



FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE REMOLACHA AZUCARERA TRASPLANTADA EN ZONAS ALTO ANDINAS DEL PERÚ

Nitrogen fertilization on sugar beet transplanted in Peruvian highlands

Pedro Paz-Ayala¹ ; Eldin Espejo Zavaleta¹ ; Domingo Maximiliano Gomes¹ ; Sergio Valdivia Vega¹ ; Jorge Pinna Cabrejos^{1*} 

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú

* E-mail: jorge.pinnacabrejos@gmail.com

Recibido: 22/11/2022; Aceptado: 16/12/2022; Publicado: 10/01/2023

ABSTRACT

In Peruvian highlands, in Humid Sub Tropical Montane Forest and in Very Humid Montane Grassland, where 1'000,000 ha could be incorporated to agriculture, transplanted sugar beet (*Beta vulgaris* L.) was studied. An experiment at 3 242 masl, with one cultivar of sugar beet and with densities of 100 000, 150 000, and 200 000 plants per hectare, and doses of 20, 120, and 220 kg N ha⁻¹ were studied; another one with three cultivars of sugar beet was made at 4043 masl where doses of 0, 100, 200, and 300 kg N ha⁻¹ were studied. With fodder beet it was at 3 121 masl, with one cultivar, and densities of 230 000, and 300 000 plants per hectare and doses of 24, 144, and 264 kg N ha⁻¹. All experiments had blocks complete randomized design with four replications. Sugar and fodder beet in early transplanted plants showed a normal development till three months age and resistance to freezing. Yield of sugar beet was highly with 200 thousand plants per hectare. There were not significantly differences ($p > 0.05$) in yields with nitrogen doses, nor in sucrose, brix, or purity. Bromatological analysis of leaves and crowns of sugar beet shows that is a good aliment for livestock feed. Late transplanting affected roots development and nitrogen fertilization response. Fodder beet showed differences ($p < 0.05$) between densities having 300000 plants per hectare more yield.

Keywords: Fertilization | fodder beet | highlands | nitrogen | plant density | seedling | sugar beet

RESUMEN

En las zonas ecológicas Bosque húmedo montano subtropical y Pradera muy húmeda montano en el Perú, donde 1'000,000 ha podrían ser incorporadas a la agricultura, se estudió la remolacha (*Beta vulgaris* L.) establecida por plántulas. Se realizó un experimento con un cultivar de remolacha azucarera a 3 242 m.s.n.m. y las densidades de siembra de 100 000, 150 000, y 200 000 plantas ha⁻¹, con las dosis de N: 20, 120, 220kg ha⁻¹, y otro experimento con tres cultivares de azucarera a 4 043 m.s.n.m. en el cual se incluyeron las dosis de N: 0, 100, 200 y 300kg ha⁻¹; y otro, con un cultivar forrajero a 3 121 m.s.n.m. que incluyó las densidades de 230 000, y 300 000 plantas ha⁻¹ con las dosis de N de 24, 144 y 264kg ha⁻¹. Los experimentos fueron dispuestos en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Ambos tipos de remolacha (azucarera y forrajera) se desarrollaron de forma normal hasta 3 tres meses de edad del cultivo y fueron tolerantes a heladas. El mayor rendimiento se obtuvo con la remolacha azucarera con la densidad de 200 mil plantas ha⁻¹. Para la dosis de N no se observaron diferencias ($p > 0,05$) para rendimientos,

sacarosa, grados brix, ni pureza. El análisis bromatológico de hojas más corona, indica que este subproducto puede ser utilizado en la alimentación de animales. El trasplante tardío afectó el desarrollo radicular y la respuesta a la fertilización nitrogenada. La remolacha forrajera mostró diferencias ($p < 0,05$) entre densidades de siembra, siendo la densidad de 300 mil plantas ha⁻¹ la que presentó los mejores rendimientos.

Palabras clave: Remolacha forrajera | remolacha azucarera | sierra | nitrógeno | fertilización | densidad | plántulas

Forma de citar el artículo (Formato APA):

Paz-Ayala, P., Espejo, E., Maximiliano, D., Valdivia, S. & Pinna, J. (2022) Fertilización nitrogenada de remolacha azucarera trasplantada en zonas alto andinas del Perú. *Anales Científicos*. 83(2), 185-200. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v83i2.1937>

Autor de correspondencia (*): Jorge Pinna Cabrejos, Email: jorge.pinnacabrejos@gmail.com

© Los autores, Publicado por la Universidad Nacional Agraria La Molina,

This is an open access article under the CC BY

1. INTRODUCCION

En el Perú, el estudio del cultivo de la remolacha azucarera se inició a comienzo de 1980, específicamente en suelos salinos de costa (Valdivia et al. 2001), con rendimientos, promedio, de 70 t/ha de remolacha fresca y 13% de azúcar. En la Sierra de Perú los estudios con este cultivo se encuentran en etapas iniciales (Rojas et al. 2018), aunque en la costa están muy avanzados (Reynoso et al. 2001; Valdivia et al. 2010 a; Valdivia et al. 2010 b; Valdivia et al. 2016). En Europa y Estados Unidos la remolacha azucarera se cultiva en zonas ecológicas con características similares a la Sierra, con rendimientos entre 41 y 85 t ha⁻¹, en México (IMPA 1975), (de 42 t ha⁻¹ en Tamaulipas (Montes et al. 2019), de 60 a 90 t ha⁻¹ en Baja California, de 50 a 90 t ha⁻¹ en Sonora (Alvarado et al. 2011)), de 65 t ha⁻¹ en Texas (Whiteley y Cowley 1969) - el promedio nacional en 1968 en Estados Unidos fue de 44,7 t ha⁻¹ (Theis 1971), siendo en el año 2017, entre 56 y 80 t ha⁻¹, dependiendo del estado en que se cultivaba (Saltani et al. 2019) -, de 53 a 66 t ha⁻¹ en Bélgica (Van Ruymbeke y De Leenheer 1973) de 87 t ha⁻¹ en el año 2023 (Le Betteravir, 2023).

Actualmente los rendimientos son mayores, en ecologías similares, que, en los años 70, siendo igualmente económicamente rentables, como por ejemplo en Francia, donde el promedio en el 2016 fue de 88 t ha⁻¹ de raíces, y 13,7 t ha⁻¹ de azúcar (Heno et al. 2018); por lo que es necesario estudiar el potencial de rendimiento de este cultivo, como una alternativa para los agricultores. En la zona ecológica Pradera muy húmeda Montano (Puna y Jalca) del Perú con clima muy húmedo y frío, se estima que existen 1'000,000 ha aptas para el cultivo de remolacha azucarera (superficie total, de secano e irrigada), de ellas, 100000 ha bajo riego.

En los suelos de la zona ecológica Pradera Muy Húmeda Montano, cuyos suelos fueron clasificados en 1973 por la ONERN (1973) como Páramo Andosols; Andept: Criandept, equivalentes a los Andosols actuales, según la FAO (2016), y Andisols Ryands de “Soil Taxonomy” (USDA, 1999; USDA, 2010), el contenido de materia orgánica es aproximadamente de 7% (Rojas et al., 2018) y su lenta mineralización por bajas temperaturas reduce la cantidad de N disponible para las plantas, por lo que podría ser que las cantidades de N disponible no sean suficientes, lo que hace imprescindible conocer las cantidades óptimas económicas a aplicarse a los cultivos (a la remolacha específicamente).

