

Factibilidad agroclimática del cultivo de quinoa en Chilecito, La Rioja (Argentina), para dos fechas de siembra

A. E. Veliz, A. C. Prósperi y L. B. Spescha

RESUMEN

La quinoa (o quinua), *Chenopodium quinoa Willd.*, cultivo ancestral de las comunidades andinas sudamericanas, de la familia Chenopodiaceae, es una especie con alto valor nutricional destinada al autoconsumo, principalmente en la Puna, aunque con reducida difusión en el resto del país. La Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) incorporó las especificaciones de la quinoa en el Código Alimentario Nacional. En este contexto, productores y técnicos están evaluando la posibilidad de incorporar la quinoa variedad Real Blanca entre las producciones de la economía familiar en Chilecito, provincia de La Rioja. El objetivo de este análisis fue realizar una caracterización agroclimática de Chilecito con el fin de evaluar la posibilidad del cultivo de quinoa en dos fechas de siembra; se evaluaron la precipitación, las temperaturas, las heladas y la disponibilidad de agua del suelo. Del análisis de las disponibilidades agroclimáticas en función de las exigencias bioclimáticas del cultivo en las distintas fechas de siembra –marzo y diciembre–, se observa que la fecha de siembra de diciembre, con período crítico de floración en marzo, con provisión de riego suplementario podría ser una buena alternativa de manejo para una producción aceptable, aunque sea destinada para el auto consumo.

Palabras clave: *Chenopodium*; adversidades; agroclima.

A. E. Veliz, A. C. Prósperi and L. B. Spescha, 2020. Agroclimatic feasibility of quinoa cultivation in Chilecito, La Rioja (Argentina), for two dates of planting. RADA XI: 55-61

SUMMARY

Quinoa or quinua, *Chenopodium quinoa Willd.*, ancestral crop of the Andean communities of South America, belonging to the Chenopodiaceae family, is a species with high nutritional value destined for self-consumption, mainly in the Puna, although with reduced diffusion in the rest of the country. The National Administration of Drug, Food and Medical Technology (ANMAT) incorporated the specifications of quinoa into the National Food Code. In this context,

producers and technicians are evaluating the possibility of incorporating the Real Blanca quinoa variety among the productions of the family economy in Chilecito, province of La Rioja. The objective of this analysis was to carry out an agro-climatic characterization of Chilecito in order to evaluate the possibility of cultivating quinoa on two sowing dates; rainfall, temperatures, frosts and soil water availability were evaluated. From the analysis of the agroclimatic availabilities based on the bioclimatic requirements of the crop in the different sowing dates –March and December–, it is observed that the sowing date of December, with a critical flowering period in March, with provision of supplementary irrigation, could be a good management alternative for an acceptable production, even if it is intended for self-consumption.

Key words: *Chenopodium*; adversities; agroclimate.

A. E. Veliz y L. B. Spescha: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Av. San Martín 4453, CABA (C1417DSE), Argentina. A. C. Prósperi: Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación. Secretaria de Agricultura Familiar, Campesina e Indígena. San Nicolás de Bari oeste 956 - 1er. Piso, La Rioja (F5300), Argentina. Correspondencia a: veliz@agro.uba.ar

INTRODUCCIÓN

En Argentina, la quinoa es un cultivo endémico de la Puna jujeña, aún incipiente en su carácter comercial, aunque existen experiencias registradas en varias provincias del norte del país y en algunas localidades de Buenos Aires, San Juan y la Patagonia (Braude y Caminetsky, 2015).

Existen en el país diversos grupos de técnicos pertenecientes a organismos oficiales como la Secretaría de Agricultura Familiar, Campesina e Indígena, INTA o Cambio Rural que, en su trabajo de extensión, asesoran a productores de pequeña escala, relacionados a la agricultura familiar, en la recuperación e incorporación en la dieta de cultivos propios de alto valor nutricional, como la quinoa, con el objetivo de promocionar la autoproducción de alimentos en el marco de la soberanía alimentaria.

