

VOL V

# AGRÁRIAS

PESQUISA E INOVAÇÃO NAS CIÊNCIAS QUE  
ALIMENTAM O MUNDO

EDUARDO EUGÊNIO  
SPERS  
(Organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS

2021

## AMARANTO: UNA ALTERNATIVA DE DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA DE CALIDAD NUTRICIONAL EN LA NORPATAGONIA ARGENTINA<sup>1</sup>

Data de submissão: 24/02/2021

Data de aceite: 24/03/2021

**Maria Fany Zubillaga**

Universidad Nacional de Río Negro (UNRN)-  
Sede Atlántica -  
Centro de Investigación y Transferencia  
(CIT)- CONICET  
Viedma - Río Negro - Argentina  
<https://orcid.org/0000-0001-9080-9847>

**Juan José Gallego**

Instituto Nacional de Tecnología  
Agropecuaria. EEA Valle Inferior.  
Viedma - Río Negro - Argentina  
<https://orcid.org/0000-0002-9340-1641>

**Maité Alder**

Instituto Nacional de Tecnología  
Agropecuaria. EEA Valle Inferior.  
Viedma - Río Negro - Argentina

**RESUMEN:** El cultivo de amaranto (*Amaranthus* sp) se visualiza como una producción alternativa de excelente

<sup>1</sup> Se agradece a la UNRN Sede Atlántica y a la EEA VI Río Negro, especialmente al Área de Producción Animal por proporcionar los medios y las condiciones para la realización de los ensayos que brindaron la información plasmada en este capítulo. Este trabajo surge de la tesis doctoral de la primera autora realizada en la Universidad nacional del Sur. Bahía Blanca Argentina

calidad nutricional para las condiciones agroecológicas del Valle Inferior del Río Negro (VIRN). Por esta razón se llevaron a cabo cultivos de *A. cruentus* cv Mexicano, con el objetivo de evaluar la calidad nutricional del grano mediante diferentes variables (fibra, proteína, cenizas y digestibilidad) en diferentes prácticas de manejo agronómico: fechas de siembra, densidad de plantas, dosis de fertilización nitrogenada y diferentes frecuencias de riego. Las prácticas de manejo empleadas durante el desarrollo del cultivo generaron efectos en la calidad nutricional del mismo. Fechas de siembra tardías (fines de diciembre-mediados de enero) permitieron obtener mejores valores de calidad nutricional. A pesar de ello, las diferencias entre fechas fueron de poca relevancia agronómica por lo que sería conveniente considerar como óptimas siembras entre fines de noviembre y principios de diciembre (tempranas) para las condiciones del VIRN dado que proveen altos rendimientos en grano de adecuada calidad nutricional. Con respecto a la densidad de plantas, el aumento de la misma por sobre 143.000 pl ha<sup>-1</sup> a 0,70 m influyó negativamente en calidad del grano dado que incrementó los valores de fibra y redujo el contenido proteico. La fertilización con dosis de hasta 150 kg N ha<sup>-1</sup> permitió mejorar el contenido de proteína bruta, aunque sería

conveniente evaluar si este efecto de la fertilización en el contenido de proteína y en el rendimiento es económicamente viable para el productor. En relación a la práctica de riego, una frecuencia de 14 días produjo altos rendimientos de adecuada calidad nutricional con un manejo más eficiente del recurso hídrico.

**PALABRAS CLAVE:** Grano. Fertilización. Riego. Fechas de Siembra. Densidad.

## AMARANTH: AN ALTERNATIVE FOR PRODUCTIVE DIVERSIFICATION OF NUTRITIONAL QUALITY IN NORTH PATAGONIA ARGENTINA

**ABSTRACT:** Amaranth cultivation (*Amaranthus* sp) is seen as an alternative production of excellent nutritional quality for the agroecological conditions of the Río Negro Lower Valley (VIRN). This is why, *A. cruentus* cv Mexicano cultivations were carried out, with the aim of evaluating the nutritional quality of the grain through different variables (fiber, protein, ashes and digestibility) in different agronomic management practices: sowing dates, density of plants, doses of nitrogen fertilization and different frequencies of irrigation. The handling practices used during the development of the crop generated effects on its nutritional quality. Late sowing dates (late December-mid January) allowed to obtain better nutritional quality values. In spite of this, the differences between dates were of little agronomic relevance, so it would be convenient to consider as optimal sowings the ones between late November and early December (early) for the VIRN conditions since they provide high yields in grain of an adequate nutritional quality. Regarding plant density, its increase over 143,000 pl ha<sup>-1</sup> at 0.70 m negatively influenced grain quality since it increased fiber values and reduced protein content. Fertilization with doses up to 150 kg N ha<sup>-1</sup> made it possible to improve the crude protein content, although it would be convenient to evaluate whether this effect of fertilization on protein content and yield is economically viable for the producer. In relation to the irrigation practice, a frequency of 14 days produced high yields of adequate nutritional quality with a more efficient management of the water resource.

