

Variedades de ciclo corto de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) como una medida de adaptación al retraso de lluvias en la siembra

Short cycle varieties of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) as an adaptation measure rain delay in planting

Mamani, E. Choque, E. Tangara E. y Polar V.¹

¹ Fundación PROINPA. Calle Américo Vespucio Nro. 853 Piso 3. E-mail: e.mamani@proinpa.org

Resumen

El cambio climático afecta a todos los agricultores del mundo, y uno de los desafíos es adaptarse a las nuevas condiciones. En la región árida de Bolivia, los pequeños agricultores buscan adaptarse a los cambios en la distribución de lluvias, que imposibilita la siembra de quinua en épocas habituales por la presencia de sequía. El estudio se desarrolló en las fincas de los agricultores de la provincia Pacajes, del Altiplano Central de Bolivia. Entre productores e investigadores se ha experimentado la introducción de nuevas variedades de la diversidad de quinua, en busca de material genético apropiado al cambio. El resultado de la experimentación campesina, revela que las variedades de ciclo corto, de alta productividad y mayor tamaño son una alternativa de adaptación al retraso y a periodos cortos de lluvias. Las variedades de ciclo corto de la agrobiodiversidad se constituyen en una alternativa para la adaptación a la variabilidad de lluvias efecto del cambio climático.

Plagas clave: investigación campesina, árido, Bolivia

Abstract

Climate change affects all farmers in the world, and one of the challenges is to adapt to the conditions news. In the arid region of Bolivia, the small farmers adapt to seek changes in rainfall distribution, which makes it impossible quinoa planting times: usual by the presence of drought. The study itself development on farms farmers Pacajes province, the Central Altiplano of Bolivia. Between producers and researchers it has experienced the introduction of new varieties of quinoa diversity, looking for appropriate genetic materials to change. The result m of farmer experimentation reveals that short -cycle varieties, high productivity and larger child of an alternative adaptation short periods of delay the rains. The short cycle varieties of agricultural biodiversity constitute an alternative for adaptation to variability of rains effect of climate change.

Key words, farmer investigation, arid, Bolivia

INTRODUCCION

La quinua fue domesticada por culturas antiguas y modernas a lo largo de los Andes (Jellen, 2013). Se menciona que desde cientos de años fue cultivada por los pobladores de esta región. En los últimos años la variabilidad y el cambio climático está afectando a todos los agricultores del mundo (Bellon *et al.*, 2011), y no son la excepción los pequeños agricultores de quinua en la región del altiplano. El altiplano boliviano entre 3600 a 4300 m de altitud, sufre en su mayoría de sequías, heladas, granizo y tormentas (Condori, 2014). A los cambios climáticos mencionados, se suma el retraso de lluvias en la siembra, lo cual hace retrasa las siembras. Los materiales cultivados, en su mayoría son tardíos, de porte alto, muy ramificados y de grano amargo (Delgado y Benavides, 2000). Los mejoradores en quinua, han trabajado en seleccionar, líneas precoces para lograr óptimas condiciones en el establecimiento de monocultivo con altas densidades de población (Sañudo *et al.*, 2005).

Debido a los cambios en la distribución de la precipitación, las proyecciones para la agricultura en el altiplano boliviano, muestran el comienzo de las lluvias más inciertos y más secos, puede ser entre septiembre a noviembre, además, periodos agrícolas más cortas de duración (Valdivia *et al.* 2013). En el altiplano, la estación lluviosa se extendía de septiembre a marzo, con una precipitación promedio alrededor de 500 mm anuales. Sin embargo, en la última década, el inicio del periodo de lluvias ocurre en noviembre o diciembre, consecuentemente, las siembras de quinua y papa se ven retrasadas. Varios autores (Arana *et al.*, 2007; Saavedra y García, s.a., Andersen y Mamani, 2009; Valdivia *et al.* 2013) coinciden en señalar que el periodo de lluvias se acorta y la intensidad de la lluvia se concentra en menor tiempo. Este nuevo régimen de las lluvias deriva en la demanda de variedades precoces (Gandarillas *et al.*, 2014)