En La Rioja se está tratando de introducir este cultivo diversificando así las producciones de los pequeños productores. Las producciones familiares de Chilecito dependen del riego. Los sistemas de riego aplicados en la zona corresponden a riego por surco y melgas, de baja eficiencia (Miguel, 2018), considerando que en verano este recurso se destina principalmente a la vid, olivo, frutales, forrajes y hortalizas (Boiry, 2008). Se utiliza principalmente riego superficial por gravedad, con sistematización basada en la experiencia del productor.

En Guandacol, al sur de La Rioja, se realizaron ensayos con fecha de siembra 3 de diciembre

aplicando riego por surco cada 8 días en promedio, aunque se redujo a 5 en tiempos de alta evapotranspiración (Cuello *et al.*, 2015).

Existen también antecedentes sobre ensayos realizados en Maimara, provincia de Jujuy, con tres fechas de siembra - 1 de octubre, 20 de noviembre y 23 de enero- (Agüero *et al.*, 2018), que indican que, a medida que se atrasa la fecha de siembra, disminuye el consumo de agua. Mientras que en Abrapampa, Puna jujeña, para proveer humedad suficiente en el perfil del suelo, se aplicó riego por goteo 30 días antes de la siembra, lo que permitió mantener el suelo del cultivo a capacidad de campo.

En Catamarca se realizaron ensayos con fechas de siembra en noviembre y enero (Brizuela *et al.*, 2015).

En los años 2009 y 2010 se realizaron ensayos de diversas variedades en localidades de las provincias de Jujuy y Salta, en tres fechas de siembra: temprana en julio de 2009, convencional en octubre de 2009 y tardía en enero de 2010 (Curti *et al.*, 2016).

A pesar de ser la quinoa una especie tolerante a la falta de agua en el suelo, al inicio del cultivo tiene que asegurarse un contenido mínimo de humedad edáfica que permita una germinación y emergencia pareja del cultivo, no obstante, un período prolongado de sequía puede causar la pérdida total de la plantación.

Otra adversidad importante de evaluar es la probabilidad de ocurrencia de heladas durante las etapas de mayor sensibilidad, floración y llenado

de grano, por lo que este período crítico debe transcurrir durante el período libre de heladas.

El objetivo de este análisis fue realizar es realizar una caracterización agro climática de Chilecito con el fin de evaluar la posibilidad del cultivo de quinoa en dos fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos diarios de precipitación y temperatura para el periodo 1983-2018 de la estación Chilecito Aero (29°S, 67°W, 945m snm), perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Los datos fenológicos del cultivo corresponden a una experiencia piloto de siembra de la Var. Real Blanca realizada en marzo y diciembre de 2013, en cuatro localidades del Departamento de Chilecito, provincia de La Rioja, Sañogasta, Anguinán, Guanchín y Tilimuqui (Veliz *et al.*, 2015), cuya ubicación se observa en la Figura 1. El siguiente año, en el marco de experiencias productivas en el oeste de La Rioja, nuevamente se realizó un ensayo con fecha de siembra en diciembre y en marzo por trasplante a partir de almácigos (Dávila y Calahorra, 2015).

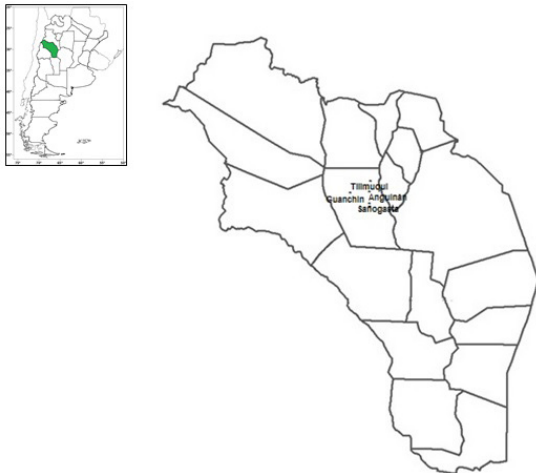


Figura 1: Localidades donde se realizaron los ensayos en el Departamento de Chilecito, La Rioja.

