Híbridos de Cebolla Roja (*Allium cepa* L.) Propagados por Bulbillos con Diferentes Diámetros Ecuatoriales, en Zona Árida

Onion Red Hybrids (*Allium cepa* L.) Propagated by Bulbillos
With Different Equatorial Diameters, in Arid Zone

Ronald Vasquez¹, Berenice Zuloaga², Fernando Gómez³, Omar Zeballos⁴, Alberto Anculle-Arenas⁵

RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron determinar el mejor híbrido (Sivan F₁, Pantera Rosa F₁ y Sevillana F₁); el mejor diámetro ecuatorial de bulbillo (1,5 a menos de 2,0 cm; 2,0 a menos de 2,5 cm y 2,5 a menos de 3,0 cm); y la mejor combinación, para la producción comercial de cebolla, en la Irrigación Majes, Arequipa. Se empleó el diseño Bloques Completos al Azar con Arreglo Factorial 3x3. Los híbridos Sivan F₁ y Pantera Rosa F₁ tuvieron los rendimientos comerciales más altos (100,4 y 90,5 t ha⁻¹, respectivamente) con diferencias estadísticas significativas con respecto a Sevillana (64,8 t ha⁻¹). Para diámetro ecuatorial de bulbillo los rendimientos fueron de 83,7; 76,3 y 63,1 t ha⁻¹, para los diámetros de 1,5 a 2,0 cm; 2,0 a 2,5 cm y 2,5 a 3,0 cm, respectivamente, sin diferencias estadísticas. Los bulbillos con diámetro de 1,5 a menos de 2,0 cm dieron lugar a bulbos más grandes, menor porcentaje de bulbos múltiples, mayor rendimiento de calidad "primera" y mayor cantidad de bulbos enteros comerciales. La mejor combinación resultó ser Sivan F₁ con bulbillos de 1,5 a menos de 2,0 cm de diámetro ecuatorial con un rendimiento comercial de 98,4 t ha⁻¹.

Palabras claves: Cebolla roja, bulbillos, zona árida.

ABSTRACT

The objectives of the present study were to determine the best hybrid (Sivan F₁, Pantera Rosa F₁ and Sevillana F₁); the best onion sets equatorial diameter (1,5 to less than 2,0 cm; 2,0 to less than 2,5 cm and 2,5 to less than 3,0 cm); and the best combination, for the commercial production of onions, in the Majes Irrigation, Arequipa. The Random Complete Blocks design with 3x3 Factorial Arrangement was used. The Sivan F₁ and Pantera Rosa F₁ hybrids had the highest commercial yields (100,4 and 90,5 t ha⁻¹, respectively) with significant statistical differences with respect to Sevillana (64,8 t ha⁻¹). For onion sets equatorial diameter the yields were 83,7; 76,3 and 63,1 t ha⁻¹, for diameters of 1,5 to 2,0 cm; 2,0 to 2,5 cm and 2,5 to 3,0 cm, respectively, without statistical differences. Onion sets with a diameter of 1,5 to less than 2,0 cm gave rise to larger bulbs, lower percentage of multiple bulbs, higher yield of "first" quality and greater quantity of commercial whole bulbs. The best combination turned out to be Sivan F₁ with bulbils from 1,5 to less than 2,0 cm in equatorial diameter with a yield commercial of 98,4 t ha⁻¹.

Keywords: Onion red, onion sets, arid zone.

^{1,5}Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA). Arequipa. Perú.

²Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de La Joya. Arequipa. Perú.

³Semiagro S.A.C. Arequipa. Perú.

⁴Universidad Nacional de Jaén (UNJ). Jaén. Perú.