La quinua es tolerante a la sequía, pero se tiene que considerar que la época crítica es la siembra, las semillas necesitan humedad para germinar y emerger del suelo, e iniciar su desarrollo, si en este periodo no existen lluvias, es poco probable que prosperen las plantas de quinua, sin la humedad del suelo los granos revientan por el intenso calor o elevada temperatura del suelo, esto hace importante la necesidad de las lluvias en la siembra. Gran parte de la agricultura rural es a secano y, por lo tanto, vulnerable a la variación de las lluvias y la humedad del suelo (Valdivia *et al.* 2013). Para los productores que cambia la temperatura y precipitaciones, se plantea la investigación y divulgación de variedades de cultivos y razas adaptadas a las variables condiciones climáticas (FAO, 2007).

Muchos de los pequeños agricultores explotan la diversidad intra-específica, sembrando diferentes variedades. En la diversidad del germoplasma, la precocidad o ciclo corto de la quinua, se está constituyendo en un factor de interés ante el retraso de lluvias, y que conducen a siembras tardías, porque las variedades de ciclo largo no logran completar su ciclo de vida (Bonifacio *et al.* 2014), afectando negativamente en la disponibilidad de alimentos de las familias campesinas. Por la cual pequeños agricultores del altiplano central y norte, antes de 2003, ya plantearon la demanda de variedades de ciclo corto, de grano grande, blanco y amargo (Bonifacio, *et al.* 2003). Las variedades de ciclo corto, grano grande comercial y de resistencia al mildiu, son las preferidas por los agricultores en el altiplano norte y centro (Bonifacio, *et al.* 2014).

Los investigadores sugieren para el altiplano sur, cultivar variedades de ciclo intermedias y precoces, además de granos grandes y de diversos colores; mientras para altiplano central se requieren variedades precoces, de mediana resistencia al mildiu y de granos medianos a grandes granos blancos o rojos, además de tolerantes a granizo y heladas. Para el altiplano norte, se requieren variedades con alta resistencia al mildiu, tolerancia al granizo, granos pequeños, medianos y grandes. Para los valles también se requieren variedades de ciclo semiprecoz a precoz, resistentes al mildiu y granos medianos a grandes (Bonifacio *et al.* 2014).

Ante lo mencionado, se llevó a cabo la investigación participativa, con el objetivo de precisar y evidenciar los cambios de clima, y evaluar el material genético de la quinua como medida o instrumento de adaptación al retraso de lluvias y periodos cortos de lluvia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la región del Altiplano Central de Bolivia. En las comunidades campesinas productoras de quinua, de la provincia Pacajes del departamento de La Paz. El estudio se llevó a cabo de agosto 2012 a junio 2014. La investigación fue diseñada para comprender el retraso de lluvias en la siembra de quinua, y la evaluación de variedades para su adaptación al cambio de régimen de lluvias.

Contexto de la región en estudio

La región se encuentra a una altitud promedio de 4000 m, donde el clima es frío. La temperatura promedio es de 13 °C en época lluviosa entre diciembre y abril, y de 9 °C en la época seca mayo a noviembre. La precipitación anual alcanza aproximadamente a 400 mm, que está distribuido entre octubre a abril.

Evaluación participativa del clima

La evaluación al cambio del clima, se realizó con agricultores de comunidades campesinas, Jankosaya, Ninoca Baja, Ninoca Sewencani, Jacha Ayllu Calari, Jutani y Centro Yaribay, todas en la provincia Pacajes, del departamento de La Paz.

Se conformaron seis grupos focales entre hombres y mujeres, que permitieron conocer las percepciones de los agricultores, del cambio del clima en la región, y su impacto en los cultivos.