Se realizó la caracterización agroclimática de la precipitación, computándose los siguientes índices meteorológicos: precipitaciones mensuales de cada año de la serie, precipitaciones anuales, los índices climáticos: precipitaciones mensuales medias, con lo cual se establece el régimen, y la precipitación anual media.

Se calculó el balance hidrológico diario para el período 1983-2018 mediante el software BOHA (Fernández Long *et al.*, 2012). Se estimó la evapotranspiración potencial diaria (ETP) con la metodología desarrollada por Frère (1972).

Se calculó la evapotranspiración del cultivo ET_c (Ecuación 1) teniendo en cuenta el coeficiente del cultivo (k_c) (Allen *et al.*, 1998).

$$ET_c = ETP \cdot k_c \quad (\text{Ec. 1})$$

Las necesidades de agua de los cultivos, generalmente, se estiman a partir del coeficiente de cultivo y de la evapotranspiración potencial, el primero de los cuales es un valor morfo-fisiológico propio de cada cultivo, y el segundo una variable que depende del clima de una zona (Choquecallata *et al.*, 1991). De acuerdo a los ensayos correspondientes a las dos fechas de siembra, una en marzo y la otra en diciembre, se simuló los k_c para el ciclo del cultivo teniendo en cuenta la fenología de la quinoa (Mujica y Canahua, 1989), la información bibliográfica y los datos de los ensayos (García *et al.*, 1999), (Geerts *et al.*, 2008) y tomando un valor de k_c 1,09 en el período crítico de floración (Choquecallata *et al.*, 1991).

Con respecto a los coeficientes hídricos, se consideró capacidad de campo (CC) 200 mm hasta un metro de profundidad y punto de marchitez permanente (PMP) 135 mm, valores correspondientes a suelos Torriorthent característicos de Chilecito.

Se calcularon las variables hídricas de humedad del suelo determinado el nivel de sequía absoluta (NSA) menor al PMP, y el nivel de sequía condicional (NSC), que corresponde al 50% del agua útil (Forte Lay y Spescha, 2000), de 167 mm. En función de los resultados del balance hidrológico se determinó la probabilidad de las situaciones hídricas obtenidas para los meses de ambas fechas tanto de siembra y como de floración. Si bien la quinoa es una planta eficiente en el uso del agua a pesar de ser una planta C3, con mecanismos que le permiten no solo escapar al déficit hídrico sino tolerar y resistir la sequía, es necesario que la humedad del suelo alcance el 75% del agua útil para su cultivo. Es por ello que se obtiene una mejor producción en años y lugares secos que en húmedos (García *et al.*, 1999).

También se calculó el régimen agroclimático de heladas meteorológicas y agrometeorológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La marcha anual de la temperatura media en Chilecito (Figura 2) muestra que, para ambas fechas de siembra –diciembre y marzo– la quinoa

se comporta como una especie paratermocíclica (Burgos, 1952). La temperatura media adecuada para la quinoa está alrededor de 15-20 °C, sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25°C, prosperando adecuadamente (Gómez Pando y Aguilar Castellanos, 2016). Por lo tanto en Chilecito no se presentan limitaciones.

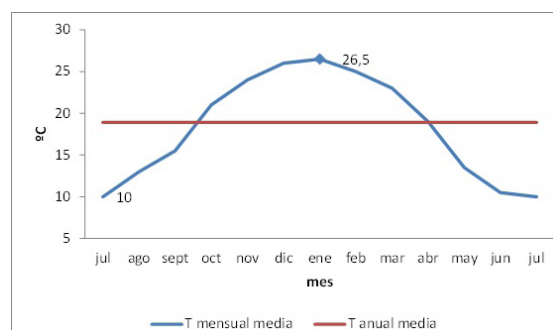


Figura 2: Marcha anual de la temperatura mensual media en Chilecito período 1983-2018.

En la época de floración la quinoa es sensible a las heladas (Mujica y Canahua, 1989). La caracterización agroclimática de las heladas meteorológicas y agrometeorológicas (definidas con un umbral térmico de 3°C) en Chilecito para el período 1989-2013 se resume en la Tabla 1.