INTRODUCCIÓN

La producción nacional de cebollas rojas se orienta principalmente al mercado interno y muy poco para la exportación a países vecinos como Ecuador y Bolivia. En Perú, Ecuador y Bolivia la cebolla roja se utiliza como saborizante en las comidas, lo cual es conocido y señalado también por Saraswathi (2017) en el sentido que es una importante hortaliza y forma parte de importantes dietas, valorada por sus características aromáticas y curativas. En Arequipa y el Perú, la cebolla se cultiva por propaga por semilla botánica, para obtener plántulas en almacigueras y posterior trasplante; no se usa siembra directa, como ocurre en Europa o Estados Unidos en los que se utilizan almácigo, siembra directa y bulbillos u “onions sets” (Serra y Currah, 2002); aunque hace aproximadamente 10 años se está usando los llamados “cocos” o bulbillos, los que se producen utilizando entre 15 a 20 g de semilla botánica común por m² y son cosechados entre octubre y diciembre, almacenados a temperatura ambiente por un periodo de 60 a 90 días, ser plantados entre enero a marzo y cosechados 90 días después. En Europa los bulbillos son bulbos pequeños 2 a 3 g de peso fresco que se obtienen sembrando semilla botánica en alta densidad (1000 a 2000 plantas m⁻²), su diámetro es menor a 25 milímetros y al plantarlos se obtienen plantas robustas con bulbos grandes y en un tiempo más corto (Serra y Currah, 2002 y Brewster, 2008). También se señala que los bulbillos (entre 8 y 21 mm) son utilizados por productores pequeños y por productores especializados debido a que las plantas son más vigorosas y los bulbos se pueden cosechar hasta 8 semana antes que los de siembra directa (O'Connor, 2006). Hay varios estudios en Arequipa y en el mundo (Jordaan *et al.*, 2017) que demuestran la factibilidad del uso de bulbillos de cebolla para la producción comercial de bulbos; algunos autores hallaron que la mejor densidad para la producción de bulbillos era de 6 a 8 g de semilla botánica por m² (Alemzadeh,

2007); y al comparar los sistemas de siembra directa, trasplante y bulbillos, se halló que el trasplante tuvo el mayor rendimiento comercial (29,3 t ha⁻¹), seguido por los bulbillos (23,5 t ha⁻¹), siendo los bulbillos los que presentaron mayor cantidad de bulbos no comerciales (15,6 t ha⁻¹), 78 % de bulbos partidos, 21% de floración prematura o “bolting” y mayor precocidad con 94 días de la plantación a la cosecha, demostrando la posibilidad del uso de bulbillos en la producción de bulbos (Ketema *et al.*, 2013). El primer trabajo sobre el uso de bulbillos en Arequipa, lo realizó Málaga (1992) en cebolla 'Roja Americana' y halló una altura de parte aérea de 48,0 cm; un peso promedio de bulbo de 120 g y un rendimiento de 15,6 t ha⁻¹; posteriormente Armejo (2006) trabajando con Sivan F, plantada en enero y febrero con bulbillos de menos de 20, igual a 20 y más de 20 mm de diámetro ecuatorial, halló que para enero, el diámetro del bulbo varió de 3,7 cm (bulbillo de más de 20 mm) a 4,0 y 4,2 cm para los bulbillos de menos de 20 y 20 mm, respectivamente; para febrero varió de 3,8 a 4,1 cm; el rendimiento de “primera”, para enero fue de 4,6, 1,8 y 2,5 t ha⁻¹ y en febrero de 9,9; 5,1 y 0,9 t ha⁻¹, para los tres diámetros de bulbillos, respectivamente; a los 60 días después de la plantación, los bulbillos mayores de 20 mm tuvieron hasta 59,8 % de bulbos múltiples para enero y para febrero 67,7 %; hallándose que a menor diámetro de bulbillo menor cantidad de bulbos partidos; finalmente para la plantación de enero no se observó floración prematura, pero si para febrero, aunque en mínima proporción. Ninasivinha (2008) en cebolla 'Roja Camaneja', reporta a la cosecha, que los diámetros de bulbillos entre 0,5-1,0 y 1,0-1,5 cm no presentaron bulbos múltiples pero si los bulbillos de 1,5 cm (6,6%) y de 2,0-3,0 cm (51,2%); el floración prematura se presentó solo para los bulbillos de 1,0-1,5, 1,5-2,0 y de 2,0-3,0 cm con 0,2; 1,6 y 12,2 %; respectivamente; el rendimiento de cebolla de “primera” fue de 15,2; 17,6; 23,2 y 27,6 t ha⁻¹, respectivamente para los

