoa cumple con ambos propósitos, puesto que los ecotipos del PMG de quínoa han sido seleccionados por su valor nutricional, tolerancia y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y, además, son del tipo amargo, por lo que presentan concentraciones de saponinas medias a altas. Ambas cualidades generan una diversificación de los</p>

	<p>propósitos productivos para los agricultores, ya sea para la producción de alimento o para la extracción de saponinas. En el caso del uso del cultivo con fines de producción de alimento, igualmente el residuo de la cascarilla de los granos, son ricos en saponinas, por lo que se pueden revalorizar en vez de desechar. Mas importante aún, es el mercado nacional que existe en torno a la extracción de saponinas a partir de otras fuentes naturales, como las de quillay.</p> <p>En este sentido esta propuesta aborda identificar las líneas avanzadas de quínoa que mayor concentración de saponinas tengan, considerando toda la planta y no tan solo la que se encuentra en la cascarilla. Cabe decir, que actualmente es un desecho no valorizado.</p>
--	--

V. PRODUCTOS Y RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DE PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> Saponinas presentes en los genotipos de quínoa del PMG, cuantificadas y caracterizadas: Se cuantificarán y caracterizarán las saponinas de los genotipos (14 genotipos), cultivados en tres comunas contrastantes en cuanto a sus condiciones edafoclimáticas para entender la interacción genotipo por ambiente (GxE) en las concentraciones de saponinas. Genotipos seleccionados para extracción de saponinas: se seleccionarán en base a las mayores concentraciones, considerando toda la planta y a la estabilidad de las concentraciones en los ambientes evaluados (GxE). Además, los genotipos identificados en ensayos de campo, serán evaluados en condiciones de macetero para evaluar la relación entre el déficit hídrico y la concentración de saponinas. Protocolo de manejo de la quínoa para aumentar la concentración de saponinas: Se elaborarán protocolos de manejos de la quínoa, tendientes a maximizar las saponinas.
DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología desarrollada difundida a nivel de la comunidad científica, agricultores y asesores técnicos: se realizará a través de la organización de 3 días de campo (uno por cada año de ejecución del proyecto), participación en un congreso nacional, participación en charlas técnicas (9, tres por cada localidad donde se realizarán los ensayos) de capacitación en el cultivo de la quínoa. Publicaciones científicas y divulgativas publicadas en medios regionales, nacionales e internacionales: se elaborará al

	menos una publicación científica publicada. Se elaborarán fichas técnicas (al menos 6) y dos boletines con los resultados principales del proyecto (manual de manejo agronómico para potenciar saponinas en la planta).
--	---

VI. SEGUIMIENTO:

Indicadores de Proceso	Descripción	Línea Base	Meta	Forma de calculo	Período de medición	Medio de Verificación
Cualitativos	Satisfacción de los agricultores y asesores en los días de campo y charlas técnicas realizadas	0	90 %	Porcentaje de satisfacción media alta (> 50 %)	36 meses	Encuesta de satisfacción
Cuantitativos	Porcentaje de productores que incorporan la tecnología (genotipos de quínoa para la producción de saponinas) en sus sistemas productivos, durante el último año de ejecución del proyecto	0	Al menos 20 %	(N° de productores que incorporan la tecnología /total agricultores capacitados) *100	36 meses	Registro de agricultores que incorporan la tecnología

Indicadores de resultados	Descripción	Línea Base	Meta	Forma de calculo	Período de medición	Medio de Verificación
Cualitativos	Percepción de nivel de aprendizaje de los agricultores en temáticas abordadas en las charlas técnicas	bajo	alto	Bajo = mala percepción de la transferencia y aplicación de los conocimientos Medio = nivel razonable de comprensión	36 meses	Encuesta

DIVISIÓN DE FOMENTO E INDUSTRIA

				del contenido, pero presentan dudas para aplicar la información. Alto = comprenden completamente las capacitaciones y son capaces de aplicar los conocimientos		
Cuantitativos	Protocolo de manejo con genotipos con potencial para extracción de saponinas y manejos agronómicos para potenciar la síntesis de estas moléculas	0	1	0=no existe 1= realizado y difundido	36 meses	Protocolo elaborado

VII. ANÁLISIS DE MERCADO

**ANÁLISIS POTENCIAL
DE MERCADO**

El mercado al cual se orienta esta tecnología es a la producción de saponinas naturales, extraídas de las plantas de quínoa. El material que se utilizara, corresponde a líneas avanzadas del PMG de quínoa de INIA, el cual tiene potencial de alta extracción.

Las saponinas son compuestos químicos naturales que se encuentran en una amplia variedad de plantas. Se han utilizado en diversas industrias debido a sus propiedades espumantes y surfactantes, lo que las hace útiles en la fabricación de productos de limpieza, detergentes, cosméticos, productos para el cuidado personal y para el control de plagas y enfermedades en la agricultura.