**KEYWORDS:** Grain. Fertilization. Irrigation. Planting Dates. Density.

## 1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE AMARANTO

### 1.1 CARACTERÍSTICAS DEL AMARANTO

La palabra amaranto proviene del griego y significa “la que no se marchita, la imperecedera”. Este nombre se debe a que sus flores mantienen su aspecto fresco por mucho tiempo después de cortadas sin perder su color.

Técnicamente el amaranto es considerado un pseudocereal, ya que tiene características similares a los granos de los cereales verdaderos de las monocotiledóneas. Su diferencia radica en que el amaranto tiene almidón almacenado en el perispermo y el embrión ocupa gran parte del grano. Esta característica lo destaca por ser una importante

fuelle de lípidos y proteínas. Sin embargo, por ser una dicotiledónea no es considerado como un cereal verdadero.

El amaranto pertenece a la familia Amaranthaceae, género *Amaranthus* que se caracteriza por presentar plantas herbáceas o arbustivas, de ciclo anual, que pueden alcanzar 2,5 m de altura, con tallos erectos, suculentos, cilíndricos. De hojas pecioladas, ovals o elípticas, de borde entero, de color verde o púrpura, con nervaduras prominentes en el envés (Mujica *et al.*, 1997). De raíz pivotante con abundantes ramificaciones (Sumar, 1993). Los amarantos son plantas monoicas, dioicas o polígamas con grandes inflorescencias muy vistosas llamadas panojas, las cuales pueden ser terminales o axilares, erectas o decumbentes, de tamaños variables y colores diversos. La semilla es pequeña, lisa, brillante de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros, con un peso de 1000 entre 0,6 y 1 gr (Kigel, 1994).

Este cultivo se caracteriza por presentar una amplia variabilidad genética que les confiere adaptación a numerosas condiciones de clima y suelo con atractivos rendimientos. La familia Amaranthaceae comprende 60 géneros que abarcan unas 800 especies de las cuales la mayoría son nativas de América y solo 15 provienen de Europa, Asia, África y Australia (Sauer, 1967; Feine *et al.*, 1979). Del total de especies, solo 3 se utilizan para la producción de grano: *A. cruentus* L.; *A. hypochondriacus* L.; y *A. caudatus* L.

## 1.2 REGIONES DE PRODUCCIÓN DE AMARANTO

El uso del amaranto se retrae más de 4000 años, existen evidencias arqueológicas que confirman el origen americano de las especies cultivadas para grano, dado que, hojas y semillas del género *Amaranthus* fueron utilizadas por habitantes de América Prehistórica antes del proceso de domesticación de estas plantas (Sauer, 1967). Es así que internacionalmente se asume que el amaranto fue cultivado y utilizado junto al maíz, los frijoles y el chian (salvia Hispánica) por los aztecas en el valle de México, por los mayas en Guatemala, y por los Incas en Sudamérica en Perú, Bolivia y Ecuador junto a la papa, el maíz y la quinua (NRC, 1984).

En la actualidad el amaranto tiene una distribución cosmopolita, que en los últimos años ha sido exponencial en diferentes países del mundo siendo los principales productores de grano China, India, Kenya, México, Nepal, Perú, EE.UU. y Rusia (Bale y Kauffman, 1992, Mujica, *et al.*, 1997).

El amaranto en Argentina solía cultivarse en las regiones de Purmamarca y Humahuaca (Jujuy), en Pampa Grande (Salta) y en los valles de Tucumán y Catamarca. Actualmente el área de cultivo comprende las provincias de Jujuy, Santiago del Estero, Córdoba, este de La Pampa y oeste de Buenos Aires. Potencialmente podría producirse

en las extensas superficies de la zona semiárida al norte de la Patagonia, donde se encuentra ubicado el VIRN, dado que ha demostrado ser apta para este cultivo sin necesidad de desplazar otras actividades agropecuarias.

### 1.3 USOS DEL AMARANTO

La planta de amaranto puede ser utilizada prácticamente en su totalidad. Es así que los granos se utilizan para consumo humano en forma de granos integrales, harina, copos, harina integral de amaranto tostado, amaranto reventado al estilo rosetas, polvo pregel, aceite, barras de cereal, pan de amaranto y como tortilla de amaranto y maíz. La harina generalmente se recomienda para enriquecer pastas, panes, fideos, galletas y alimentos para bebés y celíacos (Bejosano y Corke, 1998; Juan *et al.*, 2007; Mlakar *et al.*, 2009). En cuanto al resto de la planta, la hoja de algunas especies se consume como hortícola y como forrajera, destacándose por contener altos niveles de calcio, hierro, fósforo y magnesio, así como ácido ascórbico, vitamina A y fibras (NRC, 1984; Alfaro *et al.*, 1987).