Para precisar la información, se buscó información de la precipitación histórica de la región. Datos de cuatro estaciones meteorológicas generadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), fueron analizados y permitieron respaldar las percepciones de los agricultores en cuanto al retraso de lluvias.

Evaluación de variedades de quinua

Tomando en cuenta el problema que crea el retraso de lluvias. Se planificó el proceso de experimentación campesina, considerando los elementos de Comité de Investigación Agrícola Local - CIALs (Almanza y Gandarillas, 2002). La evaluación se realizó el año agrícola 2012/2013. Se evaluaron siete variedades de quinua, esto para plantear una alternativa de adaptación al retraso de lluvias.

Las variedades evaluadas fueron Uyuni, Jacha Grano, Patacamaya, Horizontes, Chucapaca y Blanquita, provenientes de programa de mejoramiento, y Ninoca (variedad local procedente de la comunidad Ninoca Baja).

El ensayo se estableció según el diseño experimental de Bloques Completamente al Azar. Para tener representatividad en la zona, los bloques fueron establecidos uno por comunidad, en seis sitios. En cada bloque, se sembraron siete variedades de quinua. La siembra de los ensayos se realizó la última semana del mes de octubre, considerando el retraso e inicio retrasada de lluvias.

La evaluación se realizó en forma mixta agricultor-investigador, con 60 agricultores entre hombres y mujeres. La evaluación con agricultores, se realizó usando el método de Evaluación de Matriz de Preferencias. A su vez se realizaron mediciones de las variedades. Las variables evaluadas por los agricultores y técnico, fueron altura de planta, ciclo del cultivo, rendimiento y tamaño de grano (diámetro de grano).

Validación de las características de variedades de quinua seleccionadas

En base a los resultados de la evaluación, se realizó la validación de tres de las siete variedades evaluadas. La validación se realizó en función a los criterios de los agricultores y técnicos.

Para ello se establecieron ensayos de validación con tres variedades de quinua, en las mismas seis comunidades. Nuevamente el ensayo fue sembrado según el diseño de Bloques Completamente al Azar. Los bloques también distribuidos en las comunidades, y sembradas la última semana de octubre. La evaluación también se realizó en forma mixta agricultor-investigador, verificando las variables, altura de planta, ciclo, rendimiento y tamaño de grano.

La información fue analizada con los agricultores, y con herramientas estadísticas. Esto permitió buscar medidas locales de adaptación al retraso de lluvias en la época de siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Percepción de los agricultores del cambio en las precipitaciones o lluvias

Se mencionan varios los factores climáticos adversos que afectan a la agricultura familiar campesina en la región árida del Altiplano Central. La falta de lluvias durante el crecimiento de las plantas, heladas imprevistas y mayor ocurrencia de granizadas son las mencionadas en la producción de quinua. Si bien estos factores eran conocidos por los agricultores de la región Andina desde miles de años, que menciona que tenían un patrón de comportamiento establecido. Sin embargo los agricultores, señalan cambios en los últimos treinta años, especialmente en la ocurrencia de estos fenómenos climáticos.

La lluvia que proporciona agua, es considerada 'vida' para los agricultores. Considerando que en la región, se presenta muy pocas precipitaciones en el año, que da luz a la siembra, desarrollo de los cultivos, entre ella la quinua.

Se menciona que ha disminuido las lluvias, que ya no son como antes, esto por efectos del cambio climático aumento la variabilidad climática, existe un retraso de lluvias en la época de siembra, una irregular distribución de lluvias durante el crecimiento de los cultivos, y ausencia de lluvias en épocas de desarrollo de cultivos.

Precipitación histórica en el mes septiembre

La información de cuatro estaciones meteorológicas próximas a las comunidades en investigación, muestran la disminución de las precipitaciones en el mes agosto, septiembre y octubre. En la población de Calacoto, la precipitación historia (1976 a 2005) del mes de septiembre es variable de año tras año. A partir de 1987 las precipitaciones son muy bajas, a excepción de 1997 que alcanzó 78 mm/mes. Realizando una regresión lineal, la reducción de la precipitación en el mes de septiembre es evidente.

