



**“Polo territorial de desarrollo de ingredientes
funcionales y aditivos, a partir de granos ancestrales,
para la industria alimentaria mundial ”**

TEMPORADA 2019-2020

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION QUILAMAPU

RESUMEN DE RESULTADOS

La temporada 2019-2020, se estudiaron 10 líneas avanzadas de quínoa en 2 ambientes contrastantes Campo Experimental Hidango, Región de O'Higgins, y Campo Experimental Santa Rosa, Región Ñuble.

Se observaron diferencias en caracteres como duración del desarrollo del cultivo y altura, que llega a los 50 cm en la misma línea cuando se cultiva en riego y seco.

El rendimiento promedio alcanzado en Hidango fue de 1 ton/ha de grano limpio con un contenido proteico promedio de 17% y una relación de ac. Grasos esenciales similares a la soya. En riego (Sta. Rosa), se cosecharon 3 ton/ha de grano limpio con un contenido de proteína medio de 14.2%.

QuinA y QuinH-M destacan en rendimiento y calidad cuando se comparan a Regalona Baer.

LOCALIZACION Y N° DE EXPERIMENTOS

Tipo de ensayo o unidad	Germoplasma sembrado	Diseño experimental	Fecha de siembra	Localidad
Ensayo quinoas Proyecto Polo	10 genotipos elite	Bloque al azar	Julio, septiembre respectivamente	C.E Hidango y C.E Sta. Rosa

CARACTERIZACIÓN ZONAS

Precipitaciones.

C.E Hidango: Durante 2019, las precipitaciones alcanzaron a 252 mm, 42 % menos que el ciclo anterior, siendo el mes de junio fue el más lluvioso alcanzando los 143 mm de agua caída (Cuadro 2). Por otra parte, las temperaturas marcaron sobre 32°C durante el periodo de llenado de grano lo cual produce un estrés en la planta afectando fuertemente el rendimiento y calidad de las líneas evaluadas.

De acuerdo a lo anterior, la temporada agrícola 2019-2020 puede ser clasificada como la correspondiente a un año "muy seco", categoría que tiene un rango de precipitaciones entre 0,1-280 mm de agua caída.

Cuadro 2. Registro histórico de las precipitaciones 2019 medidas en la Estación Agrometeorológica del Centro Experimental Hidango (34º 06' L.S., 71º 47' L.O., 296 m.s.n.m.).

Mes	Precipitación mensual 2019 (mm)
Enero	0
Febrero	0
Marzo	1,8
Abril	1,6
Mayo	60,8
Junio	142,6
Julio	27
Agosto	4
Septiembre	11
Octubre	3
Noviembre	0
Diciembre	0
Total	252

Fertilización de los ensayos

Aunque se efectuó un análisis completo del suelo, respecto a fertilidad y micronutrientes en todas las localidades. Se utilizó una fertilización estándar. 150 u N, 120 u P₂O₅ y 60 K₂O con el objetivo que todos los ensayos tengan un manejo similar disponiéndose en cualquier caso de los análisis respectivos en cada ambiente evaluado.

Control de malezas.

En los ensayos de estudio de las líneas avanzadas de quinoa, las malezas se controlaron manualmente, debido a que hasta el momento no hay herbicidas con etiqueta para este cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro N° 3. Ciclo, altura y rendimiento de 10 genotipos de quínoa estudiados en el Campo Experimental Hidango. Comuna de Litueche, 2019/2020

Genotipo	Días emergencia-floración		Días llenado de grano		Días emergencia madurez		Altura (cm)		Rendimiento (Grano Limpio) kg/ha	
QuinV-1	76	c	52		128	b	64.5	a	1138	ab
QuinV-2	76	c	48		124	b	63.2	a	1137	ab
QuinV-3	74	c	50		124	b	64.5	a	1074	ab
QuinH-m	78	bc	47		124	b	64.3	a	752	b
QuinH-v	84	a	54		138	a	64.5	a	1150	ab
QuinC-27c	81	ab	43		124	b	62.8	a	994	ab
QuinÑ	81	ab	29		110	c	64.3	a	1118	ab
QuinN	74	c	**		**		62.8	a	41	c
QuinA	74	c	50		124	b	63.0	a	1358	a
REGALONA	75	c	35		110	c	63.5	a	1262	ab
PROMEDIO	64						63.7		1002	ab
Coefficiente variación (%)	1.3		35	*	2		3.3		15.9	