En Europa, América y algunas regiones de Asia se cultiva con el principal objetivo de la producción de grano. En Malasia e Indonesia básicamente se utiliza como verdura (Mujica, *et al.*, 1997).

En Argentina carece de un sistema de comercialización desarrollado que se refleja en la falta de consumo masivo y en la ausencia de un mercado referencial. En general se vende en negocios de dietéticas en forma de harina, grano o cereal inflado. Si bien no existe un mercado interno consolidado, ni transacciones internacionales, se considera que con mayores volúmenes productivos podría abastecer a otros países.

### 1.4 RINDES Y CALIDAD DE GRANO

Debido a que el amaranto es una especie C4, presenta una elevada eficiencia de asimilación de luz y de agua, que le permite lograr altas tasas de crecimiento y alcanzar un elevado potencial de rendimiento. Por ello, las características locales donde se realiza el cultivo, la tecnología aplicada (densidad de plantas, a la fertilización, al riego, y al control de plagas) y el genotipo utilizado influyen en los rendimientos obtenidos.

En América el rendimiento de siembras comerciales presenta alta variabilidad: 1.000 - 5.300 Kg ha<sup>-1</sup> en México; 800-3.500 Kg ha<sup>-1</sup> en Perú; 600 - 3.800 Kg ha<sup>-1</sup> en Ecuador; 700-2.500 Kg ha<sup>-1</sup> en Bolivia; 4.000 - 5.700 Kg ha<sup>-1</sup> en Chile; y 150 y 1.500 Kg ha<sup>-1</sup> en Argentina (Mujica *et al.*, 1999). Datos más recientes en Argentina mostraron rendimientos que varían desde 350 hasta 3.000 Kg ha<sup>-1</sup> (Troiani *et al.*, 2004; Reinaudi *et al.*, 2011).

## 2 CULTIVO DE AMARANTO EN EL VALLE INFERIOR DEL RIO NEGRO

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL VALLE INFERIOR DEL RÍO NEGRO

El Valle Inferior de Río Negro (VIRN) se encuentra ubicado en la ribera del río del mismo nombre, en el SE de la Provincia de Río Negro, Argentina (40° 36'- 40° 48' LS y 63° 00'- 63° 30' LO). La zona agrícola bajo riego del VIRN está organizada en pequeñas explotaciones (30 - 120 ha) sistematizadas para el riego gravitacional. La mayor parte de la superficie productiva se destina a especies forrajeras, mayormente alfalfa y pasturas consociadas, utilizadas para engorde vacuno. Las otras producciones que se desarrollan son, en importancia decreciente: frutos secos; cereales (maíz y avena); cebolla, zapallo y horticultura diversificada. Recientemente se iniciaron actividades más intensivas como: cultivos bajo cubierta; engorde a corral y producción porcina (INTA, 2013). Esta variabilidad de producciones puede llevarse a cabo debido a las condiciones ambientales, a la disponibilidad del recurso hídrico y a la gran variabilidad de series de suelo con diferentes clases texturales presentes en la zona.

El clima se caracteriza como semiárido y mesotermal, con temperatura media mensual de 14°C (Peri, 2004). El período libre de heladas es de 164 días entre octubre y mayo. El viento es constante en el año, con velocidades que van desde moderado a muy fuertes. La precipitación media es de 391,2 mm con una distribución casi homogénea en el año. La estación primavera-estival es la de mayor importancia agrícola, presenta un ambiente seco y alta demanda hídrica debido a que las precipitaciones en este período resultan deficitarias para los cultivos sin las aplicaciones de riego (Berasategui, 2002).

### 2.2 PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA EL CULTIVO DE AMARANTO EN EL VIRN

En el VIRN se realizaron cultivos de amaranto para evaluar su comportamiento en función de su adaptabilidad a diversas prácticas agronómicas (fecha de siembra y densidad, fertilización nitrogenada, frecuencias de riego) y su incidencia en la calidad del grano obtenido.

El suelo donde se realizaron los cultivos se caracterizó como franco arcilloso con propiedades químicas dentro de parámetros normales que lo califican de buena aptitud agrícola. Las labores culturales realizadas previo a la siembra consistieron en: una pasada de rastra pesada, dos pasadas de rastra liviana, surqueado, riego y aplicación de herbicida presiembra (glifosato 4 l ha<sup>-1</sup>).