La Figura 2, presenta las precipitaciones registradas en la población de Patacamaya, población al este de las comunidades en investigación. La figura mediante la regresión lineal, también muestra reducción de las precipitaciones en el mes de septiembre de los últimos años.

Por su parte en la Figura 3, se muestra las precipitaciones del mes de septiembre de la población de Collana, ubicada al norte de las comunidades en estudio. La figura confirma la reducción de precipitación en el mes de septiembre en los últimos años.

Los modelos de cambio climático también predicen que los patrones de precipitación futuras implicarán frecuencia más baja, pero los eventos de lluvias fuertes, lo que aumenta la duración de las condiciones del suelo seco, productividad de los cultivos puede, en consecuencia, estar limitada por los períodos de sequía prolongados (Ruiz, 2013).

En la década de los 70 y 80 las precipitaciones en el mes septiembre, eran mayores en relación a la década de 90 y los años 2000. A mediados de la década del 80, llegan a disminuir las precipitaciones, aunque en algunos años son mayores las precipitaciones.

La información climática de cuatro estaciones meteorológicas, fortalece la percepción de los agricultores del Altiplano Centro. En el mes de septiembre, las precipitaciones se redujeron, esto incluye directamente en la siembra de la quinua. Considerando que el pequeño grano, requiere de humedad para germinar y crecer.

La falta de lluvias en el mes de septiembre, provocó la dimisión a la siembra de quinua. Porque las variedades de ciclo largo, no alcanzan la madurez fisiológica, por ende no logran tener granos. Provocando la disminución de la disponibilidad de alimentos, y afectado en la seguridad alimentaria de las familias campesinas.

Esto, hizo que se plantee la evaluación de variedades de quinua, buscando las características adaptadas al retraso de lluvias, y de preferidas por las familias campesinas.

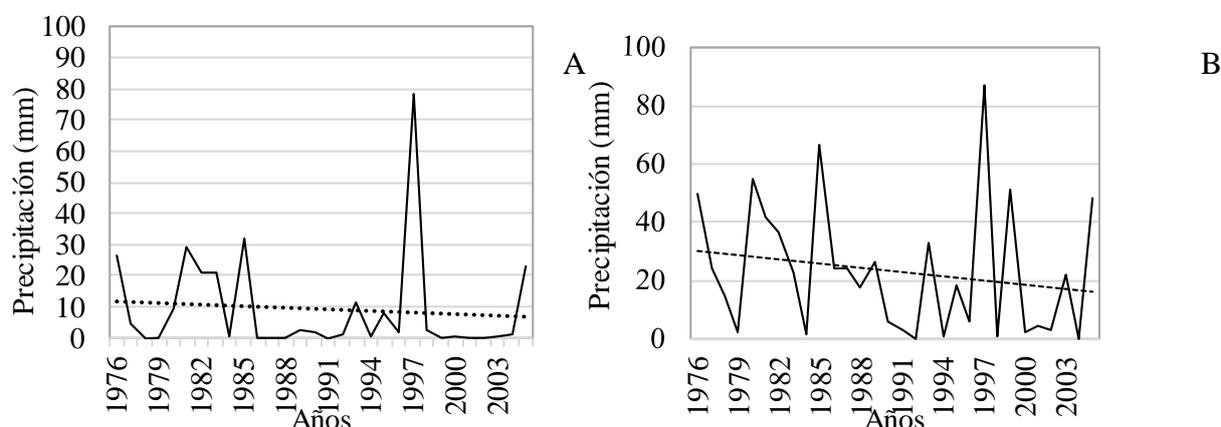


Figura 1. Precipitaciones históricas del mes de septiembre, A. de la región de Calacoto, provincia Pacajes, y B de la localidad de Patacamaya, provincia Aroma, La Paz, Bolivia.

