

# Construcción de umbrales para el cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca PIA-ACC UTO-61

Campero Marin Sergio Alonso<sup>1</sup>

[sergio.campero@senamhi.gob.bo](mailto:sergio.campero@senamhi.gob.bo)

Guzmán Vega Gunnar David<sup>2</sup>

[gunnarguzman@yahoo.es](mailto:gunnarguzman@yahoo.es)

<sup>1</sup>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología Bolivia - SENAMHI

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Oruro - UTO

**RESUMEN:** *La comunidad Orinoca debido a su ubicación geográfica, es vulnerable a recibir eventos de tipo hidro-meteorológico que ponen en riesgo a gran parte de la agricultura y la pecuaria.*

*Su forma territorial expone a la comunidad a desastres hidro-meteorológicos cada vez más frecuentes.*

*Por lo general las actividades agropecuarias presentan mayor vulnerabilidad ante la presencia de contingencias climatológicas, particularmente aquellas relacionadas con la falta o el exceso de precipitación pluvial y en menor escala, aunque cada vez con mayor frecuencia, las temperaturas mínimas extremas. Esta vulnerabilidad se acrecienta por las características intrínsecas del sector agropecuario, en el cual todas las actividades productivas, transformadoras y de comercialización, se ven de alguna manera influenciadas por eventos climáticos.*

*Además, representa un obstáculo para el crecimiento continuo de gran parte de los productores del sector agropecuario, por tal motivo el objeto de este trabajo de investigación es construir una metodología para la elaboración de umbrales de daño por cada fase fenológica para el cultivo Quinua Real en la comunidad Orinoca*

**PALABRAS CLAVE:** Umbrales, Quinua, Agrometeorología, Resiliencia, Riesgo, Orinoca

**ABSTRACT:** *The Orinoca community, due to its geographical location, is vulnerable to receiving hydro-meteorological events that put at risk a large part of agriculture and livestock.*

*Its territorial form exposes the community to increasingly frequent hydro-meteorological disasters.*

*In general, agricultural activities are more vulnerable to the presence of climatic contingencies, particularly those related to the lack or excess of rainfall and, on a smaller scale, although increasingly more frequently, extreme minimum temperatures. This vulnerability is accentuated by the intrinsic characteristics of the agricultural sector, in which all the productive, transforming and marketing activities are somehow influenced by climatic events.*

*Furthermore, it represents an obstacle to the continuous growth of a large part of the producers of the agricultural sector, for this reason the object of this research work is to build a methodology for the elaboration of damage thresholds for each phenological phase for the potato and Quinua cultivation in the Orinoca community.*

**KEYWORDS:** *Thresholds, Quinua Agrometeorology, Resilience, Risk, Orinoca*

## 1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han registrado afectaciones por diferentes eventos meteorológicos adversos como por ejemplo las nevadas, ocasionando grandes pérdidas económicas principalmente en el sector agropecuario; hoy en día, las instituciones que están realizando atención como es el caso de la UTO, AGRUCO, el MDRyT, las Gobernaciones, Municipios y otras, han experimentado modernización de información que les permita evaluar y analizar las condiciones de severidad.

Germina, de este modo, la necesidad de otorgar metodologías de fácil implementación práctica en el sector agropecuario, que permitan realizar mejores estimaciones del riesgo agropecuario, en formatos de fácil interpretación y acordes a los sistemas de información principalmente alertas de riesgo agropecuario a través de umbrales de daño por cada fase fenológica de los cultivos que permitan la toma de decisiones de manera adecuada y por consiguiente a una mejor planificación del cultivo quinua variedad Real en la Comunidad Orinoca

## 2 Metodología

### **Población y muestra.**

4 parcelas demostrativas con Quinoa Real en la comunidad Orinoca

### **Métodos, técnicas,**

Método de la observación científica.

### **Diseño metodológico**

La Metodología para determinar los umbrales de daño para el cultivo Quinoa variedad Real en la comunidad Orinoca tuvo los siguientes procesos:

**Primer proceso:** Determinar las estaciones para establecer los umbrales de daño a los cultivos en cada zona de estudios cercanos a la estación meteorológica no mayor a 100 metros.