Es bien conocido que la remolacha es altamente resistente a las heladas, (Robbins y Price, in Whiteley y Cowley 1969; Holst y Scott 1970; FAO 2010; El-Sarag y Moselhy 2013; Reinsdorf y Koch 2013; Reinsdorf et al. 2013; Kaspari 2014; Webster et al. 2016), lo que también ha sido demostrado en la zona ecológica antes descrita (Flores 2014; Rojas et al. 2018). La tolerancia a las heladas de la remolacha es debida, entre otros factores, a la alta concentración de los solutos K⁺, Na⁺, y N amino (Reinsdorf et al. 2013), así como a la betaína y los amino ácidos, y la “osmolalidad”, aunque la prolina actúa negativamente (Allard et al. 1998; Loel y Hoffmann 2015); no obstante, es una planta susceptible a la acidez del suelo y no se desarrolla bien en pH < 5,0 (Whiteley y Cowley 1969; Viets y Robertson 1971). La concentración de impurezas como cationes Na⁺, K⁺, y de compuestos de nitrógeno alfa-amino (glicina, betaína, y glutamina), aunque contribuyen a la resistencia a las heladas (Reinsdorf et al. 2013), interfieren con la extracción y recristalización de la sacarosa, lo que está relacionado con altas dosis de fertilización nitrogenada (García y Benito

1996; Soler y Arroyo 2008). Por esta razón, es necesario conocer cuáles son las mejores dosis de nitrógeno en dicha ecología. Hay igualmente otros problemas en esta ecología, como los ataques de roedores, malezas, sequía y granizo, que afectaron tres trabajos experimentales, desarrollados paralelos a los experimentos descritos en este trabajo, que no pudieron cosecharse.

La respuesta de la planta a las aplicaciones de nitrógeno (N) es contradictoria; por una parte, Scott y Bremner (1966) afirman que las dosis de N no afectan el rendimiento ni la calidad de la remolacha, sin embargo, Nelson (1969), Abdel-Motagally y Attia (2009), y El-Sarag y Moselhy (2013) encontraron que el aumento en la dosis de N (78 – 196 kg ha⁻¹), (143 – 285 kg ha⁻¹), (105 - 205 kg ha⁻¹), respectivamente, aumenta el rendimiento de raíces y azúcar, aunque el último autor indica que con el aumento del N decrece el porcentaje de azúcar de las raíces, coincidiendo con James et al. (1970) (0 – 200 kg N ha⁻¹) y con Akeson (1981) (N residual).

La densidad de siembra en este cultivo varía entre 60 y 80 mil plantas ha⁻¹ con una correlación positiva y significativa entre el número de raíces cosechadas y el rendimiento de azúcar (De Leenheer y Van Ruymbeke 1973). Dentro de este contexto, en Bélgica, por ejemplo, la densidad de la remolacha azucarera varía entre 70 y 75 mil plantas por hectárea, obteniéndose raíces de un promedio entre 700 y 800 g (Van Ruymbeke y De Leenheer 1973). El equilibrio que debe buscarse es el de tener una densidad tal que permita una adecuada producción sin afectar mucho la calidad de raíces, ya que, a menor densidad, raíces más grandes de menor calidad, y a mayor densidad raíces pequeñas de calidad superior. En la costa del Perú, con densidades entre 100 y 120 mil plantas ha⁻¹ se han obtenido raíces con pesos entre 900 y 1000 g coincidiendo con Guerrero (1999) y AIMCRA (2007). En la sierra las heladas se pueden presentar en etapas avanzadas del cultivo; por lo que los rendimientos son inferiores que en la costa lo que podría ser neutralizado al aumentar la densidad de las plantas por hectárea, por lo que hay que estudiar densidades iguales y mayores a las 100 mil plantas ha⁻¹.

Los rendimientos de la remolacha aumentan con el incremento de la duración del cultivo (Mzibra et al. 2008; Karbalaei et al. 2012), que es un aumento del “tiempo térmico” (más tiempo de altas temperaturas) (Webster et al. 2016), o del concepto conocido como GDD

(“Growing Degree Days”: grados día acumulados de crecimiento; siendo la temperatura base 3 °C) lo que se obtiene con el adelanto de la fecha de siembra, lo que se logra con el trasplante, el que permite además una germinación de las semillas mucho más rápida en climas cálidos, que en fríos (Anderson et al. 1958), lográndose aumentos del rendimiento que varían de 10 a 25 t ha⁻¹ (Scott y Bremner 1966). El trasplante permite también que las bajas temperaturas, incluso menores de -9 °C no dañen la remolacha ya que, si la misma tiene 492 GDD, sobrevive, pero si tiene sólo 188 muere (Webster et al. 2016).

Como el comportamiento de la remolacha azucarera y forrajera es similar, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar las mejores dosis de N y las densidades de siembra más adecuadas en el cultivo de remolacha azucarera trasplantada en suelos de la zona ecológica Pradera muy húmeda Montano de Perú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En los trabajos se incluyeron dos experimentos con remolacha azucarera, uno con remolacha forrajera, y cuatro otros trabajos (tres con azucarera y uno con forrajera) los que por razones diversas no fueron cosechados, de donde se rescataron algunas remolachas maduras, y como una referencia, se pesaron, y se estimaron los rendimientos. Las siembras se hicieron en las zonas ecológicas Bosque húmedo Montano subtropical (ONERN 1976) y Pradera muy húmeda Montano, de la Sierra del Perú, conocida esta última como ‘puna’ y ‘jalca’, con clima muy húmedo y frío, relieve ondulado a accidentado cubierto de gramíneas nativas (ONERN 1973). En la localidad de Quiruvilca, que se encuentra a 4 000 m.s.n.m. e inserta en la jalca, según ONERN (1973) las temperaturas varían para la máxima de 12,4 a 15,8 °C (\bar{x} = 13.0), para la mínima de 1,4 a 4,7 (\bar{x} = 3,0) y para el promedio de 7,7 a 10,0 (\bar{x} = 8.2).

La precipitación en Quiruvilca es de 1389 mm/año (ONERN 1973) con una precipitación de alrededor de 60 mm/mes, la que aumenta en los meses de octubre a mayo a 100 - 200 mm/mes, manifestando el problema de la presencia de heladas en cualquier momento y durante cualquier época del año (inclusive en verano, época de lluvias). La zona ecológica Bosque húmedo Montano subtropical, no se conoce como jalca, está localizada

inmediatamente bajo la jalca, con un clima más cálido, por lo que se pone énfasis en el clima de la jalca, ya que, si la remolacha rinde bien en dicha ecología, lo hará igual o mejor en la zona más cálida.

Tabla 1. Representación esquemática de los diseños experimentales.

Vaquería El Tingo

D ₃ N ₁	D ₁ N ₃	D ₃ N ₂	D ₂ N ₂	D ₁ N ₁	D ₂ N ₃	D ₃ N ₃	D ₂ N ₁	D ₁ N ₂
D ₂ N ₃	D ₃ N ₃	D ₂ N ₂	D ₁ N ₃	D ₁ N ₂	D ₂ N ₁	D ₃ N ₂	D ₁ N ₁	D ₃ N ₁
D ₂ N ₁	D ₁ N ₃	D ₁ N ₂	D ₂ N ₃	D ₃ N ₃	D ₁ N ₁	D ₃ N ₁	D ₂ N ₂	D ₃ N ₂
D ₁ N ₁	D ₂ N ₃	D ₁ N ₃	D ₃ N ₃	D ₂ N ₂	D ₃ N ₁	D ₂ N ₁	D ₁ N ₂	D ₃ N ₂

N₁= 220 kg N ha⁻¹, N₂= 120 kg N ha⁻¹, N₃= 20 kg N ha⁻¹

D₁= 200000 plantas por ha, D₂= 150000 plantas por ha, D₃= 100000 plantas por ha

Munmalca

SVPE14-02 (SECCIÓN: A)				SVPE14-01 (SECCIÓN: B)				SVPE14-03 (SECCIÓN: C)			
N ₁	N ₃	N ₂	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₄	N ₃
N ₄	N ₃	N ₁	N ₂	N ₄	N ₃	N ₁	N ₂	N ₄	N ₃	N ₁	N ₂
N ₃	N ₄	N ₂	N ₁	N ₃	N ₄	N ₂	N ₁	N ₃	N ₄	N ₂	N ₁
N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄

N₁= 0 kg N ha⁻¹, N₂= 100 kg N ha⁻¹, N₃= 200 kg N ha⁻¹, N₄= 300 kg N ha⁻¹

Agallpampa

D ₁ N ₁	D ₂ N ₁	D ₁ N ₂	D ₂ N ₂	D ₁ N ₃	D ₂ N ₃
D ₁ N ₁	D ₂ N ₃	D ₁ N ₂	D ₂ N ₁	D ₂ N ₂	D ₁ N ₃
D ₁ N ₃	D ₁ N ₂	D ₂ N ₁	D ₁ N ₁	D ₂ N ₂	D ₂ N ₃
D ₂ N ₁	D ₁ N ₂	D ₂ N ₂	D ₁ N ₃	D ₁ N ₁	D ₂ N ₃

N₁= 264 kg N ha⁻¹, N₂= 144 kg N ha⁻¹, N₃= 24 kg N ha⁻¹

D₁= 300000 plantas por ha, D₂= 230000 plantas por ha

El primer experimento con remolacha azucarera, se trabajó con el cultivar mono germen SVPE 14-01 (híbrido que se desarrolla bien en condiciones de irrigación abundante y calor, por ejemplo, en España), en el Caserío de Vaquería, sector El Tingo, distrito de Agallpampa, provincia de Otuzco, departamento de la Libertad, a 3 242 m.s.n.m.; a 8°0'25.541"S, 78°26'3.347"W. Zona ecológica bosque húmedo montano subtropical (ONERN 1976), zona inmediatamente inferior a la pradera muy

húmeda montano, con densidades de siembra de 101 010 (se considera 100 mil plantas por ha); 151 515 (se considera 150 mil plantas por ha); 196 078 (se considera 200 mil plantas por ha), y con las dosis de nitrógeno: 20, 120, y 220 kg ha⁻¹ (rangos escogidos teniendo en cuenta que no hay trabajos previos de investigación en esta ecología, y que la literatura internacional muestra resultados contradictorios), con 4 repeticiones (con relación al diseño), aplicadas 35 días después del

trasplante (se fertilizó con Urea, Fosfato diamónico (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) y Cloruro de Potasio (50 kg ha⁻¹ de K₂O) a chorro continuo, enterrado). Se sembró el 8 de agosto del 2014 en bandejas de invernadero, en Moche (en la costa peruana) y se trasplantó el 15 de setiembre del 2014 en el terreno definitivo, antes del inicio de la época de lluvias ligeras; para lograr un aumento del “tiempo térmico” (Webster et al. 2016). La cosecha se realizó el 27 de mayo del 2015, habiéndose separado las raíces de las hojas más coronas, pesadas, y enviadas a los laboratorios para los análisis de calidad, y bromatológico. Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar con 9 tratamientos (3 dosis de N x 3 densidades) y 4 repeticiones. Las parcelas experimentales tuvieron 1,2 x 1,2 m; cada una tuvo 14, 22, o 28 plantas por parcela dependiendo de las densidades estudiadas (0,3m entre

surcos) con 0,3m entre parcelas, y 0,5m entre bloques; (Tabla 1).

Se realizaron Análisis de Varianza para todos los tratamientos (nueve), y también se tomaron solamente las densidades como tratamientos (tres), y como repeticiones los tratamientos con N y sus repeticiones (12), lo que significa de que tres columnas fueron efectuadas, cada una con las densidades (D1, D2, D3) y 12 líneas con los tratamientos con N y sus repeticiones bajo su densidad correspondiente; habiéndose efectuado en forma similar el ANOVA para los tratamientos con N. Se ejecutaron también análisis de regresión. Se aplicaron de dos a tres riegos por gravedad en la época de estiaje (setiembre a diciembre), y hubo lluvias durante el secano (enero a marzo). Los resultados de los análisis químicos de suelos, se muestran en la Tabla 2 y los de los análisis texturales en la Tabla 3.

Tabla 2. Análisis químicos de suelos de los campos experimentales, en su capa de 0 a 30 cm de profundidad.

Lugar	Materia Orgánica (%)	P disponible (ppm)	K disponible (ppm)	pH 1 : 1	Acidez cambiante (cmol (+)/kg Suelo)	CE es dS m ⁻¹	CaCO ₃ %	Capacidad Total de Cambio me 100 g ⁻¹
Vaquería El Tingo	3,57	50,1	1219	5,79	<i>Sin datos</i>	0,213	0,2	13,55
Munmalca	7,3	17	105	5,81	4,7	0,13	<i>Sin datos</i>	<i>Sin datos</i>
Agallpampa	3,01	47,9	1130	5,9	<i>Sin datos</i>	0,225	0,3	<i>Sin datos</i>

Tabla 3. Análisis de la textura de los suelos de los campos experimentales, en su capa de 0 a 30 cm de profundidad.

Lugar	Porcentaje de partículas			Terxtura (USDA)
	Arena	Limo	Arcilla	
Vaquería El Tingo	59,75	25,75	14,5	Franco arenosa
Munmalca	50,00	36,00	14,0	Franco arenosa

El contenido de materia orgánica en el suelo determinado por el método de Walkley Black (Tabla 2) es alto, característico de las zonas andinas, piso ecológico bosque húmedo montano. Por otro lado, el fósforo (P) disponible determinado con el método de Olsen, es muy alto, y el potasio (K) disponible determinado por el método del Acetato de Amonio, es muy alto, indicando la necesidad

de no aplicar fertilizantes, o en todo caso, en muy pequeñas cantidades, lo que se hizo.

Con respecto al nivel de pH, se aprecia que se trata de un suelo fuertemente ácido (Tabla 2), y se hizo necesario subir el nivel del mismo en una unidad, para lo que se le aplicaron 6 t ha⁻¹ de carbonato de calcio. El resultado de la conductividad eléctrica indica que presenta muy baja salinidad, propio de suelos de las zonas alto andinas (en

este caso específico, arenoso) donde las precipitaciones son abundantes, las que lavan las sales del suelo.

En la misma zona ecológica se instalaron otros dos trabajos, que por diversas razones no pudieron ser cosechados, pero sí se pudieron rescatar algunas remolachas maduras, que se pesaron, y en base a dichos pesos, se estimaron los rendimientos, como una referencia; en el Caserío de Vaquería, sector El Pozo, a 3391 m.s.n.m., con el cultivar mono germen SVPE 14-02 (híbrido desarrollado para el sur de California, que soporta bien el calor y la podredumbre radicular), y en el Caserío de Vaquería, sector Pueblo Hermoso, a 3421 m.s.n.m. con el cultivar mono germen SVPE 14-03 (híbrido que se desempeña bien en condiciones de irrigaciones abundantes, y que es tolerante a los nematodos: Heterodera). En la zona ecológica superior, pradera muy húmeda montano, se instaló otro trabajo que tampoco se pudo cosechar, en el Caserío de San Apolonio, a 3751 m.s.n.m., con los tres cultivares mono germen antes mencionados, y con remolacha forrajera, con el cultivar mono germen Enermax; cuyos resultados también se indican como una referencia.

El segundo experimento con remolacha azucarera, se efectuó con los tres cultivares mono germen ya indicados (SVPE 14-01 en Vaquería El Tingo (híbrido que se desarrolla bien en condiciones de irrigación abundante y calor, por ejemplo, en España), y SVPE 14-02 (híbrido desarrollado para el sur de California, que soporta bien el calor y la podredumbre radicular), y SVPE 14-03 (híbrido que se desempeña bien en condiciones de irrigaciones abundantes, y que es tolerante a los nematodos: Heterodera), en los trabajos no cosechados), en el Caserío de Munmalca, Sector Salitre, Distrito de Sarín (cerca del distrito de Sitabamba), Provincia de Sánchez Carrión, a 4043 m.s.n.m., a 8°1'22.813"S. y 77°51'57.810"W, zona ecológica pradera muy húmeda montano, con una densidad de siembra de 200 000 plantas por hectárea, y con las dosis de nitrógeno: 0, 100, 200, y 300 kg ha⁻¹, con 4 repeticiones, en cada uno de los tres cultivares, aplicadas 34 días después del trasplante. En realidad, se trató de tres experimentos de N, contiguos (con un cultivar cada uno), con los mismos tratamientos y repeticiones. Las parcelas experimentales tuvieron 1 x 1m (0,3m entre líneas y 0,17 m entre plantas), cada uno con 20 plantas por parcela, con 0,3m entre parcelas, y 0,7 m entre bloques (Tabla 1). Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar. Se realizó el ANOVA. Se

sembró el 8 de agosto de 2014 en bandejas de invernadero, en Moche (en la costa peruana) y se trasplantó el 13 de diciembre de 2014 en el terreno definitivo, al inicio de la época de lluvias ligeras. La cosecha se realizó el 9 de agosto del 2015.