Considerando tanto las fechas medias de primera helada meteorológica (27/5) como agrometeorológica (7/5) y sus respectivos desvíos (18,5 y 14,5 días), si la siembra se realiza en diciembre, la floración, fase extremadamente sensible a esta adversidad, se cumpliría a comienzos de marzo, con casi nula probabilidad de ser afectada; en cambio el riesgo es elevado si se siembra a principios de marzo, ya que la floración se produciría promediando el otoño: la probabilidad

Tabla 1: Caracterización agroclimática de las heladas meteorológicas y agrometeorológicas.

VARIABLE	FPH*	FUH*	PLH*	FREC*
	Agro Met	Agro Met	Agro Met	Agro Met
Valores medios	7/5	27/5	22/9	29/8
Desvío estándar	14,8	18,5	16,8	14,8
Extremos	11/4	8/11	21/9	
Año de ocurrencia	1995	2004	1989	

*FPH: fecha de primera helada; *FUH: fecha de última helada;

*PLH: período libre de heladas; *FREC: frecuencia de días con heladas anuales.

de ocurrencia de helada meteorológica para esa fecha es del 52% y aumenta al 85% si se consideran las heladas agrometeorológicas.

En las Figura 3 se observan la precipitación anual a través de las precipitaciones durante los semestres cálido y frío desde 1983 a 2018, la precipitación anual media y la tendencia decreciente de la serie analizada, lo que indica una disminución progresiva de las precipitaciones a través de los años. Ello se debe a la disminución de las lluvias en el semestre cálido, a pesar que se mantienen prácticamente constantes durante el semestre frío. También puede observarse que durante el mismo período el número de días con precipitación (pp diaria mayor o igual a 0,1 mm) también disminuye (Figura 4).

La caracterización climática de la precipitación para el período (1983-2018) indica que la precipitación media anual es de 183 mm. El 66% de la precipitación ocurre en verano, el 21 % en otoño y el 13% restante en primavera e invierno (Tabla 2).

En la Figura 5 se observa el régimen de precipitaciones con su marcada estacionalidad en los meses cálidos, con un promedio de 120 mm acumulado durante el trimestre estival y con casi 7 mm en invierno.

Durante el trimestre anterior a la fecha de siembra de marzo, las precipitaciones acumuladas promedian los 120 mm y durante el trimestre anterior a la segunda fecha, 18,3 mm.

El cultivo requiere 200 mm (Choquecallata *et al.*, 1991) para completar su ciclo y es muy sensible al déficit hídrico al comienzo de floración, por lo tanto con una precipitación media anual de 183 mm y con un régimen de tan marcada estacionalidad se infiere que el cultivo de quinoa debería regarse.

En la Figura 6 se observa la simulación del kc para ambas a fechas de siembra. En las Figuras 7 y 8 se presenta la marcha anual del almacenaje medio resultado del balance de agua en el suelo para el período 1983-2018 para los ciclos del cultivo sembrado en diciembre y en marzo; puede observarse que el almacenaje nunca supera la CC, ni siquiera en períodos de corta duración, y generalmente se mantiene por debajo del NSC.

Tabla 2: Distribución estacional de las precipitaciones.

ESTACIÓN	Pp (mm)	Pp (%)
VERANO	119,5	65,4
OTOÑO	38,3	21,0
PRIMAVERA	18,3	10,0
INVIERNO	6,3	3,6

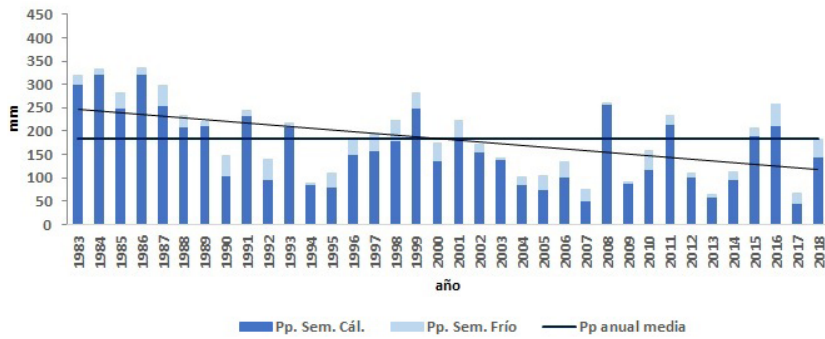


Figura 3: Precipitaciones en los semestres cálido y frío (precipitación anual) y precipitación anual media en Chilecito (La Rioja).