**Segundo proceso:** Construir las tablas de umbrales de daño con las temperaturas óptimas, base, crítica y letal de los cultivos por cada fase fenológica según la bibliografía.

**Tercero proceso:** Comparar diariamente en campo las temperaturas óptimas, base, crítica, letal y humedad del suelo con la salud de los cultivos, así mismo, para ajustar las tablas de umbrales de daño, a continuación se muestran los criterios necesarios para las comparaciones precedentes.

### **Criterios para evaluar umbrales de Helada:**

- La zona apical de las plantas del cultivo están abiertas

- Las Hojas del cultivo están juntas
- Algunas ramas, plantas u hojas están congeladas (helada blanca)
- Algunas ramas, plantas u hojas están quemadas por el frío (helada negra)
- Toda la planta está solidificada por congelamiento

### **Criterios para evaluar umbrales de temperatura máximas:**

- La planta esta Laxada (el envés de las hojas esta hacia arriba)
- La planta esta marchitada

### **Criterios para evaluar umbrales requerimientos hídricos:**

- Para conocer la profundidad de la humedad del suelo.
- Se debe cavar el suelo hasta encontrar agua,
- Se debe medir en cm la profundidad hasta la zona donde comienza la humedad del suelo,
- Repetir el proceso de medición cada 10 días.
- La muestra se debe realizar a 2 metros de la última medición.

Se pudo realizar este trabajo inicialmente por dos años (campañas agrícolas 2016-2017 y 2017-2018) como es el caso de PIA-ACC-61 pero el ajuste y calibración debería ser por dos años más.

Las observaciones agrometeorológicas permitieron evaluar la interacción de un cultivo con su medio ambiente físico para poder conocer sus condiciones climáticas y requerimientos hídricos adecuados; estos conocimientos son necesarios en el uso de modelos agroclimáticos, en el diseño y la planificación de riegos, en la programación de siembras y cosechas, en zonificaciones agroclimáticas, entre otros; por lo tanto se han definido 2 tipos de observaciones agrometeorológicas: las biológicas y del medio ambiente físico.

Así mismo, se realizó la Observación fenológica. Una observación fenológica consiste en contar el número de plantas que ha alcanzado una determinada fase en una fecha exacta, o sea que, el

observador debe decidirse por un día y no por un período en el que a su criterio ocurrió la fase fenológica.

## 2.1 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN

Los requerimientos de información se solicitaron en formato de datos de la estación meteorológica Orinoca y la observación directa del cultivo en campo para la información cualitativa y cuantitativa relacionada principalmente a las características agroecológicas del cultivo quinua en la comunidad Orinoca

La observación en campo considero los siguientes parámetros para construir los umbrales:

- La profundidad de la capa arable.
- Porcentaje de porosidad, tipo de textura y estructura del suelo,
- Cantidad de materia orgánica en el suelo.
- Porcentaje de pendiente de las áreas productivas.
- Conocimiento de las amenazas climatológicas que afectan a los cultivos en la zona agrícola, en la comunidad Orinoca

En base a la información obtenida en el trabajo de campo se realizó la construcción de los umbrales para cada fase fenológica del cultivo Quinua variedad Real.

Se trabajó con la variedad predominante por ser la más representativa del cultivo en la zona, los umbrales de precipitación y temperatura que se solicitan para saber las condiciones óptimas de desarrollo del cultivo. Se incluyeron otros requerimientos como los periodos de año para siembra y cosecha.

La información recopilada debió pasar por un proceso de validación, corrección, edición, estandarización, lo que es reconocido como tratamiento de la información. En este proceso se corrigieron todos los errores y discordancias que podía haber en la información proporcionada.

Finalmente se procedió a la construcción de la tabla con los resultados de los umbrales.