*No se realizó separación de medias por la alta variabilidad del parámetro. ** Genotipo no formo grano

Letras diferentes muestran diferencias significativas Duncan P>0.05

Cuadro N° 4. Análisis Proximal de 10 genotipos de quínoa evaluados en el Campo Experimental Hidango. Comuna de Litueche, año 2019/2020.

Genotipo	Cenizas (%)	Fibra Cruda (%)	Grasa Total (%)	Humedad (%)	Proteína Total (%)
QuinV-1	2.6	2.7	5.8	10.9	15.5
QuinV-2	2.8	3.2	4.8	11.2	15.6
QuinV-3	3.5	3.2	4.9	10.8	16.6
QuinH-m	2.1	3.4	4.1	11.3	17.1
QuinH-v	2.2	3	5.6	11.1	16.2
QuinC-27c	2.6	2.5	5.2	10.7	15.6
QuinÑ	3	2.3	5.8	10.7	17.6
QuinN	sin muestra	sin muestra	sin muestra	sin muestra	sin muestra
QuinA	3.2	3.9	5.2	10.6	18.1
REGALONA	3	2.7	5.9	10.6	15.9
PROMEDIO	2.8	3.0	5.3	10.9	16.5

Análisis realizado en LABSER, según las siguientes metodologías acreditadas: AOAC 2001-11; 920-39; 942.05; 978.10 y 930-15 respectivamente.

Cuadro N° 5. Ciclo, altura y rendimiento de 10 genotipos de quínoa estudiados en el Campo Experimental Santa Rosa. Comuna de Chillán, 2019/2020.

Genotipo	Días emergencia-floración	Días llenado de grano	Días emergencia madurez	Altura (cm)		Rendimiento kg/ha	
QuinV-1	59	61	158	153	a	2933	b
QuinV-2	61	63	147	145	ab	4099	a
QuinV-3	64	58	146	110	d	3134	bc
QuinH-m	57	67	124	144	ab	3499	bc
QuinH-v	83	68	151	131	e	3923	ab
QuinC-27c	63	60	123	112	d	2917	a
QuinÑ	62	59	150	135	bc	3658	bc
QuinN	61	75	145	102	c	1702	c
QuinA	57	62	144	144	ab	3102	bc
REGALONA	54	66	144	140	bc	2812	bc
Coefficiente variación (%)	15	8	8	5,3		13,6	

Letras diferentes muestran diferencias significativas Duncan $P > 0.05$

Cuadro N° 6. Análisis Proximal de 10 genotipos de quínoa evaluados en el Campo Experimental Santa Rosa. Comuna de Chillán, 2019/2020.

Genotipo	Cenizas (%)	Fibra Cruda (%)	Grasa Total (%)	Humedad (%)	Proteína Total (%)
QuinV-1	3,6	1,8	6,3	7,1	15,3
QuinV-2	3,4	1,7	6,3	7,4	13,7
QuinV-3	3,2	2,1	5,5	7,6	15,2
QuinH-m	3,3	1,8	5,5	7,5	13,7
QuinH-v	3,2	2,8	5,1	7,5	13,0
QuinC-27c	3,8	3,1	8,0	6,8	14,6
QuinÑ	2,9	2,8	6,6	7,6	14,2
QuinN	4,0	2,9	4,6	7,4	13,5
QuinA	3,6	3,3	5,5	7,1	14,4
REGALONA	3,3	1,6	5,5	7,3	14,5
PROMEDIO	3,4	2,4	5,9	7,3	14,2

Análisis realizado en LABSER, según las siguientes metodologías acreditadas: AOAC 2001-11; 920-39; 942.05; 978.10 y 930-15 respectivamente

CUADRO Nº 7. Ácidos grasos de 2 líneas avanzadas compradas con la variedad REGALONA-BAER, sembrados en 2 localidades el año 2019/2020.