Actualmente el mercado de las saponinas se sustenta gracias a factores como la demanda de productos naturales y biodegradables, la creciente conciencia sobre el impacto ambiental de los productos químicos sintéticos y la aceptación de ingredientes naturales en diversas industrias. En nuestro país la principal fuente de saponinas proviene de la extracción a partir de Quillay. Sin embargo, a pesar de que los manejos realizados son más sustentables, que hace poco más de 20 años, cuando se comenzaron a extraer de este árbol nativo, igual generan un impacto negativo medioambiental, por ejemplo, en la producción de miel. Las saponinas del Quillay se extraen de material de poda. La principal empresa (Desert King Chile) que compra saponinas en nuestro país, para poder satisfacer la demanda requiere alrededor de 10.000 toneladas de materia fresca al año., las que se proyectan podrían incrementarse. En este sentido las concentraciones de saponinas presentes en la quínoa podrían tener un nicho importante, puesto que la demanda aumenta, lo que se ve reflejado en el incremento en las exportaciones de saponinas a China. Estas condiciones de mercado, podría potenciar al cultivo en la región del Maule.

La región tiene el 5 % aproximadamente de la producción de quínoa, con fines para la alimentación humana. Los agricultores son en su mayoría pequeños con superficies promedio de 5 hectáreas. Como se mencionó en la sección de (Problema/Brecha), es un cultivo con una rentabilidad del 35 % y cuyo costo operacional del desaponificado, proceso importante para la venta al consumo humano, corresponde casi al 50 % de los costos operacionales. Lo que actualmente es un costo, podría valorizarse, lo que podría mejorar la rentabilidad del cultivo y hacerlo más atractivo.

En términos de la producción sustentable, se han elaborado distintos productos comerciales a partir de saponinas de otras especies (incluidas las de Quillay) para el control de plagas y enfermedades en la agricultura. En este sentido, las saponinas de quínoa, a nivel de experimental, son

	buenos controladores de patógenos de importancia en la producción de hortalizas, como la <i>Botrytis cinérea</i> y <i>Fusarium spp.</i> , entre otras.
PROPUESTA DE VALOR	<p>Esta propuesta pretende valorizar a la Quínoa como un cultivo de doble propósito, es decir, para la producción de alimento y para la extracción de saponinas. A pesar de que los agricultores de la región del Maule, ya cultivan quinoa, con esta propuesta podrían darle un roll más protagónico en sus sistemas productivos, incluyéndola en sus rotaciones. Mas aun, considerando que el cultivo se puede desarrollar en la mayoría de las zonas agroclimáticas de la región, sus bajos requerimientos nutricionales y de riego, características que, a nivel mundial, han impulsado el desarrollo del cultivo y la promoción de su establecimiento. Además, los agricultores que ya cultivan Quínoa, podrán valorar las saponinas presentes en la cascarilla, subproducto que antes se desechaba y hoy tiene un potencial uso.</p> <p>En este sentido, esta propuesta genera valor en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento sostenible: la extracción de saponinas permite el uso más eficiente de la quinoa, promoviendo un enfoque sostenible y reduciendo el desperdicio en la cadena de producción. • Beneficios para la agricultura: al obtener saponinas, se podrían desarrollar productos con potencial uso agrícola, ya que estos compuestos tienen propiedades antifúngicas e insecticidas naturales, ofreciendo alternativas más amigables con el medio ambiente. • Productos naturales y biodegradables: las saponinas extraídas de la quinoa pueden emplearse en la fabricación de productos de limpieza, detergentes y cosméticos naturales y biodegradables • Contribución a la economía local: la extracción de saponinas de la quinoa podría impulsar el desarrollo de industrias relacionadas y estimular la economía en áreas donde se cultiva y produce la quinoa.
ESCALABILIDAD DE LA INICIATIVA	<p>La escalabilidad de la iniciativa de extraer saponinas de la quinoa dependerá de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de materia prima: la quinoa podría ser uno de los principales recursos para obtener saponinas, por lo que la disponibilidad y el suministro constante de esta materia prima serán fundamentales para la escalabilidad de la iniciativa. La región del Maule tiene condiciones favorables para el desarrollo