El contenido de materia orgánica en este suelo es muy alto, mayor que en el anterior, lo cual es característico de las zonas alto andinas, principalmente del piso ecológico pradera muy húmeda montano (Tabla 2). El fósforo (P) disponible es alto, y el potasio (K) disponible es medio, indicando la necesidad de aplicar fertilizantes en muy pequeñas cantidades, por lo que no se aplicaron, ya que, en la puna, el factor limitante para el desarrollo del cultivo es el frío excesivo y no el déficit de algún elemento nutritivo; por esta razón no se incorporó al suelo ningún tipo de fertilizante aparte del nitrogenado (urea), a pesar de que el K disponible es medio. Con respecto al nivel de pH, se aprecia que se trata igualmente de un suelo fuertemente ácido, y se hizo necesario subir el nivel del mismo en media unidad, para lo que se le aplicaron 3 t ha⁻¹ de carbonato de calcio.

El experimento con remolacha forrajera, se realizó con el cultivar mono germen Enermax, en el Distrito de Agallpampa, Provincia de Otuzco, a 3121 m.s.n.m., a 7°58'57.715"S. y 78°32'43.010" W. Zona ecológica bosque húmedo montano subtropical. Se estudiaron las densidades de siembra de 230 000, y 300 000 plantas por hectárea, y las dosis de nitrógeno: 47, 167, 287 kg ha⁻¹; 23 kg N ha⁻¹ provenientes del Fosfato diamónico, 24, 144, y 264 kg ha⁻¹ provenientes de la Urea, aplicadas durante el trasplante [se fertilizó con Urea (19, 115, 211 kg N ha⁻¹), Fosfato diamónico (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) y Cloruro de Potasio (50 kg ha⁻¹ de K₂O) a chorro continuo, enterrado]. La segunda dosis de N se aplicó a los 27 días del trasplante: 5, 29, 53 kg N ha⁻¹ provenientes de la Urea, con 10 kg ha⁻¹ de P₂O₅, y 10 kg ha⁻¹ de K₂O. Se sembró el 8 de agosto del 2014 en bandejas de invernadero, en Moche (en la costa peruana) y se trasplantó el 9 de setiembre del 2014 en el terreno definitivo, antes del inicio de la época de lluvias ligeras. La cosecha se realizó el 27 de mayo del 2015. Se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar con 6 tratamientos (3 dosis de N x 2 densidades) y 4 repeticiones. Las parcelas experimentales tuvieron 0,9 x 0,9m (0,2m entre líneas y 0,17m y 0,22m entre plantas, dependiendo de las densidades estudiadas), 20 y 27 plantas por parcela (Tabla 1). Se realizó el Análisis de

Varianza. Se empleó riego por gravedad en la época de estiaje (setiembre a diciembre), y las lluvias fueron suficientes durante el secano (enero a marzo), lo que es normal en una zona ecológica húmeda.

Los análisis de suelos muestran cantidades similares a los del primer experimento con remolacha azucarera (Tabla 2), por lo que la fertilización y encalado fueron iguales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Vaquería El Tingo

A pesar de que las raíces de remolacha azucarera y forrajera se mostraron bifurcadas en la mayoría de las plantas (Figura 3 J) el rendimiento es adecuado, ya que el

peso de las mismas se encuentra entre 21,69 t ha⁻¹ y 68,41 t ha⁻¹; habiendo diferencias estadísticas significativas entre las mismas. El rendimiento es mucho mayor que el encontrado en un experimento previo con siembra directa (Rojas et al. 2018) lo que muestra las bondades del trasplante y del riego complementario. El ANOVA muestra diferencias altamente significativas para las densidades de siembra. En la densidad de 200 mil plantas por hectárea, el rendimiento es mayor (49 t ha⁻¹), en relación a 150 mil plantas por hectárea (43 t ha⁻¹) y 100 mil plantas por hectárea (31 t ha⁻¹), siendo el comparativo en la prueba t, significativo para las dos primeras densidades (200 – 150 mil) y para las dos últimas (150 – 100 mil), y de alta significación entre la primera y la tercera (200 – 100 mil).

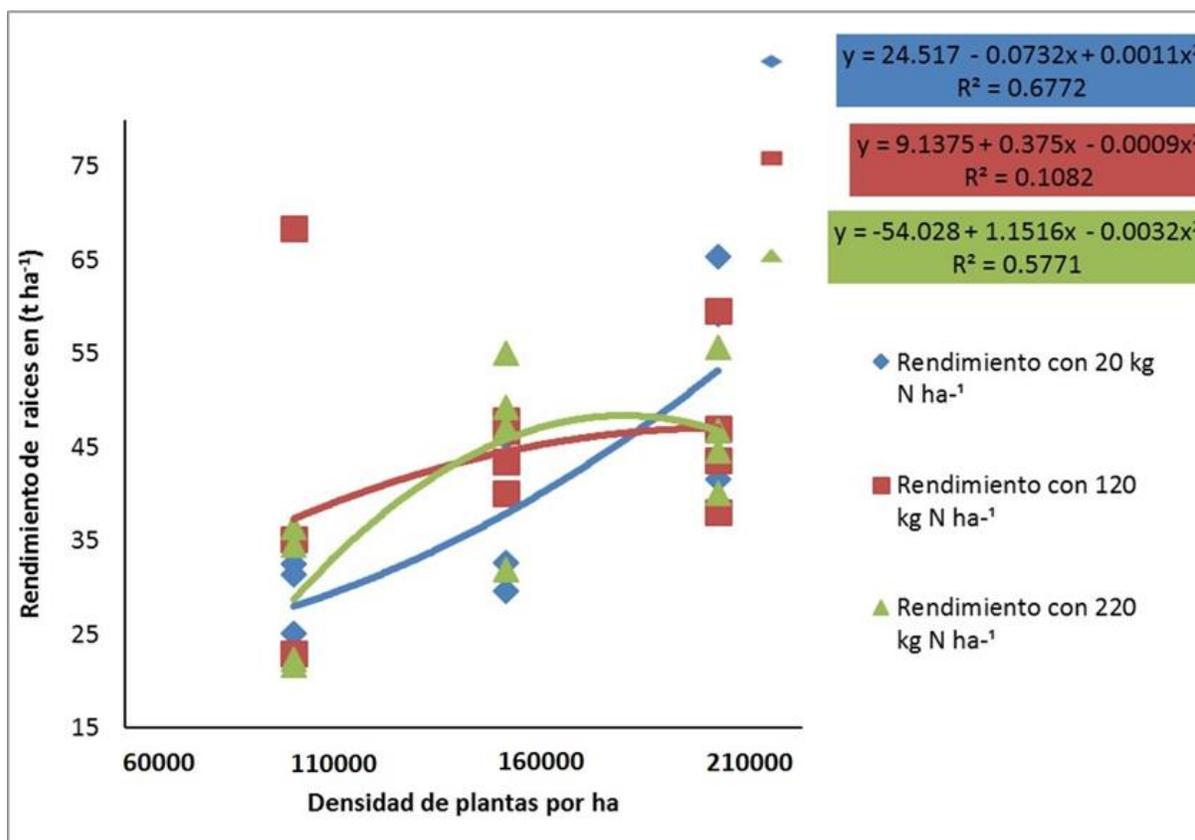


Figura 1. Efecto de la densidad de plantas en el rendimiento de raíces de remolacha azucarera, considerando las dosis nitrogenadas, en Vaquería El Tingo.