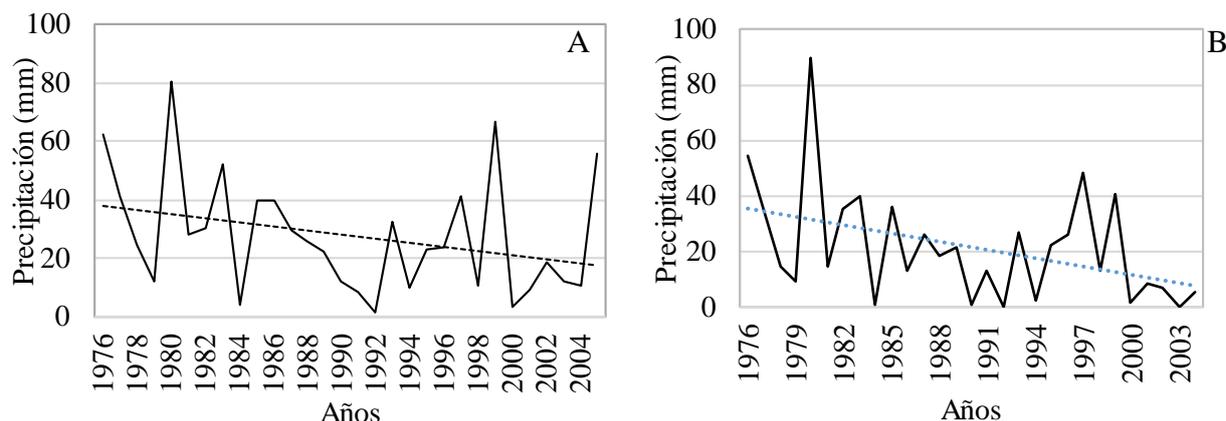


Figura 2. Precipitaciones históricas del mes de septiembre, en las regiones A. Collana y B. Ayo Ayo la provincia Aroma, La Paz, Bolivia.

Evaluación de variedades de quinua

Para los agricultores, los atributos ciclo de vida, rendimiento y tamaño de granos de las variedades, presentaron diferenciadas significativas entre las distintas variables estudiadas. En las evaluaciones técnicas, también se observaron diferencias significativas en Días al 50% de madurez, rendimiento de grano y diámetro de grano.

Ciclo vegetativo

Los agricultores clasificaron a las variedades por su ciclo de vida mediante votos (Cuadro 1). Las variedades Ninoca, Uyuni y Jacha Grano fueron consideradas como precoces por alcanzaron la madurez de grano en menor tiempo. Mientras las variedades Patacamaya, Horizontes y Chucapaca, fueron clasificados como semiprecoces, por madurar en más días a las anteriores, y la variedad Blanquita fue clasificada como tardía por madurar en más tiempo y ser afectada por heladas en estado de grano lechoso.

Por su parte los resultados técnicos (Cuadro 2), muestra a 'días 50% de la madurez fisiológica', con un rango que oscila entre 135 y 159 días. Mediante análisis de varianza, se establece que existen diferencias

significativas entre variedades. La prueba de medias del método de LSD Fisher reveló que las variedades Ninoca, Uyuni y Jach'a Grano son de ciclo corto, mientras las variedades Horizontes, Patacamaya y Chucapaca expresaron características de ciclo mediano, y a la variedad Blanquita de ciclo largo, al ser afectada por la helada durante el inicio de madurez fisiológica, esto demuestra su tardía. Considerando el criterio de Wahli de 1990, las variedades Ninoca, Uyuni y Jacha Grano se clasifican como material genético precoz (<130 días), mientras las variedades Patacamaya, Horizontes y Chucapaca como semiprecoces por su madurez entre 130-150 días, y la variedad Blanquita como material semitardío al alcanzar la madurez entre 150-180 días.

El carácter de ciclo corto, es apto para los agricultores, porque les permite producir grano de quinua sembrando a fines de octubre y cosechado en marzo. Característica de las variedades que les permite producción granos en corto tiempo, apropiado para adaptarse al retraso de lluvias, y cambiando la época de siembra. Además las variedades con estas características les permiten a las familias garantizar la disponibilidad de alimentos para las familias campesinas.