Ácidos grasos		QuinH-v			QuinA			Regalona		
		Hidango	Sta. Rosa	Promedio	Hidango	Sta. Rosa	Promedio	Hidango	Sta. Rosa	Promedio
C16:0	Ácido Palmítico	9,06	9,13	9,3	8,93	8,96	9,13	9,7	9,73	9,82
C20:0	Ácido Eicosanoico	0,49	0,48	0,4867	0,49	0,48	0,4867	0,48	0,49	0,503
C18:1	Ácido Oleico	21,63	24,88	23,0	21,8	23,09	22,317	17,82	20,33	19,3
C 20:1n9	Ácido Eicosaenoico	1,38	1,38	1,37	1,53	1,57	1,5233	1,38	1,47	1,42
C 22:1n9	Ácido Erucico	1,16	1,09	1,13	1,69	1,75	1,72	1,44	1,58	1,51
C 18:2n6	Ácido Linoleico	59,72	56,02	57,7	58,76	56,67	57,34	60,5	57,99	58,8
C 18:3n3	Ácido a-Linolénico	4,66	5,2	5,1	4,8	5,48	5,40	6,7	6,37	6,59
C 20:2n6	Ácido Eicosadienoico	0,14	0,12	0,137	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,160
Ácidos grasos saturados (SFA)		9,55	9,61	9,78	9,42	9,44	9,62	10,18	10,22	10,33
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)		24,2	27,4	25,5	25,0	26,4	25,6	20,6	23,4	22,18
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)		64,5	61,3	63,0	63,7	62,3	62,9	67,4	64,5	65,6
Omega-3/Omega-6		12,8	10,8	11,34	12,2	10,3	10,7	9,0	9,1	8,93

*Análisis realizados en INTA-UChile

El potencial de rendimiento de las 9 líneas avanzadas del PMG en secano alcanzó 1 ton/ha de grano limpio en secano (cuadro 5) y de 3 ton/ha en condiciones de riego, estos resultados están dentro de lo observado en estos ambientes en temporadas anteriores, lo interesante de resaltar es el perfil de calidad observado.

Existe una relación inversa entre proteína y rendimiento ampliamente reportada en la literatura que se confirma para la quínoa. Destacan los genotipos QuinH-v y QuinA, los cuales pueden ser sembrados ampliamente en la zona de influencia de esta investigación.

La quínoa de color genera en la industria procesadora un alto interés dado su contenido hierro en el caso de QuinA y sus pigmentos.

En relación a la calidad, se observa un mayor contenido graso total en Chillán, pero una mejor relación omega3/omega6 en secano (Hidango) comparado con riego (Sta. Rosa). Además, los genotipos QuinH-v y QuinA presentan un mejor perfil de ac. Grasos insaturados. Se espera repetir estos análisis más temporadas para confirmar estas tendencias observadas. (Cuadro)

CONCLUSIONES

- Los genotipos QuinA y QuinH-v destacan por su rendimiento, contenido de proteína, fibra y ac. Grasos.
- En general, y desde el punto de vista nutricional, la quínoa producida en secano es de mejor calidad (proteína, minerales y relación omega3/omega6)

REPORTE SIEMBRA ENSAYO ALFORFÓN PROYECTO POLO GRANOS ANCESTRALES

El alforfón o trigo serraceno (*Fagopyrum esculentum*), es una poligonácea, cuyos frutos de alto contenido proteico (10-13%), pueden ser consumidos como grano entero, hervido o procesarlo y conseguir harina para la elaboración de diversos productos. Sumado a lo anterior, su harina puede ser consumida por personas con dietas especiales, que necesitan productos libres de gluten.

Estas características hacen del alforfón un cultivo muy atractivo para desarrollarlo de manera masiva, a nivel industrial.

Cabe destacar que este cultivo no es conocido en Chile, limitándose a una producción limitada, solo con fines de nichos comerciales específicos. Lo anterior nos llevó a estudiar su adaptación en dos condiciones ambientales diferentes, para lo que utilizamos 4 genotipos que teníamos disponibles.

Unidad Ejecutora: CRI INIA Quilamapu-CE Rayentue

Investigadores: Christian Alfaro, Dalma Castillo.