Los análisis de regresión muestran que en la dosis nitrogenada de 20 kg N ha⁻¹ hay un R² de 0,6772, significativo (Figura 1), lo que indica que cuando el

nitrógeno se suministra en bajas cantidades la densidad debe ser sobre las 200 mil plantas por ha.

En la dosis nitrogenada de 120 kg N ha⁻¹ se encuentra un coeficiente de determinación (R²: 0,1082) no significativo. La dosis nitrogenada de 220 kg N ha⁻¹ tiene un coeficiente de determinación (R²: 0,5771) significativo, y aplicando la primera derivada se tiene un valor de densidad máxima de 179 mil plantas por ha, con un rendimiento máximo de 49,5 t ha⁻¹. Las tres curvas tienen un comportamiento diferente, lo que conlleva a pensar en un probable error.

En el análisis de varianza no hubo diferencias significativas para los rendimientos de raíces entre las diferentes dosis nitrogenadas. El análisis de varianza muestra que el efecto de diferentes densidades y dosis nitrogenada es no significativo en la sacarosa (13,4 – 17,7 %), grados brix (15,8 – 20,4), ni pureza (83,78 – 90,00 %).

Los resultados del análisis bromatológico, de la biomasa de hojas más corona, en base a materia seca total (MS total) y muestra fresca (Tabla 4); son indicadores de su gran potencial para ser utilizada en la alimentación de animales poli gástricos (vacunos, ovinos, camélidos sudamericanos, o caprinos).

Tabla 4. Análisis bromatológico de hojas más coronas de remolacha azucarera del experimento en Vaquería El Tingo.

	Muestra fresca		MS total
	MS (%)	PB (%)	PB (%)
Hojas + coronas	14,75	3,16	21,41

MS: Materia Seca; PB: Proteína Bruta

3.2. Munmalca

A los 34 días del trasplante, las plantas presentaban las hojas endurecidas, lo que demuestra que había habido heladas y que la remolacha no había sido afectada (FAO, 2010); permitiendo además esta característica que las plantas resistieran precipitaciones muy fuertes, muchas acompañadas de granizo. El porcentaje de prendimiento del cultivar SVPE 14-01 varió entre 78 y 100 %, aunque la inmensa mayoría de las parcelas mostró 100 % (promedio 98,25 %), en el SVPE 14-02 varió entre 94 y 100 % (promedio 97,06 %), en el SVPE 14-03, entre 93 y 100 % (promedio 96,13 %) , lo que demuestra que

dichos cultivares se desenvuelven bien en dicha ecología, no habiendo diferencias significativas en el análisis de varianza, con relación a las dosis de fertilización, lo que es normal, ya que las raíces estaban muy poco desarrolladas como para absorber el N.

Cuando se cumplió el ciclo vegetativo, y se debió realizar la cosecha, se notó que las plantas casi no se habían desarrollado, por lo que se optó por evaluar algunos parámetros que servirían para determinar el efecto del N en la resistencia de la remolacha a las heladas en ese piso ecológico. El número de plantas que tuvieron de tres a más hojas verdaderas por parcela cuando se debió efectuar la cosecha, en el cultivar SVPE 14-01 varió de 10 a 17, siendo el promedio de 13,69 (68 %), en el SVPE 14-02 varió de 11 a 17, siendo el promedio de 14,81 (74 %), en el SVPE 14-03 varió de 10 a 16, siendo el promedio de 12,88 (64 %); no encontrándose diferencias estadísticas con relación a las dosis de N en ninguno de los tres cultivares. Se aprecia que los tres cultivares no presentan diferencias entre ellos en cuanto a haber soportado las heladas, ya que más del 64 % sobrevivieron, y que el N no ayudó a lo mencionado. Queda el interrogante de por qué no se desarrollaron normalmente las plantas, y se quedaron pequeñísimas.

El número de plantas que formaron raíz tuberosa por parcela en el cultivar SVPE 14-01 varió de 6 a 15, siendo el promedio de 12,38 (62 %), en el SVPE 14-02 varió de 1 a 14, siendo el promedio de 7,25 (36 %), en el SVPE 14-03 varió de 6 a 15, siendo el promedio de 12,19 (61 %); no encontrándose diferencias estadísticas con la dosis de N. Aparentemente el cultivar SVPE 14-02 es mucho menos propenso a formar raíz tuberosa en esta ecología. El N no ayudó ni impidió la formación de raíces tuberosas.

El número de plantas que no salieron del cono (formado en las bandejas de siembra) por parcela en el cultivar SVPE 14-01 varió de 1 a 6, siendo el promedio de 4,0 (20 %), en el SVPE 14-02 varió de 1 a 8, siendo el promedio de 3,56 (18 %), en el SVPE 14-03 varió de 2 a 8, siendo el promedio de 4,44 (22 %); no habiendo diferencias estadísticas entre tratamientos de aplicación de N. La cantidad de plantas que no salieron del cono formado por las bandejas donde se sembraron, es altísimo, variando del 18 al 22 %, lo que explica el por qué a pesar de soportar las heladas y el granizo, la remolacha no se desarrolló, ya que el trasplante demoró mucho, algo más

de cuatro meses, y las raíces se había enroscado (en el Perú este efecto se conoce como “rabo de chancho”), lo que en una planta con raíz pivotante y profunda (Gutiérrez 2006), hace que las mismas no se desarrollen, no crezcan hacia abajo, y la parte aérea no se desarrolle. La fertilización nitrogenada no ayudó a las raíces a crecer verticalmente hacia abajo. Definitivamente el trasplante tiene que ser oportuno, a alrededor de treinta días de la siembra.

3.3. Agallpampa

A pesar de que el trasplante produjo que la mayoría de las plantas mostrara raíces bifurcadas, los rendimientos fueron espectaculares (mayores que los obtenidos en los experimentos en la costa: Valdivia et al, 2001); de toda la planta, raíces, hoja y coronas, ya que como se trataba de remolacha forrajera, no se separó la raíz de la parte aérea (hojas + coronas). El análisis de varianza no muestra diferencias significativas entre todos los tratamientos. Sin embargo, cuando se discriminan los datos por densidades, existen diferencias altamente significativas entre las

mismas, teniendo 300 000 plantas por hectárea un promedio de 357,64 t ha⁻¹ y 230 000, 260,58 t ha⁻¹; rendimientos mucho mayores que los encontrados por Flores (2014) en Puno, al sur del Perú, a 3867 m.s.n.m., mientras que Agallpampa se encuentra solo a 3121 m.s.n.m., lo que muestra que a mayores alturas sobre el nivel del mar, las menores temperaturas afectan el rendimiento de la remolacha, y de que el trasplante ejerce una acción positiva sobre los rendimientos.

Es necesario indicar que dichos rendimientos no pueden ser extrapolados a producciones industriales, ya que las parcelas experimentales eran muy pequeñas (0,81 m²), se trabajó con 100 % de plantas que llegaron a la cosecha, ya que no hubo uniformidad en el prendimiento, cuando lo normal es 80 %, y no se separaron las raíces de la parte aérea, las que constituyen normalmente el 60 %. Las dosis de N no muestran diferencias estadísticas significativas, ratificando lo encontrado en remolacha azucarera en

Tabla 5. Análisis bromatológico de la remolacha forrajera del experimento en Agallpampa.