Tabla 1. Evaluación de agricultores a siete variedades de quinua en las comunidades de la provincia Pacajes, La Paz.

Nro.	Variedades	Ciclo de vida (votos)	Altura de planta (votos)	Rendimiento (votos)	Tamaño de grano (votos)	Evaluación participativa (total votos)	Orden de preferencia
1	Blanquita	117	129	94	118	458	7
2	Chucapaca	140	128	158	130	556	2
3	Horizontes	123	123	115	153	514	5
4	Jacha Grano	159	125	172	178	634	1
5	Ninoca-Local	180	127	154	73	534	3
6	Patacamaya	143	123	94	141	501	6
7	Uyuni	152	120	91	155	518	4

Altura de planta

Los agricultores no encontraron diferencias en 'altura de planta', las siete variedades crecieron alturas similares. Si bien existe variación en el número de votos (Tabla 1), en el análisis general se señala que las variedades tienen altura mediana.

En la evaluación técnica, realizando el análisis de varianza para altura de planta al 5% de error, con un coeficiente de variación 10,61%, tampoco mostró diferencias significativas. Esto muestra que la variable altura de planta, no ayuda a diferenciar variedades, además que están influenciadas por el ambiente.

Rendimiento

El rendimiento, es un carácter apreciada por las familias, especialmente las variedades con mayor rendimiento son las más preferidas. Para los agricultores, las variedades Jacha Grano, Chucapaca y Ninoca, son las mejores en cuanto a la cantidad producida, así lo reflejan mediante la votación (Cuadro 1).

Mediante análisis de varianza al 5% de error y con un coeficiente de variación del 28,93%, se expresa diferencias significativas entre variedades en el rendimiento. Mediante la prueba de medias del método de LSD Fisher se dejó ver que las variedades Jacha Grano, Chucapaca y Ninoca (Local), tiene mayores rendimientos en relación a restantes cuatro variedades.

Tamaño de grano

En cuanto al tamaño de grano, los criterios de los agricultores son diversos, en su mayoría los hombres prefieren granos grandes, mientras las mujeres el tamaño de grano es de menor importancia. Las mujeres piensan en la preparación de alimentos, donde el tamaño de grano es insignificante, porque para preparar alimentos en la mayoría de las veces muelen y no se percibe el tamaño de grano; mientras los hombres piensan en el mercado, donde granos grandes tienen mayor precio y competitividad en relación a los granos pequeños. En la evaluación mediante votos (Tabla 1), la variedad Jacha Grano fue calificada de grano muy grande, mientras las variedades Horizontes y Uyuni grano grande, Patacamaya de grano mediano, Blanquita de grano pequeño y Ninoca de grano muy pequeño.

El análisis de varianza para el diámetro de grano (tamaño de grano), con un coeficiente de variación de 4,63%, muestra diferencias entre variedades. La prueba de medias, evidencia que la variedad Jacha Grano tiene granos muy grandes, mientras Horizontes, Chucapaca y Patacamaya granos grandes; Uyuni y Blanquita granos medianos y Ninoca granos pequeños.

Análisis de varianza de altura de planta, ciclo vegetativo, rendimiento y diámetro de grano de 7 variedades de quinua, en la provincia Pacajes, La Paz.