## 3 Resultados

En base a la información de la estación meteorológica de la comunidad Orinoca del SENAMHI y a los datos del cultivo quinua variedad Real en campo, se tienen los siguientes resultados:

- Se cuenta con una metodología para la construcción de umbrales de daño para cada fase fenológica de los cultivos en la comunidad Orinoca

### Se cuenta con los siguientes umbrales de daño para el cultivo quinua var. Real en la comunidad Orinoca

Se tienen las siguientes temperaturas óptimas por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

Emergencia	9° 16° C
Hojas cotiledonales	9° 16° C
2 hojas verdaderas	9° 16° C
4 hojas verdaderas	9° 16° C
6 hojas verdaderas	9° 16° C
ramificación	9° 16° C
Inicio de panojamiento	9° 16° C
panojamiento	9° 16° C
Inicio de floración	10° 15° C
Floración	10° 15° C
Grano lechoso	9° 16° C
Grano pastoso	9° 16° C
Madures fisiológica	9° 16° C

Se tienen las siguiente temperatura Base por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

Emergencia	6° C
Hojas cotiledonales	5° C
2 hojas verdaderas	5° C
4 hojas verdaderas	5° C
6 hojas verdaderas	5° C
ramificación	5° C
Inicio de panojamiento	5° C
panojamiento	5° C
Inicio de floración	6° C
Floración	6° C
Grano lechoso	5° C
Grano pastoso	5° C
Madures fisiológica	5° C

Se tienen las siguientes temperaturas críticas por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

5°C -24°C	<b>Emergencia</b>
5°C -25°C	<b>Hojas cotiledonales</b>
4°C -26°C	<b>2 hojas verdaderas</b>
4°C -26°C	<b>4 hojas verdaderas</b>
4°C -26°C	<b>6 hojas verdaderas</b>
4°C -27°C	<b>ramificación</b>
6°C -26°C	<b>Inicio de panojamiento</b>
6°C -26°C	<b>panojamiento</b>
6°C -26°C	<b>Inicio de floración</b>
5°C -24°C	<b>Floración</b>
3°C -24°C	<b>Grano lechoso</b>
5°C -25°C	<b>Grano pastoso</b>
6°C -26°C	<b>Madures fisiológica</b>

Se tienen las siguientes temperaturas letales por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

-11°C 25°C	<b>Emergencia</b>
-11°C 26°C	<b>Hojas cotiledonales</b>
-10°C 27°C	<b>2 hojas verdaderas</b>
-10°C 27°C	<b>4 hojas verdaderas</b>
-10°C 27°C	<b>6 hojas verdaderas</b>
-10°C 28°C	<b>ramificación</b>
-10°C 27°C	<b>Inicio de panojamiento</b>
-9°C 27°C	<b>panojamiento</b>
-9°C 27°C	<b>Inicio de floración</b>
-8°C 26°C	<b>Floración</b>
-9°C 26°C	<b>Grano lechoso</b>
-9°C 26°C	<b>Grano pastoso</b>
-10°C 27°C	<b>Madures fisiológica</b>

Se tienen las siguientes requerimientos hídricos por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

30mm	<b>Emergencia</b>
0mm	<b>Hojas cotiledonales</b>
0mm	<b>2 hojas verdaderas</b>
0mm	<b>4 hojas verdaderas</b>
0mm	<b>6 hojas verdaderas</b>
0mm	<b>ramificación</b>
0mm	<b>Inicio de panojamiento</b>
0mm	<b>panojamiento</b>
0mm	<b>Inicio de floración</b>
40mm	<b>Floración</b>
45mm	<b>Grano lechoso</b>
0mm	<b>Grano pastoso</b>
0mm	<b>Madures fisiológica</b>

sensible al déficit de agua
tolerante al déficit de agua
tolerante
tolerante
tolerante
tolerante al déficit de agua
tolerante al déficit de agua
tolerante al déficit de agua
tolerante
sensible al déficit de agua
sensible
tolerante
tolerante

Se tienen las siguientes Kc por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

<b>Emergencia</b>	
<b>Hojas cotiledonales</b>	
<b>2 hojas verdaderas</b>	
<b>4 hojas verdaderas</b>	
<b>6 hojas verdaderas</b>	
<b>ramificación</b>	
<b>Inicio de panojamiento</b>	
<b>panojamiento</b>	
<b>Inicio de floración</b>	
<b>Floración</b>	
<b>Grano lechoso</b>	
<b>Grano pastoso</b>	
<b>Madures fisiológica</b>	
Kc 0.4	Kc medio 1.15
Kc 0.8	
	Kc final 0.70

Se tienen los siguientes periodo vegetativo por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