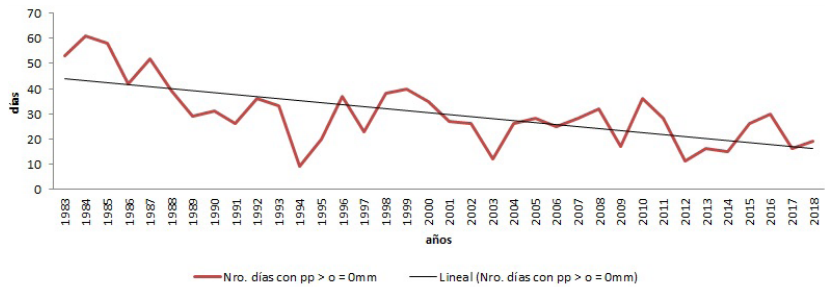


Figura 4: Días con precipitación mayor o igual a 0,1 mm.

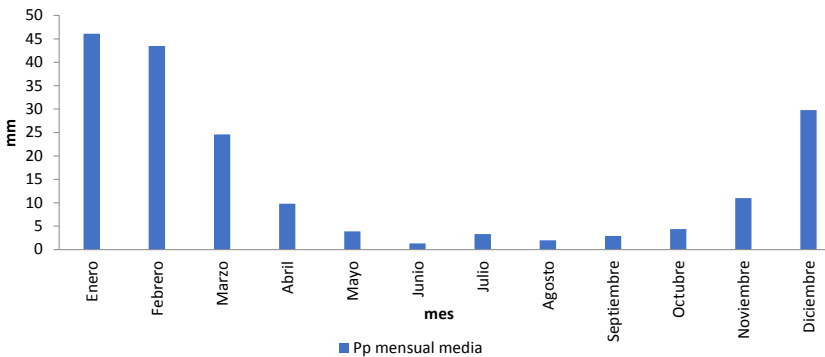


Figura 5: Precipitación mensual media en Chilecito (La Rioja).

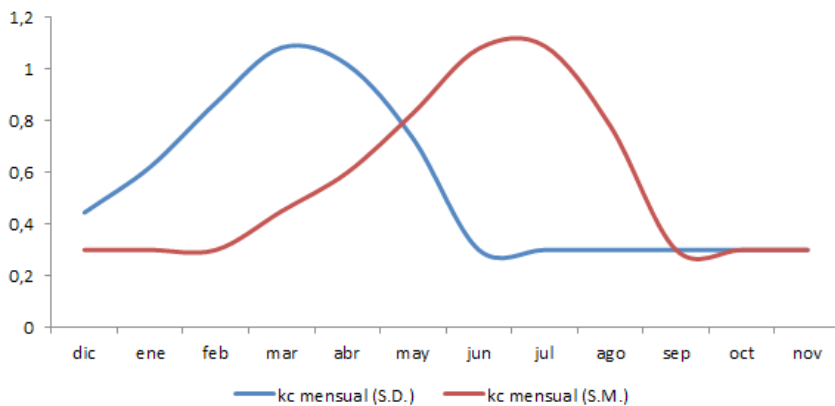


Figura 6: Curvas kc para fechas de siembra diciembre y marzo.

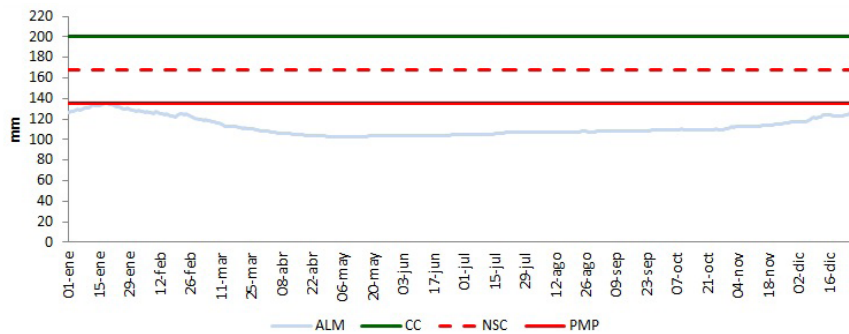


Figura 7: Balance de agua en el suelo para ciclo cultivo diciembre-mayo.