Nro.	Variedades	Altura de planta (cm)	Ciclo de vegetativo (días)	Rendimiento (kg/ha)	Diámetro de grano (mm)	Evaluación participativa (votos)
1	Blanquita	65,3a	159,0d	501,0bc	2,04c	442
2	Chucapaca	68,2a	154,0cd	644,9ab	2,25b	636*
3	Horizontes	58,8a	145,2b	427,3c	2,29b	547
4	Jacha Grano	61,6a	144,0ab	762,6a	2,51a	728*
5	Ninoca-Local	58,6a	135,0a	635,0abc	1,76d	597*
6	Patacamaya	61,6a	149,3bc	440,4c	2,27b	559
7	Uyuni	58,9a	139,0a	478,2bc	2,06c	574

Haciendo un análisis de las variables evaluadas, las familias consideraron que las variedades de ciclo corto o precoces, seguido de rendimiento como las más importantes. Las variedades de ciclo corto ayudan en adaptarse a retraso de lluvias, a cambiar de época de siembra, escapar a la helada, y adaptarse al cambio de los ciclos hídricos. El rendimiento muestra la productividad de tiene la variedad.

Variedades de quinua con estas características, permite a los agricultores producir granos de quinua en menos tiempo. Esto ayuda a los agricultores en tener disponible alimentos en años con retraso de lluvias. Las variedades con características mencionadas anteriormente, fueron seleccionadas para su validación en las parcelas familiares,

Validación de variedades de quinua

Ciclo de cultivo

El análisis de los agricultores, ratificó a las variedades con características de producción en corto tiempo, como las más importantes, para utilizar en la producción agrícola. Las variedades Ninoca y Jacha Grano, fueron las más preferidas porque maduraron en pocos días, y escaparon a la helada, mientras la variedad Chucapaca fue la menos preferida porque maduró en más días, y en algunos ensayo no logró madurar por completo siendo afectado por la helada.

El análisis de varianza, mostró nuevamente diferencias significativas entre variedades respecto a número de días al 50% de maduración fisiológica. Y la prueba de

media visualizó que la variedad Ninoca y Jacha Grano alcanzaron su madurez corto tiempo, mientras la variedad Chucapaca logró madurar en más días.

Rendimiento

La producción de grano por las variedades fue observada por las familias, respecto a la cantidad que las variedades produjeron. Los agricultores mostraron su preferencia por las variedades con mayor cantidad de grano cosechado. En este sentido las variedades preferidas fueron Jacha Grano seguido de Ninoca, mientras la variedad Chucapaca fue la menos preferida.

Por su parte, mediante el análisis de varianza con un coeficiente de variación del 14,1%, también se muestra diferencias en el rendimiento entre variedades. La prueba de medias de LSD Fisher, visualizó a Jacha Grano como la variedad de mayor rendimiento, seguidos de las variedades Chucapaca y Ninoca (Cuadro 3).

La validación confirmó, variedades de ciclo corto con alta productividad son las preferidas por las familias agricultoras para producir ante el retraso de lluvias, que cada vez es frecuente en la región del Altiplano Centro. Otras variedades con estas dos características de igual manera serán incorporadas en el sistema de producción de quinua. La preferencia de los agricultores por variedades de ciclo corto y de alta productividad surge en la necesidad de asegurar la producción de quinua, primero va orientada a garantizar la seguridad alimentaria de la familias, y segundo con excedentes buscar su venta.

Tabla 2. Validación de agricultores a tres variedades de quinua en las comunidades de la provincia Pacajes, La Paz.

Variedades	Ciclo vegetativo (votos)	Ciclo vegetativo (días)	Rendimiento (votos)	Rendimiento (kg/ha)	Evaluación Participativa (total votos)
Chucapaca	122	160,0cd	138	644,9ab	260
Jacha Grano	168	145,0ab	175	762,6a	343
Ninoca	180	136,0a	157	635,0abc	337

CONCLUSIONES

La percepción de los agricultores y las estaciones meteorológicas, demuestran el retraso de lluvias en la siembra de la quinua. Esto modifica la temporada de siembra de la quinua.

Las variedades de ciclo corto y de alta productividad son una alternativa para adaptarse al retraso y a periodos cortos de lluvias. Semillas con estas características, en una valiosa alternativa de diversificación y medida de adaptación al cambio climático.

El trabajo conjunto con familias de agricultores, permite encontrar alternativas tecnológicas apropiadas y adaptadas a cada contexto agroclimático.