cuatro diámetros de bulbillos. Por otro lado, Tamo (2010) también con bulbillos de 'Roja Camaneja' concluyó que el diámetro de bulbo mayor a 2 cm presentó los mayores porcentajes de doblado de planta, de bulbo múltiple, de floración prematura, de rendimiento de primera. También se halló que los mayores rendimientos, ingresos netos y costo beneficio se logró con bulbillos de 2 cm de diámetro plantados a distancias de 40x10 cm (Singh *et al.*, 1996), y que en algunas épocas de plantación hay mayor presencia de floración prematura y el tamaño de bulbo es mayor, siendo el mejor tamaño de bulbo de 1,9 a 2,5 cm de diámetro con un rendimiento de 45,4 t ha⁻¹ (Madisa, 1994). La floración prematura, los bulbos dobles y la precocidad están asociados al diámetro del bulbo; así bulbillos de 29 mm de diámetro produjeron 31,1% de floración prematura; 69,4 % de bulbos dobles y un periodo vegetativo de 134 días; en cambio con los bulbillos de 17 mm de diámetro la producción de bulbos fue mayor (26 t ha⁻¹) fue obtenido con el bulbo de 17 mm de diámetro, y por otro lado los bulbillos con diámetros de 26 y 29 mm produjeron altas cantidades de bulbos no comerciales (13,9 y 14,9 t ha⁻¹, respectivamente) (Khokhar *et al.*, 2002). Por otro lado la temperatura y el tiempo de almacenaje de los bulbillos influye en la producción, así se halló que bulbillos de 22 mm de diámetro almacenados por 90 días a 20°C, no presentaron floración prematura, el peso promedio del bulbo y los rendimientos con buenos, a diferencia del almacenaje a 5°C por 90 días, en el que la floración prematura fue siete veces más (Khokhar *et al.*, 2007) y el mismo autor (Khokhar, 2017) refiere que la alta temperatura (20-25°C) de almacenaje de los bulbillos significa un incremento del rendimiento de bulbos, mientras temperaturas más altas (25.5-31 °C) o menores a 0°C lo reducen. La fisiología de la cebolla (Khokhar, 2017) es afectada por el ambiente y el genotipo, como el fotoperiodo que juega un rol crítico en el

desarrollo del bulbo y determina el comportamiento de un cultivar para una región dada, y el bulbeo es regulado más por la temperatura, grados día y luz rojo lejano que por el fotoperiodo; el tamaño de bulbo es menor a mayor densidad de plantación; el estrés por agua durante la formación y crecimiento del bulbo es más dañino que durante el crecimiento del follaje; el nitrógeno favorece el crecimiento del bulbo, pero también el exceso promueve le envejecimiento y alargamiento del periodo vegetativo; las giberelinas y el etrel promueven el crecimiento y desarrollo de los bulbos; la floración y la formación del bulbo es regulado por los genes FT (locus T de floración), los genes antagonistas parecidos a los genes FT regulan la formación del bulbo (Khokhar, 2017). En la producción de cebollas por bulbillos es muy importante mantener condiciones ambientales favorables tanto en la etapa inicial como en la media del cultivo, para un buen contenido de metabolitos secundarios, y que las condiciones húmedas y frías favorecen el rendimiento, pero no los metabolitos (Ombódi *et al.*, 2013). Los bulbillos también pueden ser utilizados para la producción de semilla botánica, por costos más bajos que el sistema tradicional, siendo los bulbillos de 26 a 31 mm de diámetro almacenados por 30 días a 7°C los de mayor rendimiento de semilla botánica (595 kg ha⁻¹) para el cultivar INIA Valenciana (Peluffo *et al.*, 2016). Un riesgo del uso de bulbillos en la producción comercial de cebolla es que estos pueden traer consigo patógenos como *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. sambucinum*; *Facuminatum*, *F. equiseti* y *Aspergillus niger* transmitidos desde la semilla botánica a los bulbillos de cebolla (Köycü y Özer, 1997) y en otro caso se reportan a varias especies de *Fusarium* y en un caso de halló hasta un 40 % de incidencia por *Fusarium* en las plantas provenientes de bulbillos (Kivijarvil *et al.*, 2017). La productividad de los bulbos de cebolla depende de la disponibilidad de agua en el suelo,