Determinación	Unidades	Raíces		
		Chicas	Medianas	Grandes
Humedad	%	76,85	77,62	78,01
Proteínas	%	4,46	4,81	4,13
Grasas	%	0,6	0,35	0,41
Cenizas	%	0,43	0,41	0,46
Carbohidratos	%	17,66	16,81	16,7
Energía	Kcal	93,88	89,63	87,01

Vaquería El Tingo, de que, si la densidad es muy alta, mayor a 200000 plantas por hectárea, la fertilización nitrogenada no aumenta los rendimientos (Figura 1), lo que no parece tener ninguna explicación. Por otro lado, los rendimientos en Vaquería El Tingo son bastante menores que en Agallpampa, cuyos suelos y clima son similares, por lo que las diferencias en los mismos no pueden atribuirse a la fertilidad natural de los suelos, ni al clima, sino más bien al manejo agronómico, específicamente, al riego.

En cuanto a la calidad como forraje, el análisis bromatológico ratifica de que se trata de un alimento de

gran calidad para el ganado poli gástrico (ADBFM, 2022), (Tabla 5). Por otro lado, algunas plantas “levantaron”, se inició el primordio floral, lo que ratifica lo encontrado por Pinna y Valdivia (2000) de que la remolacha puede florear a pesar de que los días son cortos. Los resultados de dos de los experimentos muestran que el cultivo ha producido rendimientos aceptables debido a que se practicó el riego complementario y a que tuvo prácticas agronómicas adecuadas (Tabla 6) lo que no sucedió con un experimento (Munmalca) y con los otros tres trabajos efectuados, donde se aprecia que se perdieron por ataque de roedores, presencia de malezas, o falta de riego (ya que los experimentos se efectuaron en

campos cultivados por agricultores, los que no contaban con las protecciones mínimas) lo que limita fuertemente los rendimientos (Ehlig y Lemert, in FAO 2012; Panella y Kaffka 2010), (Figuras 2 y 3). En la citada tabla se aprecia igualmente que la remolacha forrajera tolera menos que la azucarera las heladas y las granizadas.

En las Figuras 2 y 3 se puede apreciar que el desarrollo vegetativo de la remolacha, ya sea azucarera o forrajera, excepto en el experimento con trasplante tardío (Munmalca), fue similar hasta los tres meses (Figura 2: E, H, I; Figura 3: B, E, I), cuando las plantas tenían alrededor de 900 GDD (tenían alrededor de 188 GDD, 19 días después del trasplante, suficientes para tolerar las heladas) y con plantas mejor desarrolladas que cuando la

siembra es directa (Rojas et al. 2018) por lo que se puede inferir que si los otros trabajos hubieran tenido condiciones agronómicas adecuadas, hubieran tenido igualmente rendimientos rentables. Lo anteriormente descrito indica que se debe sembrar antes, en la costa, o en invernaderos en la sierra, cuando las lluvias son ligeras, y trasplantar en la época de lluvias, ya que a pesar de las deformaciones de las raíces los rendimientos son adecuados, ya que se logró prolongar el ciclo vegetativo del cultivo, preservándolo en la época más difícil que es la germinación, donde es muy exigente en agua, pero que no debe ser excesiva.

Tabla 6. Características y rendimientos de los experimentos con remolacha.

Altura m.s.n.m.	Localización	Fecha de siembra	Fecha de trasplante	Fecha de cosecha	Riego	Rendimiento t ha ⁻¹			
						SVPE 14-01	SVPE 14-02	SVPE 14-03	Forrajera
4043	Munmalca	08/08/14	13/12/14	09/08/15	No	Desarrollo casi nulo	Desarrollo casi nulo	Desarrollo casi nulo	<i>No se trasplantó</i>
3751	San Apolonio*	08/08/14	11/09/14	29/06/15	No	Menor de 19 (roedores)	Murió a los 2 meses (agua)	Murió a los 2 meses (agua)	Murió a los 2 meses (helada)
3421	Vaquería: Pueblo Hermoso*	08/08/14	25/09/14	27/05/15	2 o 3 veces	<i>No se trasplantó</i>	<i>No se trasplantó</i>	Menor de 20 (malezas)	<i>No se trasplantó</i>
3391	Vaquería: El Pozo*	08/08/14	23/09/14	27/05/15	2 o 3 veces	<i>No se trasplantó</i>	Menor de 20 (malezas)	<i>No se trasplantó</i>	<i>No se trasplantó</i>
3242	Vaquería: El Tingo	08/08/14	15/09/14	27/05/15	2 o 3 veces	21-68	<i>No se trasplantó</i>	<i>No se trasplantó</i>	Murió a los 3 meses (granizada)
3121	Agallpampa	08/08/14	09/09/14	24/05/15	Set-Dic	<i>No se trasplantó</i>	<i>No se trasplantó</i>	<i>No se trasplantó</i>	261-358 (con hojas y corona)

SVPE 14-01: Híbrido que se desempeña bien en condiciones de irrigaciones abundantes, y calor (por ejemplo, España)

SVPE 14-02: Híbrido desarrollado para el sur de California, que soporta bien el calor y la podredumbre radicular

SVPE 14-03: Híbrido que se desempeña bien en condiciones de irrigaciones abundantes, pero que es tolerante a los nematodos (Heterodera)

* No fueron cosechados. Los rendimientos fueron estimados en t ha⁻¹, en base a las remolachas maduras que se pudieron rescatar



Figura 2. Desarrollo de la remolacha en las mayores alturas. A. Munmalca, enero 2015 (30 días del trasplante); B. Munmalca, agosto 2015 (8 meses); C. Munmalca, agosto 2015 (8 meses); D. San Apolonio, setiembre 2014 (10 días del trasplante); E. San Apolonio, diciembre 2014 (3 meses); F. San Apolonio, junio 2015 (9 meses); G. San Apolonio, junio 2015 (9 meses); H. Vaquería Pueblo Hermoso, diciembre 2014 (3 meses); I. Vaquería Pueblo Hermoso, diciembre 2014 (3 meses); J. Vaquería Pueblo Hermoso, mayo 2015 (8 meses); K. Vaquería Pueblo Hermoso, mayo 2015 (8 meses).



Figura 3. Desarrollo de la remolacha en las alturas menores. A. Vaquería El Pozo, setiembre 2014 (al trasplante); B. Vaquería El Pozo, diciembre 2014 (3 meses); C. Vaquería El Pozo, mayo 2015 (8 meses); D. Vaquería El Tingo, setiembre 2014 (al trasplante); E. Vaquería El Tingo, diciembre 2014 (3 meses); F. Vaquería El Tingo, mayo 2015 (8 meses); G. Vaquería El Tingo, mayo 2015 (8 meses); H. Agallpampa, setiembre 2014 (15 días del trasplante); I. Agallpampa, diciembre 2014 (3 meses); J. Agallpampa, mayo 2015 (8 meses); K. Agallpampa, mayo 2015 (8 meses).

4. CONCLUSIONES

Las plantas de remolacha azucarera de los cultivares SVPE 14-01, SVPE 14-02 y SVPE 14-03, y de remolacha forrajera, cultivar Enermax, mostraron un normal desarrollo, en las zonas ecológicas Pradera Muy Húmeda

Montano (puna o jalca) y Bosque Húmedo Montano Sub Tropical hasta los tres meses del cultivo, y tolerancia a las heladas esporádicas de la época de lluvias, y a las muy frecuentes de la época de escasez.

En la remolacha azucarera con la densidad 200 mil plantas por hectárea, el rendimiento es en Vaquería El Tingo estadísticamente mayor al de 150 mil plantas por hectárea y al de 100 mil plantas por hectárea. No hubo diferencias significativas para los rendimientos entre las diferentes dosis nitrogenadas. El análisis de varianza muestra que el efecto de diferentes densidades y dosis nitrogenada es no significativo en la sacarosa, grados brix, ni pureza.

Agradecimientos

Agradecemos al Prof. André Théwis y al Sr. Dick Vermoote por haber realizado los trámites para que sea donada la semilla por la empresa Sesvanderhave para la realización de los experimentos con remolacha azucarera, empresa a quien también se le agradece; igualmente a la empresa Pomalca S.A.A. por haber realizado en su laboratorio los análisis de calidad.