Temporadas de trabajo en campo: 2. La temporada 2017/2018, por retraso en la entrega de recursos económicos, no pudo establecer los ensayos de alforfón en los sitios elegidos.

Temporada Inicio: 2018/2019

Temporada Término: 2019/2020

Localización de las unidades experimentales: CE Hidango; CE Santa Rosa

Área de aplicación de los resultados: Zona secano interior y valle central regado de las Regiones de O'Higgins y de la Región de Ñuble, respectivamente.

Tipo de investigación: Aplicada

Objetivo general: Validación de la producción de alforfón en ambas condiciones ambientales.

Objetivos específicos.

- 1) Evaluación adaptación genotipos en ambas condiciones ambientales.
- 2) Definir estrategia óptima de manejo agronómico en ambas condiciones ambientales.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

Sitios de siembra: Campos Experimentales Hidango y Santa Rosa

Genotipos sembrados: Los genotipos utilizados en ambos sitios fueron 4, denominados Santa Rosa, Valdivia, Francés e Hidango.

Tamaño parcelas: En **Ensayos de adaptabilidad**, son 4 surcos de 2,5 más de largo a tres distancias de siembra entrehilera, 0,2mt; 0,4mts y 0,6mts.

Para **Ensayos de rendimiento potencial**, sembrados la temporada 2019/2020 en Sta Rosa puesto que el clima favoreció el desarrollo de este cultivo, la superficie corresponde a 21 hileras de 16 mas de largo a 0,4mts de distancia en tres ellas, dando una superficie total de 128 m² cada parcela.

Fechas de siembra cada temporada: **Hidango:** 10 de Septiembre. **Santa Rosa:** 11 de Noviembre

Dosis semilla: 120 Kg/Ha.

Fertilización a la siembra: mezcla de 60 kgs/Ha de superfosfato triple, 30 Kg/Ha de muriato de potasio, y 130 Kg/Ha de urea.

Fertilización nitrogenada a las 6 hojas: 87 Kg/Ha

Fertilización nitrogenada Inicio Floración: 109 Kg/Ha.

Riegos: En **Hidango** no se aplica riego, puesto que pertenece a la zona de secano interior de la Región de O'Higgins, donde en general, la agricultura se desarrolla sin sistemas de riego establecidos, y el desarrollo de los cultivos depende principalmente de la distribución y cantidad de agua caída (precipitaciones), en la temporada.

Riegos: En **Sta. Rosa** se aplicaron 5 riegos ambas temporadas. El primero con una hoja verdadera (15 días post siembra), el segundo con 4 hojas verdaderas (25 días post siembra). El tercero a inicios de floración (45 días post siembra), el cuarto a inicios de llenado de grano (60 días post siembra) y el último en pleno llenado de grano de la primera flor (86 días post siembra).

RESULTADOS

RESULTADOS HIDANGO: El campo experimental Hidango se encuentra en el secano interior de la Región de O'Higgins, presenta una precipitación acumulada de 344mm anual la temporada 2018/2019 y 257mm la temporada 2019/2020.

La temporada 2018/2019 el cultivo inició el establecimiento de manera exitosa; Sin embargo, las condiciones climáticas de la temporada dificultaron mucho el desarrollo la continuación del desarrollo del cultivo, puesto que, a pesar que la fecha de siembra se ajustó pensando en las condiciones ambientales y la posibilidad de heladas, la presencia de estas últimas en la fase inicial de desarrollo, tuvieron consecuencias letales para las plantas, eliminándolas totalmente, sin finalizar el ciclo y sin producción.

La segunda temporada de prueba 2019/2020, la siembra fue bastante exitosa, el cultivo compite bastante bien con las malezas cubriendo rápidamente el suelo con una buena población de plantas por m². Sin embargo, hubo un déficit hídrico importante a inicios de floración lo cual, sumado a las altas temperaturas, hicieron imposible que el cultivo se desarrollara, dificultando enormemente su floración, formación de grano y productividad, con un muy bajo éxito en su establecimiento.