fertilización adecuada y control de malezas; además que la vida útil de los bulbos es un rasgo genético que se puede mejorar mediante un cultivo eficiente, manejo de poscosecha y condiciones adecuadas de almacenamiento (Sekara *et al.*, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

El presente trabajo se llevó a cabo entre febrero y junio de 2013, en la Irrigación Majes, Arequipa, Perú; ubicada a 16° 19' Latitud Sur y 72° 13' Longitud Oeste, y una altitud de 1440 m.s.n.m. Las temperaturas medias mensuales variaron de 19,6 a 17,2 °C; las horas de sol de 7,8 a 9,4 h; la humedad relativa de 76 a 55%; y la precipitación acumulada fue de 8,4 mm. El suelo fue franco arenoso, de buen drenaje y sin problemas de pH y conductividad eléctrica; al igual que el agua de riego proveniente de represa.

Obtención de los bulbillos

Para la obtención de bulbillos se sembró semilla botánica de Sivan F1, Pantera Rosa F1 y Sevillana F1, el 5 de septiembre de 2012 a una densidad de 12 g por m², y se cosecharon el 5 de diciembre del mismo año. Los bulbillos cosechados se colocaron o almacenaron en un terreno seco y arenoso por un periodo de 60 días; tiempo después del cual se eliminó el follaje seco, se los seleccionó y clasificó de acuerdo al diámetro ecuatorial de los bulbillos (DEB).

Conducción del experimento

La plantación de los bulbillos se realizó el 07 de febrero de 2013, en surcos de 0,60 m de ancho y 0,12 m entre plantas, y con tres hileras por camellón del surco; y se enterraron a la mitad de su longitud. La fertilización fue de 150-130-180 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente y aplicados vía sistema de goteo. El riego, manejo de insectos plagas, enfermedades y malezas fue igual que para los campos comerciales. La cosecha de los bulbos se realizó el 10 de mayo de 2013 y cuando el 10% de cuellos (pseudotallos) estaban doblados y el curado duró dos semanas, luego se eliminó el

follaje seco para evaluar rendimiento y materia seca. En la tabla 1 se muestran los tratamientos en estudio.

Tabla 1.

Tratamientos en estudio

Descripción
1. Sivan F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 1.5 cm a menos de 2.0 cm
2. Sivan F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 2.0 cm a menos de 2.5 cm
3. Sivan F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 2.5 cm a menos de 3.0 cm
4. Pantera Rosa F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 1.5 cm a menos de 2.0 cm
5. Pantera Rosa F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 2.0 cm a menos de 2.5 cm
6. Pantera Rosa F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 2.5 cm a menos de 3.0 cm
7. Sevillana F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 1.5 cm a menos de 2.0 cm
8. Sevillana F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 2.0 cm a menos de 2.5 cm
9. Sevillana F ₁ con diámetro ecuatorial de bulbo de 2.5 cm a menos de 3.0 cm

Se empleó el diseño estadístico bloques completos al azar con arreglo factorial 3x3 (tres híbridos y tres diámetros ecuatoriales de bulbo) con 9 tratamientos y tres repeticiones. Se efectuó la prueba estadística de F (ANVA) y prueba de comparación de promedios de Duncan con un nivel de confianza de $\alpha = 0,05$.

Evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron a los 80 días después de la plantación (DDP); se evaluó la altura de parte aérea desde la base hasta el ápice de la hoja más larga y el diámetro ecuatorial del bulbo cosechado; se pesó los bulbos comerciales de las categorías “primera” (se consideró un diámetro ecuatorial de 7 a 9 cm) y “segunda” (se consideró un diámetro ecuatorial de 5 a 7 cm); y de los bulbos enteros y partidos, para calcular los rendimientos.

Los objetivos del presente trabajo fueron el de determinar el híbrido con mejor comportamiento, el diámetro ecuatorial adecuado de bulbo y la mejor combinación entre híbrido y diámetro ecuatorial de bulbo, para la producción de bulbos de cebolla.

RESULTADOS

A continuación, se muestran el Análisis de varianza para las variables evaluadas así como los efectos principales y efectos simples.

Tabla 2.F calculado ($\alpha=0.05$) y significancia para las variables evaluadas

FV.	GL	Altura de planta		Diámetro de bulbo 80 DDT		Rdto. comercial		Rdto. calidad "primera"		Rdto. calidad "segunda"		Peso promedio bulbo		% bulbos partidos		Rdto. bulbos enteros	
		FC	%g	FC	%g	FC	%g	FC	%g	FC	%g	FC	%g	FC	%g	FC	%g
Híbrido	2	3.56	NS	1.3	NS	0.01	NS	0.4	NS	1.73	NS	4.93	*	1.01	NS	0.63	*
Híbrido	2	8.17	*	6.05	*	31.66	*	8.01	*	9.54	*	35.73	*	9.99	*	8.34	*
DEB	2	1.92	NS	2.61	NS	0.15	NS	1.55	NS	8.92	NS	50.31	*	988.54	*	118.99	*
Híbrido x DEB	4	2.61	NS	1.81	NS	0.04	NS	0.85	NS	2.79	NS	2.38	NS	9.04	*	4.57	*
Error exp.	16																
Total	26																
CV (%)		3.1		9.51		11.64		20.89		26.89		10.02		5.07		23.79	

*Datos obtenidos mediante transformación angular

En la tabla 2 se observa que existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación híbrido para todas las variables evaluadas asimismo se observa que en la fuente de variación DEB existe diferencia estadística significativa para peso promedio de bulbo, % de bulbos partidos y rendimiento de bulbos enteros. Para la interacción híbrido x DEB existe diferencia estadística significativa para % de bulbos partidos y rendimiento de bulbos enteros.

Efectos Principales para las Variables Evaluadas

En las tablas 3 y 4 se presentan los efectos principales para las variables evaluadas acorde a la información obtenida en la tabla 2.

Tabla 3.

Efecto principal del factor Híbrido en promedio de los niveles del factor DEB

Híbrido	Altura parte aérea (cm)	Diámetro bulbo 80 DDT (cm)	Rdto. comercial t ha ⁻¹	Rdto. Categoría "primera" t ha ⁻¹	Rdto. Categoría "segunda" t ha ⁻¹	Peso promedio bulbo (g)	Bulbos partidos (%)	Rdto. Bulbos enteros t ha ⁻¹
Sivan F ₁	74.13 a	6.13 a	100.44 a	71.51 a	28.93 a	0.18 a	49.02 a	39.08 a
Pantera Rosa F ₁	73.37 a	5.38 b	90.45 b	62.94 a	27.51 a	0.17 a	47.88 a	32.23 a
Sevillana F ₁	70.10 b	5.36 b	64.46 c	47.84 b	16.61 b	0.12 b	42.17 b	24.47 b

*Promedios seguidos con letras iguales no son diferentes estadísticamente (Duncan al 0,05).

En la tabla 3 se observa que para todas las variables evaluadas a excepción de diámetro de bulbo y rendimiento comercial, los híbridos Sivan F₁ y Pantera Rosa F₁ muestran ser estadísticamente iguales entre si y diferentes del híbrido Sevillana F₁. Para la variable diámetro de bulbo los híbridos Pantera Rosa F₁ y Sevillana F₁ muestran ser estadísticamente iguales entre si y diferentes del híbrido Sivan F₁. Para la variable rendimiento comercial existen diferencias estadísticas significativas entre los tres híbridos siendo el híbrido Sivan F₁ el que mostro mayor rendimiento.