<b>Emergencia</b>	
<b>Hojas cotiledonales</b>	
<b>2 hojas verdaderas</b>	
<b>4 hojas verdaderas</b>	
<b>6 hojas verdaderas</b>	
<b>ramificación</b>	
<b>Inicio de panojamiento</b>	
<b>panojamiento</b>	
<b>Inicio de floración</b>	
<b>Floración</b>	
<b>Grano lechoso</b>	
<b>Grano pastoso</b>	
<b>Madures fisiológica</b>	
6 a 8	
7 a 10	
15 a 20	
25 a 30	
35 a 45	
45 a 50	
55 a 60	
65 a 70	
75 a 80	
90 a 100	
100 a 130	
130 a 160	
160 a 200	

Se tienen las siguientes fechas de siembra temprana por cada fase fenológica del cultivo Quinua var. Real en la comunidad Orinoca

Agosto	<b>Emergencia</b>
Septiembre	<b>Hojas cotiledonales</b>
Septiembre	<b>2 hojas verdaderas</b>
Septiembre	<b>4 hojas verdaderas</b>
Octubre	<b>6 hojas verdaderas</b>
Octubre	<b>ramificación</b>
Octubre	<b>Inicio de panojamiento</b>
Noviembre	<b>panojamiento</b>
Noviembre	<b>Inicio de floración</b>
Noviembre	<b>Floración</b>
Diciembre	<b>Grano lechoso</b>
Febrero	<b>Grano pastoso</b>
Marzo	<b>Madures fisiológica</b>

Se tienen las siguientes fechas de siembra principal por cada fase fenológica del cultivo Quinoa var. Real en la comunidad Orinoca

Septiembre	<b>Emergencia</b>
Últimos días de septiembre primeros días de octubre	<b>Hojas cotiledonales</b>
Últimos días de septiembre primeros días de octubre	<b>2 hojas verdaderas</b>
Últimos días de septiembre primeros días de octubre	<b>4 hojas verdaderas</b>
Últimos días de octubre primeros días de noviembre	<b>6 hojas verdaderas</b>
Últimos días de octubre primeros días de noviembre	<b>ramificación</b>
Noviembre	<b>Inicio de panojamiento</b>
Últimos días de noviembre primeros días de diciembre	<b>panojamiento</b>
Diciembre	<b>Inicio de floración</b>
Enero	<b>Floración</b>
enero	<b>Grano lechoso</b>
Últimos días de febrero primeros días de marzo	<b>Grano pastoso</b>
Últimos días de marzo Media semana de abril	<b>Madures fisiológica</b>

Se tienen las siguientes fechas de siembra Tardia por cada fase fenológica del cultivo Quinoa var. Real en la comunidad Orinoca

Octubre	<b>Emergencia</b>
Octubre	<b>Hojas cotiledonales</b>
Octubre	<b>2 hojas verdaderas</b>
Octubre	<b>4 hojas verdaderas</b>
Noviembre	<b>6 hojas verdaderas</b>
Noviembre	<b>ramificación</b>
Noviembre	<b>Inicio de panojamiento</b>
Diciembre	<b>panojamiento</b>
Enero	<b>Inicio de floración</b>
Enero	<b>Floración</b>
Febrero	<b>Grano lechoso</b>
Marzo	<b>Grano pastoso</b>
Abril	<b>Madures fisiológica</b>

#### 4 Discusión

Los umbrales de daño a los cultivos tienen un enfoque destinado a la determinación de índices agrometeorológicos para cada fase fenológica, que comprenda desde la fase de emergencia de las primeras hojas hasta los de cosecha. Del mismo modo, se considera aspectos de los diferentes requerimientos bioclimáticos y la incidencia que éstos presentan sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo; en realidad, logra la comparación de requerimientos en los cultivos con las condiciones agrometeorológicas y agroclimáticas presentes en un momento o una época específica, permitiendo el desarrollo de metodologías adecuadas para determinar zonas aptas y potenciales para los mismos.

La tabla de umbrales de daño contiene Temperaturas Letales, Críticas, Base y Óptimas; Precipitación Efectiva, coeficiente de corrección Kc, Periodo Vegetativo, Cultivo en desarrollo, esta información se realizó para cada fase fenológica del cultivo para la comunidad Orinoca

La temperatura, la radiación solar y el agua en el suelo son los tres principales factores meteorológicos que regulan los procesos fisiológicos y metabólicos en los cultivos. Los estudios agrometeorológicos realizados contribuyen al conocimiento cualicuantitativo de la relación tiempo producción agrícola y aportan información detallada de los elementos agroclimáticos en su magnitud, frecuencia y variabilidad.