A pesar de que no pudimos tener mediciones detalladas, las observaciones iniciales del establecimiento del alforfón indican que compite muy bine con las malezas presentes en primavera, cubriendo el suelo impidiendo que se desarrollen, lo cual es una muy buena ventaja frente a otros cultivos que requieren aplicaciones de herbicidas. Por otro lado, pudimos observar que las plantas se mantuvieron sanas hasta la presencia de heladas y el estrés por falta de agua que afecto estas siembras.

RESULTADOS SANTA ROSA: El campo experimental Sta Rosa, se encuentra en el valle central regado de la Región de Ñuble.

Las condiciones ambientales de este sitio son mucho más favorables que en la zona de Hidango, con una precipitación acumulada de 800mm temporada 2018/2019 y 636mm temporada 2019/2020, lo cual sumado al riego aplicado, permitió un buen desarrollo del cultivo y pudimos realizar un seguimiento detallado del desarrollo fenológico de los genotipos, pudiendo así ajustar ciertas prácticas de manejo como el riego y fertilizaciones durante el desarrollo.

Tabla 1: Fenología de cada genotipo de alforfón en Campo Experimental Santa Rosa (Fechas promedio 2 temporadas).

Genotipo	Fecha siembra	Fecha emergencia	2- hojas verdaderas	4-hojas verdaderas	Inicio floración	Grano lechoso	Grano pastoso	Madurez
Sta Rosa	9 de nov	20 de nov	23 de nov	30 de nov	24 de dic	15 de enero	28 de enero	NR*
Valdivia	9 de nov	20 de nov	23 de nov	30 de nov	31 de dic	15 de enero	21 de enero	NR*
Frances	9 de nov	20 de nov	23 de nov	30 de nov	17 de dic	7 de enero	21 de enero	18 de febrero
Hidango	9 de nov	20 de nov	23 de nov	30 de nov	31 de dic	7 de enero	21 de enero	NR*

*NR: no existe registro

Como se observa en la tabla 1, en general los genotipos tuvieron un desarrollo normal en este sitio; sin embargo, tres genotipos no terminaron su ciclo de desarrollo puesto que no se registran datos de la fecha en que alcanzaron la madurez.

Esta característica se debe a que se trata de **plantas de hábito indeterminado, tipo arbustivo**, esto significa que la floración se prolonga por muchas semanas, presentando distintas etapas de desarrollo en una misma planta, vale decir, flores en la parte basal y granos en distintas etapas de madurez a medida que se sube hasta la parte superior de las plantas. Así, la madurez fisiológica, secado completo de la planta, no se consigue en su totalidad, por lo que la cosecha se realiza con la planta aún verde y floreciendo.

Esto último genera serias dificultades para el productor, puesto que como se trata de un arbusto de mucha biomasa, las plantas provocan problemas de atascos en las máquinas cosechadoras. Esto obliga a cortar las plantas, dejarlas secar y luego golpearlas manualmente, hasta que caiga la semilla y recogerla, lo cual es difícil y requiere equipos como trilladoras estacionarias y un número mano de obra suficiente según la superficie que se trate, lo cual tienen un costo alto si pensamos en cultivos extensivos.

Una posible solución es la aplicación de desecantes químicos, como por ejemplo Paraquat o Gramoxone, práctica que no aconsejamos ya que la residualidad de productos químicos en granos para el consumo humano es un factor muy importante y causal de rechazo de la cosecha completa por la industria de alimentos de hoy, que debe cumplir una serie de normativas internacionales de inocuidad alimentaria.

Como se explicó previamente, el grano de alforfón presenta distintos estados de madurez dentro de la misma planta, lo cual genera problemas de concentración de humedad y temperatura en almacenamiento, lo cual se traduce en pérdidas de cosecha por problemas de hongos y otros microorganismos que se pueden desarrollar en esas condiciones. Además se perjudica el rendimiento potencial por otros dos factores; el primero es que

muchos granos son cosechados antes de alcanzar su tamaño óptimo y, por otro lado, al cosechar con máquina se genera un movimiento de plantas que hace caer el grano más maduro generando pérdidas.