Tabla 4.

Efecto principal del factor DEB en promedio de los niveles del factor híbrido.

DEB	Peso promedio bulbo (g)	Bulbos partidos (%)	Rdto. Bulbos enteros t ha ⁻¹
1.5 a menos de 2.0 cm	0.20 a	13.74 c	62.46 a
2.0 a menos de 2.5 cm	0.14 b	40.93 b	24.61 b
2.5 a menos de 3.0 cm	0.13 b	84.39 a	8.71 c

*Promedios seguidos con letras iguales no son diferentes estadísticamente (Duncan al 0,05).

En la tabla 4 se observa que para las variables % de bulbos partidos y rendimiento de bulbos enteros, existen diferencias estadísticas significativas entre los tres DEB obteniéndose los mayores % de bulbos partidos con el DEB 2,5 a menos de 3,0 cm y por consiguiente el mayor rendimiento con el DEB 1,5 a menos de 2,0 cm. Para la variable peso promedio de bulbo el DEB 1,5 a menos de 2,0 cm mostro ser estadísticamente diferente de los otros DEB y estos mostraron estadísticamente iguales, obteniéndose

los mayores % de bulbos partidos con el DEB 2,5 a menos de 3,0 cm y por consiguiente el mayor rendimiento con el DEB 1,5 a menos de 2,0 cm. Para la variable peso promedio de bulbo el DEB 1,5 a menos de 2,0 cm mostro ser estadísticamente diferente de los otros DEB y estos mostraron estadísticamente iguales, obteniéndose el mayor peso promedio e bulbo con el DEB 1,5 a menos de 2,0 cm.

Efectos Simples para las Variables Evaluadas

En las tablas 5 y 6 se presentan los efectos simples para las variables evaluadas acorde a la información obtenida en la tabla 2.

Tabla 5.

Efecto simple del factor DEB en los niveles del factor Híbrido

DEB	% Bulbos partidos			Rendimiento de bulbos enteros t ha-1		
	Sivan	Pantera rosa	Sevillana	Sivan	Pantera rosa	Sevillana
2.5 a menos de 3.0 cm	82.00 a	86.40 a	84.57 a	6.82 c	12.73 c	6.57 c
2.0 a menos de 2.5 cm	50.77 b	42.47 b	29.57 b	30.70 b	30.10 b	13.03 b
1.5 a menos de 2.0 cm	14.10 c	14.77 c	12.37 c	79.72 a	53.87 a	53.80 a

*Promedios seguidos con letras iguales no son diferentes estadísticamente (Duncan al 0,05).

En la tabla 5 se observa que para la variable % de bulbos partidos para los 3 híbridos evaluados existe diferencia estadística significativa entre ellos para los tres DEB, siendo el DEB 2,5 a menos de 3,0 cm el que mostro mayor %. Para la variable rendimiento de bulbos enteros para los 3 híbridos evaluados existe diferencia estadística significativa entre ellos para los tres DEB, siendo el DEB 1,5 a menos de 2,0 el que obtuvo el mayor rendimiento.

Tabla 6.

Efecto simple del factor híbrido en los niveles del factor DEB.

Híbrido	%Bulbos partidos	Rendimiento de bulbos enteros	
	2.0 a menos de 2.5 cm	1.5 a menos de 2.0 cm	2.0 a menos de 2.5 cm
Sivan F1	50.77a	79.72a	30.70a
Pantera rosa F1	42.47b	53.87b	30.10a
Sevillana F1	29.57c	53.80b	13.03b

*Promedios seguidos con letras iguales no son diferentes estadísticamente (Duncan al 0,05).