La siembra se realizó a chorrillo, a una profundidad de 1,5 cm y la variedad utilizada fue *A. cruentus* cultivar Mexicano. La fecha de siembra fue temprana en todos los cultivos, exceptuando aquellos que evaluaban diferentes fechas de siembra (tempranas: mediados

de noviembre y principios de diciembre; y tardías: fines de diciembre y mediados de enero). Una vez emergidas las plántulas el control de malezas se realizó manualmente hasta que las plantas alcanzaron un porte de 50-60 cm, momento en que las plantas lograron una adecuada competencia con las malezas. Con este porte se realizó un raleo para establecer la densidad de plantas deseada (143.000 pl ha<sup>-1</sup> a 0,70 m entre líneas), exceptuando los cultivos que evaluaban diferentes densidades y geometrías de cultivo (71.500, 110.000, 143.000 pl ha<sup>-1</sup> a una cara del surco (0,70 m) y 85.800, 143.000, 286.000, 572.000 pl ha<sup>-1</sup> a dos caras del surco (0,35 m)).

La fertilización se efectuó fraccionada en dos etapas según lo recomendado por Soto (2003). La primera aplicación con plantas próximas a los 60 cm de altura y la segunda a inicios de la etapa de floración. El fertilizante utilizado fue urea granulada y la dosis incorporada como nitrógeno (N) de 90 Kg ha<sup>-1</sup> para todos los cultivos, excepto en aquellos que evaluaban diferentes dosis de fertilización nitrogenada (0, 50, 100, 150, 300 Kg N ha<sup>-1</sup>).

El riego se realizó en forma gravitacional según los requerimientos del cultivo con un total de agua ingresada al perfil de suelo (precipitaciones + agua de riego) entre 850 y 950 mm, con excepción de los trabajos en los que se evaluó diferentes frecuencias de riego (cada 7, 14 y 21 días con un total de agua ingresada de 1260, 940 y 750 mm respectivamente).

La cosecha y trilla fue manual para la evaluación de rendimiento y calidad en cada cultivo.

### 3 CALIDAD DEL GRANO DE AMARANTO PRODUCIDO EN VIRN

Para la evaluación de la calidad del grano obtenido de los diferentes cultivos descriptos anteriormente, se tomaron muestras de grano que fueron molidas hasta consistencia de harina para su análisis en laboratorio. Las variables de calidad determinadas fueron: Materia seca (MS), Proteína bruta (PB), Cenizas (Cen) por metodología AOAC (1990); Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), Lignina detergente ácido (LDA) por método secuencial de detergentes Van Soest *et al.* (1991); y Digestibilidad de la materia seca (DMS) por Ecuación sumativa de Van Soest (1967).

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las prácticas de manejo empleadas durante el desarrollo del cultivo generan efectos en la calidad nutricional. Algunos autores hacen referencia a la incidencia de la especie, la fecha de siembra y la fertilización nitrogenada en la calidad del cultivo (Sleugh *et al.*, 2001; Pisarikova *et al.*, 2007; Abbasi *et al.*, 2012). En este sentido, los resultados presentados en este capítulo y su discusión se centran en las siguientes prácticas agronómicas:

### 3.1 DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA

El comportamiento de los parámetros de calidad estudiados respecto de las fechas de siembra está asociados al desarrollo general de las plantas donde variables tales como altura, número de nudos, ramificaciones, máximo de hojas y diámetro de tallo son afectados por condiciones ambientales y de cultivo. Así, se observó cómo en las fechas de siembra tardías el crecimiento y desarrollo se redujo, posiblemente en respuesta a factores tales como radiación, fotoperiodo y temperatura que disminuyen luego de la estación estival (Zubillaga, 2017). Estas condiciones generan diferencias morfofisiológicas entre fechas de siembra que ocasionan variaciones en: la calidad nutricional de la fibra en su proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina; en el contenido de sustancias inorgánicas (Cen) y proteicas (PB), es por ello que el análisis de calidad reflejó lo que sucedió constitutivamente en la planta.

Para el contenido de fibra (FDN y FDA) se observó una tendencia a disminuir conforme se retrasó la fecha de siembra. La fracción proteica (PB) presentó el comportamiento opuesto al mencionado anteriormente, es decir se incrementó en siembras tardías. Sin embargo, para las tres variables mencionadas la magnitud de estas diferencias fue mínima por lo que se consideran poco relevantes agronómicamente, tomándose como valores promedio: FDN 18,25%; FDA 7,3% y PB 17,6%. Por su parte, los contenidos de LDA, Cen y DMS no mostraron diferencias asociadas a las fechas de siembra estudiadas con valores promedios de 4,24%; 2,25% y 68,4% respectivamente.