Para un escenario de amenaza meteorológica que emite el SENAMHI, se construyeron tablas de umbrales de daño para el cultivo Quinoa Real en la comunidad Orinoca para realizar análisis:

- De comparación de los datos registrados frente al umbral de daño de los cultivos que puede derivar en un aviso de alerta, porque no se están alcanzando los diferentes requerimientos térmicos e hídricos necesarios para cada cultivo en cada etapa fenológica de su desarrollo; Esta comparación permite evaluar si se están cumpliendo o no las temperaturas requeridas por los cultivos.
- De tolerancia de cada fase fenológica al déficit hídrico; El balance hídrico del suelo refleja la cantidad de lluvia efectiva necesaria para cada fase fenológica a si por ejemplo la tabla con umbrales presenta un rango, que establece si la fase fenológica "Floración" tolera o no el déficit hídrico.
- De alerta por eventos meteorológicos extremos que ocasionan daños a los cultivos. Los umbrales de las temperaturas críticas y letales sirven cuando una alerta de amenaza meteorológica (temperaturas muy bajas o muy altas) puede afectar algunos cultivos en determinadas fases fenológicas, de esta manera es posible anticipar pérdidas por marchitamiento por altas temperaturas o congelamiento por bajas temperaturas, ocasionando bajas considerables en el rendimiento.

## 5 Conclusiones

La Comunidad Orinoca y el PIA-ACC-UTO-61 cuentan con una metodología propia

La Comunidad Orinoca y el PIA-ACC-UTO-61 cuentan con umbrales de daño para el cultivo Quinoa Real.

## 6 Referencias bibliográficas

- Donald Wilhite (1997). Improving Drought Management in the West: The Role of Mitigation and preparedness. National Drought Mitigation Center. Universidad de Nebraska. Estados Unidos. 56 p.
- Donald Wilhite, Michael J. Hayes, Cody Knutson, Kelly Helm Smith. The Basic of Drought planning: A 10-Step process. National Drought Mitigation Center. Universidad de Nebraska. Estados Unidos. 15p.
- Guía para la Elaboración de Planes de Contingencia por Sequía. Por Dionisio Castillo Ríos de la Gerencia Estatal en San Luis Potosí de La Comisión Nacional del Agua.

- Guttman, N.B., (1998): Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. J. Amer. Water Resour. Assoc., 34, 113-121.
- Hugo Andrés Justiniano Rojas (2005). Tesis de Grado, Análisis de la Sequía, aplicación un del de cuenca de la Río Poopó. Presentación en Acrobat Reader. Universidad de San Andrés Facultad de Ingeniería Civil.
- Libro blanco de indicadores de sequías. (2001).
- Pedro Enrique Boletta, 2001. Utilización de información agrometeorológica y satelital para la evaluación de la desertificación en el Chaco Seco, Departamento Moreno, Santiago del Estero. Tesis de Magíster en Ciencias Agropecuarias, Escuela para Graduados, Fac. de Ciencias Agropecuarias, Univ. Nac. de Córdoba. Córdoba, Argentina
- Comisión Nacional del Agua. Programa Nacional Hídrico 2007-2012, 2007. Disponible en: [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- Fowler, H.J., and, C.G. Kilsby, 2003: A Regional Frequency Analysis of United Kingdom Extreme
- Rainfall from 1961 to 2000. International Journal of Climatology, 23, 1313-1334
- Hallack-Alegría, M., y Watkins., D.W. Jr. Annual and Warm season Drought-Intensity-Duration-Frequency Analysis for Sonora, México. Journal of Climate, 2007; 20, 1897-1909.
- Hoskins, J.R.M., y Wallis, J.R. (1997). Regional Frequency Analysis. Cambridge.
- Wallis, J.R., M.G. Schaefer, B.L. Barker and G.H. Taylor. Regional precipitation-frequency analysis and spatial mapping for 24-hour and 2-hour durations for Washington State. J. Hydrology & Earth System Sciences, 2007; 11(1), 415-442.