Conflictos de intereses

Los autores firmantes del presente trabajo de investigación declaran no tener ningún potencial conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

Contribución de los autores

Preparación y ejecución: PP, EE, DM; Desarrollo de la metodología: PP, EE, DM, SV, JP; Concepción y diseño: SV, JP; Edición del artículo: JP; Supervisión del estudio: SV, JP.

6. REFERENCIAS

- Abdel-Motagally, F.M.F., & Attia, K.K. (2009). Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. *Int J Agric Biol*, 11, 695 – 700. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266339443_Response_of_Sugar_Beet_Plants_to_Nitrogen_and_Potassium_Fertilization_in_Sandy_Calcareous_Soil
- ADBFM. (2022). La Betterave Fourragère. Association pour le Développement de la Betterave Fourragère Monogerme. Paris, France. Disponible en: www.betterave-fourragere.org
- AIMCRA. (2007). La implantación del cultivo de la remolacha azucarera. Recomendaciones de siembra de primavera. Edita Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera. Andalucía, España, N°93,8p. Disponible en: https://www.aimcra.com/Publicaciones/Documentos/Revistas/Revista_93.pdf
- Akeson, W.R. (1981). Relationship of climate and sucrose content of sugarbeet roots. *Jour Sug Beet Research*, 21 (1), 27 – 40. DOI:10.5274/jsbr.21.1.27
- Allard, F., Houde, M., Kröl, M., Ivanov, A., Huner, N.P.A., & Sarhan, F. (1998). Betaine improves freezing tolerance in wheat. *Plant Cell Physiol*, 39(11), 1194 – 1202. DOI:10.1093/oxfordjournals.pcp.a029320
- Alvarado P., J.I., Ávila C., E., Camarillo P., M., Ochoa E., X.M., & Zamarripa C., A. (2011). Producción de remolacha azucarera en el valle de Mexicali, B. C. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Valle de Mexicali. Mexicali, Baja California, México, Folleto Técnico N° 19. Disponible en: <https://www.compucampo.com/tecnicos/produccion-remolachaazucarera-mexicali.pdf>
- Anderson, D.T., Dubetz, S., & Russell, G.C. (1958). Studies on transplanting sugar beets in southern Alberta. *Journal of the A.S.S.B.T*, 10 (2), 150 – 155. Disponible en: <https://www.bsdf-assbt.org/wp-content/uploads/2017/04/JSBRVol10No2P150to155StudiesonTransplantingSugarBeetsinSouthernAlberta.pdf>
- De Leenheer, L., & Van Ruymbeke, M. (1973). Les circonstances météorologiques comme facteur de la fertilité du sol en Belgique. Leur influence sur le rendement et l'alimentation (N, P, K) de la culture betteravière. *Pédologie*, 23 (3), 147 - 176. Disponible en: http://www.bbv-sbss.be/pedologie/pedologie_1973_3.pdf
- El-Sarag, E.I., & Moselhy, S.H. (2013). Response of sugar beet quantity and quality to nitrogen and potassium fertilization under sandy soils conditions. *Asian J Crop Sci.*, 5 (3), 295 – 303. DOI10.3923/ajcs.2013.295.303, <https://scialert.net/fulltextmobile/?doi=ajcs.2013.295.303>

- FAO. (2010). Protección Contra las Heladas: Fundamentos, Práctica y Economía. Volumen 2. Serie FAO sobre el Medio Ambiente y la Gestión de los Recursos Naturales N° 10. Richard L. Snyder, J. Paulo de Melo-Abreu, & Scott Matulich, Editores. 68 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y7231s/y7231s00.htm>
- FAO. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Estudio FAO: Riego y Drenaje N°66. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia, 530 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2800s.pdf>
- FAO. (2016). Base referencial Mundial del Recurso Suelo 2014. Sistema Internacional de Clasificación de Suelos y la Creación de Leyendas de Mapas de Suelos. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, 106. Disponible en: <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre59.pdf>
- Flores F., J.E. (2014). Efecto del distanciamiento entre plantas en la producción de dos variedades de remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L. spp. *vulgaris* var. *crassa*) Puno. Tesis para optar el título de Ingenieros Agrónomo, con mención en Agroambiental. Universidad Nacional del Altiplano; Facultad de Ciencias Agrarias; Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Perú. 81 p. Disponible en: http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2218/Flores_Flores_Josefina_Elizabeth.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García T., M.A., Benito, M.A. (1996). Comparación de dos sistemas de riego: aspersión y goteo, en remolacha azucarera. Ingeniería del Agua, 3(4), 37 - 44. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/354742371/Aspersión-y-Goteo>
- Guerrero, G. (1999). Cultivos Herbáceos Extensivos. Ediciones Mundi-Prensa. 6ta Edición. Madrid-España. 365p. Disponible en: <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471147974/cultivos-herbaceos-extensivos->
- Gutiérrez, M. (2006). Efecto de las plagas y enfermedades sobre el rendimiento y la calidad industrial de la remolacha azucarera de siembra otoñal: Bases para el establecimiento de una Protección Integrada. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, España. 355 p. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/31060/Tesis%20MGSOSA%20color.pdf?sequence=1>
- Heno, S., Viou, L., & Khan, M. (2018). Sugar beet production in France. Sugar Tech, 20, 392-395. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0575-x>
- Holst, E.M., & Scott, P.R. (1970). Fertilizer results on sugarbeet in the Hereford, Texas Area. Jour Sug Beet Research, 15 (8), 661 – 664. Disponible en: <https://www.bsdf-assbt.org/wp-content/uploads/2017/04/JSBRV0115No8P661to664FertilizerResultsonSugarbeetintheHerefordTexasArea.pdf>
- Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar – IMPA –. (1975). Veinticinco años de Investigación cañera en México. Serie Divulgación Técnica IMPA, Libro N° 8, México. 303 p. Disponible en: http://biblioteca.uaaan.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=34157&query_desc=au%3A%22INSTITUTO%20PARA%20EL%20MEJORA MIENTO%20DE%20LA%20PRODUCCION%20DE%20AZUCAR%22
- James, D.W., Kidman, D.C., Weaver, W.H., & Reeder, R.L. (1970). Factors affecting chloride uptake and implications of the chloride-nitrate antagonisms in sugarbeet mineral nutrition. Jour Sug Beet Research, 15 (8), 647 – 656. Disponible en: <https://www.bsdf-assbt.org/wp-content/uploads/2017/04/JSBRV0115No8P647to656FactorsAffectingChlorideUptakeandImplicationsoftheChlorideNitrateAntagonisminSugarbeetMineralNutrition.pdf>
- Karbalaei, S., Mehraban, A., Mobasser, H.R., & Bitarafan, Z. (2012). Sowing date and transplant root size effects on transplanted sugar beet in spring planting. Annals of Biological Research, 3 (7), 3474 – 3478. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262729934_Sowing_Date_and_Transplant_Root_Size_Effects_on_Transplanted_Sugar_Beet_in_Spring_Planting
- Kaspari, P. (2014). Growing beets in the Alaska garden. Cooperative extension service. University of Alaska, Fairbanks. 4 p. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=Kaspari+P.+Growing+beets+in+the+Alaska+garden.+Cooperative+extension+service.+University+of+Alaska%2C+Fairbanks.&oq=Kaspari+P.+Growing+beets+in+the+Alaska+garden.+Cooperative+extension+service.+Uni>