Siembras tempranas tienen ciclos de desarrollo más prolongados y mejores condiciones ambientales, que reflejaron una mayor estructura de planta con aumento de sustancias inorgánicas y síntesis de fibras, debido a la necesidad de sostener una estructura floral de mayor porte (Zubillaga, 2017). El contenido de PB se vio reducido posiblemente por el comportamiento biológico de la célula la cual incrementa la pared celular en detrimento del material citoplasmático con la madurez (Sleugh *et al.*, 2001; Yu *et al.*, 2004). En siembras tardías, las condiciones ambientales producen el acortamiento de las etapas fenológicas con una inducción floral temprana y al momento de cosecha las plantas aun presentan hojas y tallos verdosos (fotosintéticamente activos) y por lo tanto, un mayor contenido de proteína y un menor desarrollo de componentes estructurales inorgánicos y lignocelulósicos.

Los valores de Cen encontrados en la bibliografía (William y Brenner, 1995; Gimplinger *et al.*, 2007) varían entre 3 y 4%, es decir valores superiores a lo hallado en este trabajo. Estas diferencias podrían estar asociadas al cultivar estudiado o bien a las condiciones ambientales donde se desarrolló el cultivo. En relación con contenido de PB en grano los resultados obtenidos en esta experiencia se encuentran dentro del rango de

12-19% citado por la bibliografía (Bressani, 1989; Lehmann, 1990; Barba de la Rosa *et al.*, 1992). En cuanto a la digestibilidad no se apreciaron diferencias entre fechas de siembra pese a la reducción observada de las fracciones de FDN y FDA, posiblemente debido a que el contenido de LDA no mostró diferencias entre las fechas estudiadas.

A modo de síntesis podemos mencionar que fechas tardías permiten obtener mejores valores de calidad nutricional. A pesar ello, las diferencias halladas son de poca relevancia agronómica por lo que sería conveniente considerar siembras entre fines de noviembre y principios de diciembre (tempranas) como óptimas para las condiciones del VIRN dado que proveen altos rendimientos (superiores a 3500 kg ha<sup>-1</sup>) de adecuada calidad nutricional.

### 3.2 DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTAS

Al evaluar el efecto de la densidad de plantas en las variables de calidad analizadas se observó una tendencia a incrementar la fracción fibra (FDN, FDA y LDA) conforme aumentó la densidad, mientras que Cen, PB y DMS disminuyeron con incrementó la densidad del cultivo. El rango de valores entre la densidad más baja y la más elevada fue de 16,4% y 17,3% para FDN; 7,3% y 7,7% para FDA; 3,7% y 4,4% para LDA; 2,4% y 2,3% para Cen; 17,9% y 17,6% para PB y 70,8% y 69,3% para DMS (Zubillaga, 2017).

Los resultados obtenidos evidenciaron como el aumento de densidad de plantas a cosecha permitió incrementar los rendimientos en grano. Sin embargo, en lo que respecta a calidad se observó un comportamiento opuesto, hecho que podría estar asociado al incremento de competencia intraespecífica que se manifestó como una reducción de la biomasa aérea por planta y por lo tanto en una menor superficie fotosintética y menor rendimiento en grano por planta (Zubillaga, 2017). Otros autores coinciden con lo observado y atribuyen este efecto al sombreado y la competencia por luz y nutrientes minerales entre plantas, lo que disminuiría la síntesis de fotoasimilados y la estructura morfológica de las plantas (Yarnia, 2010; y Moshaver *et al.*, 2015). En este sentido en maíz, el sombreado entre plantas redujo la concentración de nitrato reductasa, situación que disminuyó el N en el grano (Graybill *et al.*, 1991) este hecho podría justificar el menor contenido de PB en grano obtenido. La reducción de la calidad del grano observada en este trabajo con el aumento de la densidad podría asociarse al incremento de los valores de fibra y a la reducción del contenido de PB, hecho que explicaría los menores valores de DMS obtenidos.

Es importante destacar que, si bien se detectaron diferencias en las variables de calidad estudiadas respecto de las densidades de planta evaluadas, la magnitud de las mismas sería de poca relevancia agronómica. Por lo tanto, sería importante considerar

como óptima aquella densidad que permitiría alcanzar altos rendimientos con una adecuada eficiencia de los recursos ambientales y buena calidad nutricional del cultivo. En las condiciones de cultivo del VIRN se considera óptima 143.000 pt ha<sup>-1</sup> sembradas a una cara del surco (0,70 cm) para alcanzar rendimientos en grano de 2900 kg ha<sup>-1</sup> (Zubillaga, 2017).