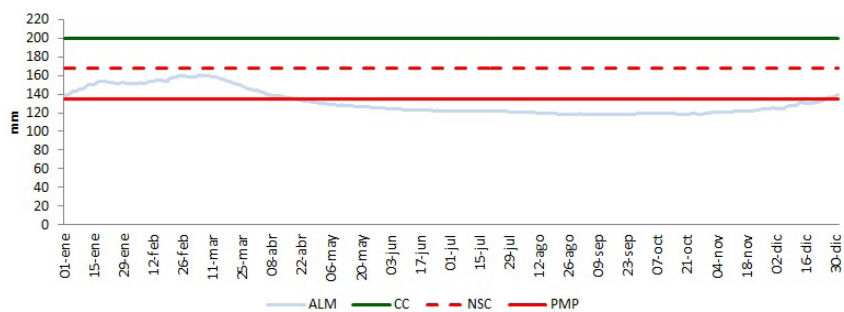


Figura 8: Balance de agua en el suelo para ciclo cultivo marzo-agosto.

Por lo tanto, una de las decisiones más importantes que debe tomar un productor es cuándo regar y cuánta agua aplicar al cultivo. Los productores en La Rioja toman estas decisiones de acuerdo con su criterio por lo tanto es de fundamental importancia desarrollar una técnica objetiva que permita la programación del riego.

Para ello se evalúan los meses de marzo y mayo, que son las fechas estimadas de floración para cultivos sembrados en diciembre y marzo, respectivamente. Se observa que si se empieza a regar hasta que el almacenaje alcance el NSC, se debería aplicar 48 mm o 42 mm, lo que equivale a 48 y 42 L/m² respectivamente, en las fechas medias de floración analizadas. Sin embargo, aunque la lámina de riego necesaria sea levemente menor para el cultivo que florece en mayo, hay que tener en cuenta que existe una probabilidad de 52% de helada meteorológica y 85% de helada agrometeorológica en la fecha media de floración, lo que configura un altísimo riesgo. Por el contrario no hay riesgo de ocurrencia de esta adversidad para los cultivos sembrados en diciembre y con fecha de floración en marzo.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que, a pesar de tratarse de una especie rústica y con buena adaptación a diferentes condiciones ambientales, la quinoa no prosperará adecuadamente para su cultivo en Chilecito, si no se tienen en cuenta en la floración el riego suplementario y las heladas.

Por lo tanto de acuerdo al análisis a realizado se sugiere sembrar en diciembre y aplicar 48 mm lo que equivale a 48l/m² en el mes de la floración.

Se descarta la siembra de marzo pues si bien la disponibilidad de agua es mejor, la floración ocurriría en mayo, mes con alta probabilidad de heladas.