- versity+of+Alaska%2C+Fairbanks.&aqs=chrome..69i57.2114j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Le Betteravier. (2023). Organe mensuel de la Confédération des Betteraviers Belges, 57 (587). Disponible en: <https://cbb.be/wp-content/uploads/2022/12/Janvier-2023-N%C2%B0-587.pdf>
 - Loel, J., & Hoffmann, C.M. (2015). Relevance of osmotic and frost protecting compounds for the winter hardiness of autumn sown sugar beet. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 201 (4), 301 - 311. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264804965_Relevance_of_Osmotic_and_Frost_Protecting_Compounds_for_the_Winter_Hardiness_of_Autumn_Sown_Sugar_Beet
 - Montes G., N, Cisneros L., M.A., Díaz F., A., Espinosa R., M, Ortiz C., F.E., & Valencia B., A.J. (2019). Fertilización inorgánica en remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) en el norte de Tamaulipas. *Terra Latinoamericana*, 37,15-25. <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.390>
 - Mzibra, A., Zehauf, M., & Douira, A. (2008). Effet du cycle de la culture sur le rendement qualitatif et quantitatif de la betterave sucrière dans la région du Gharb (Maroc). *Biotechnol Agron Soc Environ*, 12 (2), 139-146. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/25772184.pdf>
 - Nelson, J.M. (1969). Effect of row width, plant spacing, nitrogen rate and time of harvest on yield and sucrose contents of sugarbeets. *Journal of Sugar Beet Research*, 15(6), 509 - 516. DOI:10.5274/jsbr.15.6.509
 - Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN -. (1973). Inventario, Evaluación y Uso racional de los Recursos Naturales de la Costa; Cuenca del Río Chicama, Vol. 1, Lima-Perú. 502 p. Disponible en: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/984>
 - Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN -. (1976). Ecología del Perú: Guía Explicativa. Lima-Perú. 184p. Disponible en: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/1052>
 - Panella, L., & Kaffka, S.R. (2010). Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) as a Biofuel Feedstock in the United States. University of California, Davis. *Agriculture and natural resources*, pp. 163 - 175. DOI: 10.1021/bk-2010-1058.ch010
 - Pinna C., J., & Valdivia V., S. (2000). Inducción de la producción de semilla de remolacha azucarera en un clima cálido de días cortos. *Arnaldoa*, 7(1-2), 65 - 70. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311949875_Induccion_de_la_produccion_de_semilla_de_remolacha_azucarera_en_un_clima_calido_de_dias_cortos
 - Reinsdorf, E., & Koch, H.-J. (2013). Modeling crown temperatures of winter sugar beet and its application in risk assessment for frost killing in Central Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 182, 183, 21 - 30. DOI: 10.1016/j.agrformet.2013.08.001
 - Reinsdorf, E., Koch, H.-J., & Märlander, B. (2013). Phenotype related differences in frost tolerance of winter sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Field Crops Research*, 151, 27 - 34. DOI:10.1016/j.fcr.2013.07.007
 - Reynoso C., J., Valdivia V., S., Larsen C., E., & Pinna C., J. (2001). Comparativo de Cultivares de remolacha azucarera en suelos salinos. *Arnaldoa*, 8(1), 93 - 100. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311949805_Comparativo_de_cultivares_de_remolacha_azucarera_en_suelos_salinos
 - Rojas R., C., Vásquez G., R., Paz A., P., Espejo Z., E., Valdivia V., S., & Pinna C., J. (2018). Desarrollo de la “remolacha azucarera” y de la “remolacha forrajera” *Beta vulgaris* L. (Amaranthaceae) sembradas directamente en zonas altoandinas del norte del Perú. *Arnaldoa*, 25 (3), 989 - 1002. DOI:10.22497/arnaldoa.253.25311
 - Scott, R.K., & Bremner, P.M. (1966). The effects on growth, development and yield of sugar beet of extension of the growth period by transplantation. *The Journal of Agricultural Science*, 66 (3), 379 - 389. DOI:10.1017/S0021859600063681
 - Soler R., J., & Arroyo S., J.M. (2008). Indicadores del estado nutricional del cultivo en la fertilización nitrogenada de la remolacha azucarera. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad Politécnica de Madrid-España. *Tierras de Castilla y León*. 150,1-4. Disponible en: http://oa.upm.es/2704/1/INVE_MEM_2008_57436.pdf
 - Soltani, N., Dille, J.A., Robinson, D.E., Sprague, C.L., Morishita, D.W., Lawrence, N.C., Kniss, A.R.,

- Jha, P., Felix, J., Nurse, R.E., & Sikkema, P.H. (2018). Potential yield loss in sugar beet due to weed interference in the United States and Canada. *Weed Technology*, 32 (6), 749 – 753. Disponible en: (PDF) Potential yield loss in sugar beet due to weed interference in the United States and Canada (researchgate.net)
- Theis, T. (1971). A food resource. In. *Advances in Sugarbeet Production; Principles and Practices*. R.T. Johnson et al. Eds. The Iowa St. Univ. Press, U.S.A. pp. 4 – 18. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19721706450>
 - USDA. (1999). United States Department of Agriculture. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Natural Resources Conservation Service. Second Edition. Agriculture Handbook N° 436. Washington. Disponible en: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-06/Soil%20Taxonomy.pdf>
 - USDA. (2010). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Clave para la Taxonomía de Suelos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Undécima Edición. Disponible en: <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1386.pdf>
 - Valdivia V., S., Reynoso C., J., Pinna C., J., & Larsen C., E. (2001). Efecto de las sales en la producción de la remolacha azucarera en la costa árida del Perú. *Antenor Orrego*, 10(16-17), 71 – 80. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311950920_Efecto_de_las_sales_en_la_produccion_de_la_remolacha_azucarera_en_la_costa_arida_del_Peru
 - Valdivia V., S., Pinna C., J., Valdivia S., S. (2010 a.) Extracción de fósforo y potasio en un suelo aluvial salino, cultivado con remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) bajo riego. XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Realizado del 25 al 29 de Octubre. Mexicali, Baja California, México. pp. 861 – 866. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311963667_Extraccion_de_fosforo_y_potasio_en_un_suelo_aluvial_salino_cultivado_con_remolacha_azucarera_Beta_vulgaris_L_bajo_riego
 - Valdivia V., S., Valdivia S., S., & Pinna C., J. (2010 b.) Ganancias y pérdidas de nitrógeno en un suelo salino bajo cultivo de remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.). XII Congreso Nacional y V Internacional de la Ciencia del Suelo. Arequipa, Perú. pp. 163 – 170. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311963671_Ganancias_y_perdidas_de_nitrogeno_en_un_suelo_salino_bajo_cultivo_de_remolacha_azucarera_Beta_vulgaris_L
 - Valdivia V., S., Pinna C., J., Valdivia S., S. (2016). Extracción de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, y Na⁺ de suelo salino por la remolacha azucarera. XXI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Realizado del 24 al 28 de Octubre del 2016. Quito, Ecuador. pp. 760 - 764. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313853973_Extraccion_de_K_Ca_Mg_y_Na_de_suelo_salino_por_la_remolacha_azucarera
 - Van Ruymbeke, M., & De Leenheer, L. (1973). Un avis de fumure basé sur la balance des exportations et des importations des éléments nutritifs semble valable pour les sols limoneux. *Pédologie*, 23 (3), 245 – 267. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/285161331_Un_avis_de_fumure_base_sur_la_balance_des_exportations_et_des_importations_des_elements_nutritifs_semble_valable_pour_les_sols_limoneux
 - Viets, F.G., & Robertson, L.S. (1971). Secondary nutrients and micronutrients. In. *Advances in Sugarbeet Production; Principles and Practices*. R.T. Johnson et al. Eds. The Iowa St. Univ. Press, U.S.A. pp. 171 – 187. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19721706450>
 - Webster, T.M., Grey, T.L., Scully, B.T., Johnson III, W.C., Davis, R.F., & Brenneman, B. (2016). Yield potential of spring-harvested sugar beet (*Beta vulgaris*) depends on autumn planting time. *Industrial Crops and Products*, 83, 55 - 60. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.12.037
 - Whiteley, E.L., & Cowley, W.R. (1969). Sugar beets in southwest Texas; Production potentials. Texas A & M University, U.S.A. 40 p. Disponible en: <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/91240>