### 3.3 DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Al evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad nutricional del grano se observó que la fracción fibra (FDN, FDA y LDA) y la DMS no presentaron diferencias asociadas al incremento de la dosis fertilización con valores promedios de 16,3%, 7,5%, 4,3% y 70,2% respectivamente, mientras que las Cen y PB, incrementaron conforme aumentó la dosis de fertilización con valores de 2,2% a 2,4% para cenizas, y 16,2% a 19,2% para PB (Zubillaga, 2017). Estos resultados evidencian como la disponibilidad de N por medio de la fertilización favoreció la incorporación de este nutriente a las estructuras de la planta, situación que se visualizó como un incremento de la biomasa total y una mayor durabilidad del área foliar. Esto permitió mantener más tiempo la superficie fotosintética y aumentar la disponibilidad de nutrientes para la síntesis de nuevos componentes nitrogenados entre otros, hecho que podría explicar el incremento del contenido de Cen y PB observado. El comportamiento biológico celular muestra que, con el avance de la madurez, las células de diferentes secciones de la planta (tallos-hoja-grano) muestran un incremento en la pared celular en detrimento del contenido citoplasmático (Sleugh *et al.*, 2001, Yu *et al.*, 2004). Este hecho podría justificar la estabilidad de los valores de fibra y el incremento en el valor de PB por el retraso en la senescencia (extensión del ciclo de cultivo) por efecto de la fertilización nitrogenada. Resultados similares fueron reportados para este mismo cultivo en condiciones de fertilización nitrogenada (Mlakar *et al.*, 2010; Abbasi *et al.*, 2012; Ardali y AghaAlikhanet, 2015).

A modo de síntesis, la fertilización como práctica de manejo en el cultivo de amaranto permite mejorar el contenido de PB de grano bajo las condiciones medioambientales del VIRN. Este efecto se logra con dosis de hasta 150 kg N ha<sup>-1</sup>, por sobre esta dosis no se observan efectos en la calidad del mismo. Es importante mencionar que sería conveniente evaluar si este efecto de la fertilización en el contenido de PB y en el rendimiento es económicamente viable para el productor.

### 3.4 DIFERENTES FRECUENCIAS DE RIEGO

Los resultados de laboratorio asociados a las frecuencias de riego evaluadas evidenciaron que: por un lado, el estrés hídrico generado entre la frecuencia mayor (7

días) y la frecuencia menor (21 días) redujo los componentes estructurales de la fracción fibra de: 16,6% a 15,6% para FDN; de 7,5% a 7,4% para FDA y de 4,3% a 4,2% para LDA y de las Cen de 2,8% a 2,2% y por otro, incrementó del contenido de PB de 18,4% a 18,5% y la DMS de 70% a 71% (Zubillaga, 2017).

Trabajos realizados en este cultivo destacan la tolerancia del mismo a la sequía y su adaptabilidad a zonas marginales, principalmente debido a su eficiente uso del agua (Schahbazain *et al.*, 2006; Ferrarotto 2010; Mlakar *et al.*, 2012). Si bien las diferencias entre las variables estudiadas para las frecuencias de riego utilizadas en el VIRN fue pequeña, estos resultados podrían asociarse con una respuesta morfofisiológica del amaranto, donde, bajo condiciones de estrés hídrico se reduce el porte general de la planta, su biomasa y la elongación de tallos y hojas (Zubillaga, 2017). Esta respuesta podría relacionarse con un incremento del cierre estomático, situación que disminuye la tasa fotosintética y ocasiona disturbios en el funcionamiento del metabolismo de aminoácidos y carbohidratos (Taiz y Zeiger, 2006). Por otra parte, una estrategia de supervivencia del amaranto es disminuir sus carbohidratos estructurales e incrementar los solubles para mantener un ajuste osmótico que permite a la planta continuar sus funciones aún en condiciones de sequía severas (Liu y Stützel, 2002; y Omami y Hammers, 2010). El efecto del estrés hídrico en la composición del grano de amaranto se observa como una disminución del almidón y las cenizas con un incremento de la proteína (Lavini *et al.*, 2016).

En la mayor frecuencia de riego (7 días) se observaron los mayores valores de FDN, FDA, LDA y Cen. Esto podría deberse a una mayor translocación de nutrientes minerales de las raíces a los granos, promovida por la mayor disponibilidad de agua tal como propone Vieira Queiroz, *et al.*, (2015). A nivel celular, el aumento de la fracción fibra se asocia al incremento de las paredes celulares, con lo cual se reduce el contenido citoplasmático y consecuentemente disminuye DMS. Otros autores detallan un comportamiento de la fracción proteica similar al hallado en este trabajo en diferentes cultivos (Singh *et al.*, 2012, Ertek y Kara, 2013; Karasu *et al.*, 2015).

Es importante destacar que la magnitud de las diferencias halladas entre frecuencias de riego para las diferentes variables de calidad estudiadas podría considerarse poco relevantes agrónomicamente. No obstante, su importancia radica en el manejo más eficiente del recurso hídrico de la zona, e incluso en la posibilidad de siembra del cultivo en condiciones de secano. A pesar de la merma en los rendimientos ante una restricción de agua (frecuencia cada 21 días), se mantuvo la calidad nutricional con elevados valores PB y DMS.