Por otra parte, la semilla del alforfón es muy irregular en forma y tamaño, lo cual hace muy difícil su procesamiento, puesto que al realizar la molienda para la fabricación de harinas, esta última se contamina con restos de cáscara de color oscuro lo cual reduce el atractivo para el consumidor, requiriendo equipos específicos para su procesamiento que no son de bajo costo.

De todas maneras y a modo de prueba, cosechamos nuestras parcelas de ensayo sembradas en Sta rosa, obteniendo rendimientos entre 15,5 y 37 kilos por superficie de parcela (128 m²), lo cual llevado a hectáreas los rendimientos fluctúan en un rango de 1210 kilos y 2890 kilos para el genotipo de menor y mayor rendimiento respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2: Rendimientos promedio genotipos de alforfón, Campo Experimental Santa Rosa (Ñuble).

GENOTIPO	RENDIMIENTO PROMEDIO 2 TEMPORADA SANTA ROSA (Kgs)
Santa Rosa	37
Valdivia	24,7
Francés	20,8
Hidango	15,5

Debido a lo experimentado en Hidango, sector de clima adverso para el cultivo, sumado al hábito indefinido de la planta, que genera una problemática seria para el agricultor al momento de cosecha, así como también pérdidas de rendimiento y calidad. Por otro lado, no fue posible encontrar un laboratorio certificado que pudiese realizar los análisis proximales de calidad, por lo cual, luego de conversar con Orafti se toma la decisión de concentrar los recursos económicos, de análisis de calidad en el cultivo de la quinoa, para el cual encontramos un laboratorio certificado, y cabe destacar que además de estar exento de la problemática del alforfón, la quinoa constituye hoy en día uno de los principales intereses de la industria alimentaria generando una cadena comercial de alto interés para los agricultores de la Región de O'Higgins y Ñuble, involucrados en el polo.

CONCLUSIONES

1-Las condiciones edafoclimáticas del secano interior de la Región de O'Higgins no permite el desarrollo óptimo del cultivo, debido a la presencia de heladas y falta de agua disponible para el periodo de floración en adelante que es la fase desarrollo en que más necesita agua el alforfón.

2-El alforfón es un cultivo que crece rápidamente al inicio de su desarrollo, cubre rápidamente el suelo, lo que le permite competir con las malezas, teniendo además un posible efecto alelopático. Esto es una ventaja ya que, con buen manejo agronómico, se puede reducir la carga de herbicidas en este cultivo.

3-En las zonas de ensayo (Hidango y Sta Rosa), no se observaron plagas ni enfermedades que perjudicaran al cultivo.

4-Respecto a las problemáticas de este cultivo tenemos:

4a. La primera tiene relación con que es una **planta de hábito indeterminado, tipo arbustivo**, provocando problemas de atascos en la máquinas cosechadoras. Requiriendo más trabajo y recursos para la cosecha.

4b. La segunda es que el grano de alforfón presenta distintos estados de madurez dentro de la misma planta, generando alteraciones en la concentración de humedad, provocando pérdidas de cosecha por problemas de hongos durante el almacenamiento.

5-El secano interior de la Región de O'Higgins, no resultó ser un ambiente óptimo para el desarrollo de este cultivo. En general su adaptación mejoró en la zona de Ñuble.

6-El uso de desecantes químicos, como gramoxone o paraquat, es una alternativa para salvar el problema del hábito indeterminado de esta especie y facilitar la cosecha; sin embargo NO se recomienda práctica porque se deben cumplir las normativas internacionales de inocuidad alimentaria.

7-Esta especie es una alternativa valiosa de alimentación, sin embargo para incorporarla a las rotaciones de la agricultura nacional, es necesario crear el interés del consumidor, de la industria alimenticia, ya que de esta forma el agricultor se verá motivado a invertir en su producción.

IMÁGENES ESTABLECIMIENTO ENSAYOS DE ALFORFÓN



Siembra a mano de los ensayos en Hidango y Sta. Rosa



Riego del alforfón, por tendido, en Sta rosa.

Alforfón en floración en Sta rosa



Plantas de alforfón con mal desarrollo de raíz producto de la falta de agua en Hidango.



Detalle semillas de alforfón, se observa su forma irregular.