	<p>de esta especie, lo que favorecería el aumento en la superficie sembrada de esta especie.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnología y procesos de extracción: la tecnología estará dada por la disponibilidad de material genético, estable y con altas concentraciones de saponinas. Además, los manejos agronómicos que concentren más saponinas en la planta, por ejemplo, control del riego. Por otro lado, la eficiencia de los métodos de extracción de saponinas serán determinantes. Si se pueden desarrollar procesos de extracción eficientes y rentables a gran escala, la iniciativa tendrá más probabilidades de expandirse con éxito. En este sentido una manera de extracción eficiente se realiza a través de biorreactores. • Mercado y demanda: la identificación de mercados potenciales y la demanda real de productos derivados de las saponinas será crucial para la escalabilidad. Si existe un mercado sólido y una demanda creciente de productos naturales y sostenibles, la iniciativa podrá ampliarse más fácilmente. • Inversiones y recursos: la disponibilidad de inversiones y recursos financieros para la investigación, desarrollo y escalamiento de la iniciativa será determinante. Contar con suficientes fondos para invertir en tecnología, investigación y mercadeo permitirá un crecimiento sostenible.
<p>MODELO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA</p>	<p>La transferencia tecnología del proyecto inicia con:</p> <p>Material genético: se trabajará con las líneas avanzadas del PMG-quínoa, seleccionando aquellas que tienen potencial para la extracción de las saponinas. Estos genotipos aún no cuentan con la condición de variedad, pero este trabajo permitirá avanzar hacia la obtención de nuevas variedades con el desarrollo del protocolo de manejo que se generará en el proyecto. En el caso de los agricultores, tendrán la posibilidad de conocer el material en las unidades donde se sembrarán los ensayos y para el acceso a la semilla, en el caso que quieran probarlas, se realizará con el correspondiente documento de transferencia de material, según las políticas de acceso a recursos genéticos de INIA.</p> <p>Estrategia transferencia: con los resultados se elaborará la estrategia de manejo de los genotipos seleccionados, considerando la variabilidad ambiental de la región. La transferencia se realizará en conjunto de asesores técnicos y extensionistas.</p>

PLAN DE

DIFUSIÓN

Nombre actividad difusión	Descripción	Medio de verificación
Organizar y ejecutar día de campo	Se organizarán 3 días de campo, uno por año donde se realizará una presentación del proyecto, avance de resultados y presentación de resultados finales	Lista de asistencia y fotografías
Organizar y ejecutar seminario	Se organizarán 3 talleres técnicos por año (uno en cada localidad donde se establecerán los ensayos). Se realizarán capacitaciones en temas relacionados con la quínoa y se presentarán avances de los resultados.	Lista de asistencia y fotografías
Participación en congreso nacional	Se participará en un congreso nacional para promover los resultados del proyecto y la investigación	Certificado de aceptación de trabajo científico
Elaboración de artículo científico y material divulgativo	El artículo científico enviado a una revista ISI, los boletines y las fichas técnicas impresas	Certificado de aceptación y documentos impresos

CARTA GANTT

Nombre actividad difusión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Día de Campo											X												X													X	
Taller técnico									X												X												X				
Elaboración artículo científico																			X	X	X	X															
Elaboración boletines																												X	X	X	X						
Elaboración de fichas técnicas																			X	X	X							X	X	X	X						
Congreso nacional																		X																			

IX. PRESUPUESTO

GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

ítem	Descripción de la inversión	Total Unidades	Unidad de medida	Aporte FIC (M\$)	Aporte pecuniario (M\$)	Aporte Valorizado (M\$)	TOTAL (M\$)
------	-----------------------------	----------------	------------------	------------------	-------------------------	-------------------------	-------------

DIVISIÓN DE FOMENTO E INDUSTRIA

Personal administrativo, control y seguimiento	Personal encargado de hacer el seguimiento a las rendiciones y actividades a ejecutar	60	Horas mensuales	8.200			8.200
Materiales e insumos de oficina							
Viáticos gastos de administración							
...							
TOTAL (M\$)				8.200			8.200

GASTOS DE EJECUCIÓN

ítem	Descripción de la inversión	Total Unidades	Unidad de medida	Aporte FIC (M\$)	Aporte pecuniario (M\$)	Aporte Valorizado (M\$)	TOTAL (M\$)
Contratación de personal para la ejecución	Encargado del proyecto (Félix Estrada-INIA), Equipo técnico encargado ensayos (Patricia Herrera- INIA), trabajador agrícola y técnico	261,614 horas	Horas mensuales	37.000 (trabajador agrícola y técnico encargado fenotipado)		8.285 (Félix Estrada y Patricia Herrera)	45.285

DIVISIÓN DE FOMENTO E INDUSTRIA

	encargado fenotipado						
Difusión y transferencia	Días de campo (3) talleres prácticos (9) con agricultores y asesores, Publicación científica (1) publicación, boletines INIA (2), fichas técnicas (6) y presentación en congreso nacional	21	unidad	8.285			8.285
Gastos generales de ejecución	Arriendo maquinaria preparación suelo, combustible, viáticos, arriendo de vehículo y análisis de muestras en laboratorio	747	unidad	70.860	8.285		79.145
Habilitación de infraestructura							
Giras Tecnológicas							
TOTAL (M\$)				116.145	8.285	8.285	132.715

GASTOS DE INVERSIÓN

ítem	Descripción de la inversión	Total Unidades	Unidad de medida	Aporte FIC (M\$)	Aporte pecuniario (M\$)	Aporte Valorizado (M\$)	TOTAL (M\$)
Equipamiento	Biorreactor, trilladora estacionaria, Escarificador, horno secado, sembradora manual, Sensores ambiente y Sensores suelo	12	unidad	41.250			41.250
TOTAL (M\$)				41.250			41.250

DECLARACIÓN

Postula con criterio de genero

SI ()

NO (x)