En el VIRN, los mayores rendimientos fueron de 3800 kg ha<sup>-1</sup> con una frecuencia de riego de 14 días. Esto permitió un manejo sustentable de los recursos suelo y agua y un óptimo balance entre producción y calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. (15th edition).

Abbasi D, Rouzbehan Y, Rezaei J. (2012). Effect of harvest date y nitrogen fertilization rate on the nutritive value of amaranth forage (*Amaranthus hypochondriacus*). Anim Feed Sci Technol 171:6–13.

Alfaro, M.A.; Martínez, A. Ramírez, R.; Bressani, R. (1987). Yield y chemical composition of the vegetal parts of the amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*, L.) at different physiological stages. Arch Latinoam Nutr. 37: 108-121.

Ardali, S. A.; AghaAlikhani, M. (2015). Effect of plant density y nitrogen fertilizer rate on forage yield y quality of cultivated amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 17 (1): 35-45.

Bale, J. R. y Kauffman, C.S. (1992). Special issue on grain amaranth: New potential for an old crop. Food Rev. Int. 8:1-190.

Barba de la Rosa, A. P, Gueguen, J. Paredes López, O., Viroben, G. (1992). Fractionation procedures electrophoretic characterization, an amino acid composition of amaranth seed proteins. J. Agric. Food Chem. 40,931-936.

Bejosano, F. P. y Corke, H. 1998. Protein quality evaluation of *Amaranthus* wholemeal flours y protein concentrates. J. Sci. Food Agric., 76 (1) 100–106.

Berasategui, L. (2002). Estadísticas climáticas del Valle de Viedma. 30 años: Información Técnica N° 20. Año 1 N°2 – ISSN: 1666-6054. p: 1-70.

Bressani, R. (1989). The Proteins of Grain Amaranth. Food Reviews International, 5(1), 13-38.

Ertek, A., Kara, B. (2013). Yield y quality of sweet corn under deficit irrigation. Agricultural Water Management 129:138-144.

Feine, L. B., Harwood, R., Kauffman, S. C. y Senft, J. P. (1979). Amaranth: gentle giant of the past y the future. En: G. A. Ritchie (Ed.). New Agricultural Crops. AAAS Selected Symposium 38. Westview Press, Boulder, CO. p. 41-63.

Ferrarotto, M.S. (2010). Respuesta de pira (*Amaranthus dubius* Mart. ex Tell.) y amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) al déficit hídrico. Rev. Fac. Agron. 36(1):20-27.

Gimplinger, D. M., Dobos, G. R. Schönlechner, Kaul, H. P. (2007). Yield y quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria. Plant soil environ. 53 (3): 105–112

Graybill, J.S., Cox, W.J., y Otis, D.J. (1991). Yield y quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, y plant density. Agron. J. 83:559–564.

INTA 2013. Proyectos Regionales con Enfoque Territorial EEAVIRN. Disponible en: <http://inta.gov.ar/proyectos/PATNOR-1281308>

Juan, R., Pastor, J., Alaiz, M., Megías, C., y Vioque, J. (2007). Caracterización proteica de las semillas de once especies de amaranto. Grasas y Aceites 58 (1), 49-55.

Karasu, A., Kuşcu, H., Mehmet, Ö. Z., & Bayram, G. (2015). The effect of different irrigation water levels on grain yield, yield components and some quality parameters of silage Maize (*Zea mays indentata* Sturt.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 43(1), 138-145.