LITERATURA CITADA

- ALMANZA, J. y GANDARILLA E., 2002. Comité de Investigación Agrícola Local. Una alternativa de investigación en comunidades campesinas. Fundación PROINPA. 4 p.
- ARANA, I.; GARCÍA M.; APARICIO M.; CABRERA, M. 2007. Mecanismo Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Ministerio de Planificación del Desarrollo. La paz, Bolivia. 77 p.
- ANDERSEN, L.; MAMANI, R., 2009. Cambio Climático en Bolivia hasta 2100: Síntesis de Costos y Oportunidades. Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica, CEPAL-BID. La Paz, Bolivia. 41 p
- BELLON, M.; HODSON, D.; HELLIN, J., 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. 13432–13437. PNAS. August 16, 2011. vol. 108. no. 33
- BONIFACIO, A.; VARGAS, A.; MAMANI., 2015. Uso de variedades de quinua y semilla de calidad (pp. 33-43). En: Fundación PROINPA. Informe Compendio 2011-2014. Cochabamba - Bolivia.
- BONIFACIO, A.; GÓMEZ, L.; ROJAS, W., 2014. Mejoramiento genético de la quinua y el desarrollo de variedades modernas. Capítulo 2.5 (pp. 203-226). En: BAZILE D. et al. (Editores) “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 203-226.
- BONIFACIO, A.; VARGAS, A.; ARONI, G., 2003. Variedad Jacha Grano. Fundación PROINPA. La Paz Bolivia. 4 p.
- CONDORI, B.; HIJMANS, R.J.; LEDENT, J. F.; QUIROZ, R., 2014. Managing Potato Biodiversity to Cope with Frost Risk in the High Andes: A Modeling Perspective. PLoS ONE 9(1): e81510. doi:10.1371/journal.pone.0081510
- FAO, 2007. Cambio climático y seguridad alimentaria: Un documento Marco. Roma, Italia. p. 11.
- DELGADO, M.; y BENAVIDES, C., 2000. Comportamiento de diez selecciones de grano dulce de quinua en los municipios de Pasto y Córdoba, departamento de Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- DELGADO, P.; PALACIOS, J.; BETANCOURT, C., 2009. Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño, Colombia. Agronomía Colombiana 27(2), 159-167, 2009.
- GANDARILLAS, A.; ROJAS, W., BONIFACIO, A., OJEDA, N., 2014. Contexto del cultivo en su área originaria. La Quinua en Bolivia: Perspectiva de la Fundación PROINPA. Capítulo 5. In: Bazile D. et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 421.
- JELLEN, E., 2014. Botánica, Domesticación y Circulación de Recursos Genéticos. Capítulo 1. In: Bazile D. et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 13.
- RUIZ, K. B.; BIONDI, S.; OSES, R.; ACUÑA, I.; ANTOGNONI, F.; MARTINEZ, E.; COULIBALY, A.; CANAHUA, A.; PINTO, M.; ZURITA, A.; BAZILE, D.; JACOBSEN, S.; MOLINA, M., 2013. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for sustainable development. April 2013. Impact factor: 3.99. doi: 10.1007/s13593-013-0195-0
- SAAVEDRA, A. y GARCÍA, M.; s.a. Impacto del cambio climático y su posible efecto sobre el cultivo de quinua en el altiplano boliviano. Proyecto Quinagua, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, 8 p.
- SAÑUDO, B., ARTEAGA, G.; BETANCOURT, C.; ZAMBRANO, J.; BURBANO, J., 2005. Perspectivas de la quinua dulce para la región andina de Nariño. Unigraf, Pasto, Colombia.
- VALDIVIA, C.; SETH, A., JIMÉNEZ, E.; CUSICANQUI, J. 2013. Cambio climático y adaptación en el Altiplano de Bolivia. Coordinadora: Elizabeth Jiménez Zamora. SANREM CRSP. CIDES UMSA. Bolivia