Por lo tanto, la fecha de siembra de diciembre, con período crítico de floración en marzo, con provisión de riego suplementario podría ser una buena alternativa de manejo para una producción aceptable, aunque sea destinada para el auto consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, J.J.; M.M. Acreche y J.M. Aguiar, 2018. Manejo del cultivo de la quinua en la Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina: fecha de siembra y marco de plantación. En Producción Institucional Proyecto regional «Fortalecimiento de los procesos de desarrollo territorial de la Quebrada de Humahuaca y los valles de altura de Salta y Jujuy». INTA Ediciones. Salta, Argentina. pp. 98-106.
- Allen, R.G.; L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper N°56, Roma. 300 pp.
- Boiry, L., 2008. Informe final del estudio de impacto ambiental. ESTUDIO: 1. EE. 209. Programa de Readecuación de los Sistemas de Riego Superficiales y de Intensificación Productiva. Provincia de La Rioja. PROSAP-IICA (OEA). SAGPYA. Ministerio de Economía y Producción. Rca. Argentina. 111 pp.
- Braude, H. L. y J. Caminetsky, 2015. ¿Hacia dónde va la quinua en Argentina? Escenarios, estrategias de desarrollo y desafíos de la política pública en base a las experiencias de Bolivia y Perú. Libro Final V Congreso mundial de quinoa y II Simposio de granos andinos. San Salvador de Jujuy, Argentina. p. 31.
- Brizuela, L.; P. Yapura y R. Saracho, 2015. La quinua en Cóndor Huasi. Libro Final V Congreso mundial de quinoa y II Simposio de granos andinos. San Salvador de Jujuy, Argentina. p. 58.
- Burgos, J. J., 1952. El termoperiodismo como factor bioclimático en el desarrollo de los vegetales. Meteoros. Año II, N° 3/4.
- Choquecallata, J.; J. Vacher; T. Fellmann, y E. Imaña, 1991. Evapotranspiración máxima del cultivo de la quinua por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el Altiplano boliviano. Actas del II Congreso de cultivos andinos. La Paz, Bolivia.
- Cuello S.; L. Brac; R. Soulé y V. Calbo, 2015. Seguimiento del comportamiento agronómico de un cultivar de quinua en el Valle del Bermejo, La Rioja, Argentina. Libro Final V Congreso mundial de quinoa y II Simposio de granos andinos. San Salvador de Jujuy, Argentina. p. 66.
- Curti, R.; A. de la Vega; A. Andrade; S. Bramardi and H. Bertero, 2016. Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in North West Argentina. Field Crop Research, vol. 189: 10 – 18.
- Dávila Cruz, G. y M. A. Calahorra, 2015. Experiencia productiva de quinoa en la zona oeste de la provincia de La Rioja. Libro Final V Congreso mundial de quinoa y II Simposio de granos andinos. San Salvador de Jujuy, Argentina. p. 67.
- Fernández Long, M.E.; L. Spescha; I. Barnatán y G. M. Murphy, 2012. Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). Revista Agronomía y Ambiente. FAUBA. 32(1-2): 31-47
- Forte Lay, J.A. y L. Spescha. 2000. Método para la estimación de la climatología del agua edáfica en las provincias pampeanas de la Argentina. Revista Argentina de Agrometeorología 1(1): 67-75.
- Frère, M., 1972. "A method for the practical application of the Penman formula for the estimation of potential evapotranspiration and evaporation from free water surfaces". FAO - AGP: AS/1972/2, Roma.
- García, M.; D. Raes and S. Jacobsen, 1999. Análisis de la evapotranspiración de referencia en el Altiplano Boliviano y Determinación de los Requerimientos de Riego de Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*). En Fernández, J., A. Mujica, S. Jacobsen, J. Marathee y C. Morón (Eds.): Memorias Primer Taller Internacional en Quinoa: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción. FAO. La Molina, Lima, Perú.
- Geerts, S; D. Raes; M. García; O. Condori; J. Mamani; R. Miranda; J. Cusicanqui; C. Taboada; E. Yucra y J. Vacher, 2008. Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) in the Southern Bolivian Altiplano. Agricultural Water Management 95 (8): 909-917.
- Gómez Pando, L y Aguilar Castellanos, E., 2016. Guía del cultivo de la quinua. 2da edición. ISBN 978-92-5-309069-3 FAO. Edición Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 130 pp.
- Miguel, R. E., 2018. Explotación intensiva de agua subterránea, producción agropecuaria y dependencia energética. El caso del valle central de la Cuenca Antinaco-Los Colorados, Argentina. En: Diálogo Regional Político-Técnico sobre el Nexa entre el Agua, la Energía y la Alimentación. CEPAL.
- Mujica, A. y A. Canahua., 1989. Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*). En: Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Salcedo, 7-10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. pp: 23-27.
- Veliz, A.; L. Spescha y A. Prósperi, 2015. Oportunidad de siembra de quinoa en Chilecito: La problemática hídrica. Libro Final V Congreso mundial de quinoa y II Simposio de granos andinos. San Salvador de Jujuy, Argentina. p. 126.