- Kigel, J. (1994). Development y Ecophysiology of Amaranths, en: Amaranth biology, chemistry, y technology, cap 4. Ed. Octavio Paredes-López. p. 39–73.
- Lavini, A., Pulvento, C., D'Yria, R., Riccardi, M., Jacobsen, S.E. (2016). Effects of saline irrigation on yield y qualitative characterization of seed of an amaranth accession grown under Mediterranean conditions. *Journal of Agricultural Science* 154 (5), p. 858-869.
- Liu, F, Stützel, H. (2002). Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to soil drying. *Eur J Agron*; 16:137–50.
- Mlakar, G.S., Turinek, M., Jakop, M., Bavec, M., Bavec, F. (2009). Nutrition value and use of grain amaranth: Potential future application in bread making. *Agricultura*, 6: 43-53
- Mlakar, S. G., Jakop, M., Turinek, M., Robažer, M., Bavec, M., & Bavec, F. (2010). Protein content and amino acid composition of grain amaranth depending on growing season, sowing date and nitrogen supply. 45. hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma, 15-19 veljače 2010, Opatija, Hrvatska. Zbornik Radova, 727-732.
- Mlakar, S. G; Bavec, M., Jakop, M. y Bavec, F. (2012). The Effect of Drought Occurring at Different Growth Stages on Productivity of Grain Amaranth *Amaranthus cruentus* G6. *Journal of Life Sciences* (6) 283-286.
- Moshaver, E., Emam, Y., Madani, H., NourMohamadi, G., Sharifabad, H. H. (2015). Comparison of qualitative y quantitative performance of forage crops maize, sorghum y amaranth as affected by planting density y date in fars province, Iran. 4: 2319–5037 ISSN: 2319–4731.
- Mujica, A. (1997). El cultivo del amaranto (*Amarantus spp.*): producción, mejoramiento genético y utilización. (No. F006. 020). FAO Universidad de Concepción (UDEC), Chile Universidad Nacional del Altiplano (UNA), Peru.
- Mujica, A., Izquierdo, J., & Jacobsen, S. (1999). Prueba Americana de Cultivares de Amaranto. Reunión técnica y taller de formulación de proyecto regional sobre producción y nutrición humana en base a cultivos andinos, 47-54.
- NRC: National Research Council. 1984. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop. National Academy Press, Washington, DC. EUA. 80 p.
- Omami, E.N. y Hammes, P.S. (2010). Interactive effects of salinity y water stress on growth, leaf wáter relations, y gas exchange in amaranth (*Amaranthus spp.*) *New Zealy Journal of Crop y Horticultural Science*, 2006, Vol. 34: 33-34.
- Peri, G. (2004). La agricultura irrigada en Río Negro y su contribución al desarrollo regional. Documentos, presentaciones y reportes del seminario taller sobre desarrollo rural. Banco Mundial, 115 pág.
- Písaříkova B, Peterka J, Trčková M, Moudrý J, zralý Z, Herzig I. (2007). The content of insoluble fibre y crude protein value of the aboveground biomass of *Amaranthus cruentus* y *A. hypochondriacus*. *Czech J. Anim. Sci.*, 52 (10): 348–353.
- Reinaudi, N. B; Repollo, R; Janovská D.; Délamo Frier, J.; R; Martín de Troiani, R. (2011). "Evaluación de genotipos de amaranto (*Amaranthus spp.*) para la adaptabilidad productiva en el área de la Facultad de Agronomía" en: *Revista Científica UDO Agrícola* N° 11 (1): 50-57.
- Sauer, J. D. 1967. The grain amaranths y their relatives: a revised taxonomic y geographic survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 37: 561-616.

- Schahbazian, N., Kamkar, B. y Iran Nejad, H. 2006. Evaluation of Amaranth Production Possibility in Arid y Semi-Arid Regions of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5: 580-585.
- Singh, S., Gupta, A. K., & Kaur, N. (2012). Influence of drought and sowing time on protein composition, antinutrients, and mineral contents of wheat. *The Scientific World Journal*, 2012.
- Sleugh B.B., Moore K.J., Brummer E.C., Allan D.K., Russell J., Gibson L. (2001). Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Sci.*, 41:466-472.
- Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. In: Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds.) *Taller de abonos orgánicos*. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. pp 30 – 57.
- Sumar Kalinowski, L. (1993). *La kiwicha y su cultivo*. Centro Bartolomé de las Casas. Cusco, Perú.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology 4th Edition* Sinauer Associates. Inc. Sunderland. England.
- Troiani, R. M., Sánchez, T. M., Reinaudi, N. B. (2004). Optimal sowing dates of three species of grain-bearing amaranth in the semi-arid Argentine Pampa. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2 (3): 385-391.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., y Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, y Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74 (10): 3583–3597.
- Vieira Queiroz, V. A. V., Santana da Silva, C.; Bezerra de Menezes, C.; Schaffert, R. E.; Mendes Guimaraes, F. F., Guimaraes, L. J. M.; Oliveira Guimaraes, P.E., Dessaune Tardin, F. (2015). Nutritional composition of sorghum (*sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes cultivated without & with water stress. *J.Cereal Sci* 65 103-111
- Williams, J. T., Brenner, D. (1995). Grain amaranth (*Amaranthus* species). In: Williams J.T. (ed.): *Cereals y Pseudocereals*. Chapman y Hall, London: 129–186.
- Yarnia, M., Khorshidi Benam, M. B. y Farajzadeh Memari Tabrizi, E. (2010). Sowing dates y density evaluation of amaranth (cv. Koniz) as a new crop. *Journal of Food, Agriculture y Environment* Vol.8 (2): 445-448.
- Yu, P., Christensen, D. A., McKinnon, J. J., (2004). In situ rumen degradation kinetics of timothy y alfalfa as affected by cultivar y stage of maturity. *Can. J. Anim. Sci.* 84, 255–263.
- Zubillaga, M. F. (2017). *Comportamiento del cultivo de amaranto en el valle inferior del río Negro, Argentina: optimización de las condiciones del cultivo*.