En la tabla 6 se observa que para la variable % de bulbos partidos los tres híbridos evaluados existe diferencia estadística significativa entre ellos para el DEB 2,0 a menos de 2,5 cm siendo el híbrido Sivan F₁ el que obtuvo el mayor %. Para la variable rendimiento de bulbos enteros el híbrido Sivan mostro ser estadísticamente diferente a los demás híbridos y estos iguales estadísticamente entre sí para el DEB 1,5 a menos de 2,0 cm siendo este híbrido el que obtuvo el mayor rendimiento de bulbos enteros, sin embargo, para el diámetro 2,0 a menos de 2,5 cm los híbridos Sivan F₁ y Pantera rosa F₁ mostraron ser

estadísticamente iguales entre si y diferentes del híbrido Sevillana F_1 .

DISCUSIÓN

Con relación al número de hojas y la altura de parte aérea, la diferencia encontrada para el factor cultivar se explica por la composición genética y expresión génica de cada cultivar. Así Sivan F_1 y Pantera Rosa F_1 tienen un mayor número de hojas y una mayor altura de parte aérea que Sevillana F_1 , lo que puede conllevar a una mayor área fotosintética y por ende una mayor fotosíntesis que se puede traducir en bulbos de mayor tamaño; en cambio los diámetros de bulbillos no muestran diferencias probablemente debido a que no hay efecto de la cantidad de energía de los bulbillos para con el número de hojas, y de igual manera para la altura de la parte aérea después del brotamiento las nuevas plantas tuvieron igual oportunidad de crecimiento. Los efectos genéticos y ambientales en la producción de cebolla provenientes de bulbillos son reportados por Khokhar (2017) y por Ombodi (2013), además que un exceso de nitrógeno puede generar enviciamiento (Khokhar, 2017). Para el diámetro del bulbo Sivan F_1 tiene mayor diámetro ecuatorial que Pantera Rosa F_1 y Sevillana F_1 , principalmente por su condición genética y por el vigor híbrido superior a los otros híbridos, siendo también una consecuencia de un mayor número de hojas y mayor altura de parte aérea. El rendimiento comercial obtenido en general tanto para el factor híbrido como para el diámetro ecuatorial del bulbillo los rendimientos son altos, por encima de 63 t ha^{-1} , comparado con los rendimientos comerciales (provenientes de bulbillos) normalmente alcanzados en cebollas rojas como la 'Roja Camaneja' de polinización abierta con 30 a 40 t ha^{-1} , e incluso superior al rendimiento promedio para la cebolla roja en general en la región Arequipa con 46 t ha^{-1} (Gobierno Regional de Arequipa, 2018). En el caso de los híbridos el alto rendimiento de Sivan

F_1 ($100,4 \text{ t ha}^{-1}$) y Pantera Rosa F_1 ($90,5 \text{ t ha}^{-1}$) puede explicarse por la capacidad de aclimatación de los híbridos, el vigor híbrido, y su potencial genético, el cual se vio reflejado con un mayor número de hojas y una mayor altura de la parte aérea. El híbrido Sevillana F_1 , si bien su rendimiento es menor ($64,8 \text{ t ha}^{-1}$), también es un rendimiento alto. Los rendimientos encontrados para Sivan F_1 y Pantera Rosa F_1 son muy superiores a los reportados para Sivan F_1 por Armejo (2006); para 'Roja Camaneja' por Ninasivincha (2008); y para 'Roja Americana' por Málaga (1992), a nivel nacional. A nivel internacional se reportan rendimientos también inferiores como el caso de Ketema *et al.* 2013, Madisa (1994); Khokhar *et al.* (2002).

El rendimiento en el factor diámetro ecuatorial de los bulbillos no se observa una mayor diferencia, siendo ligeramente superior en los bulbillos de 2.0 a menos de 2.5 cm. Al analizar el rendimiento de la cebolla de "primera", persiste el mayor rendimiento de Sivan F_1 y Pantera Rosa F_1 , superior a Sevillana F_1 ; y en los bulbillos la tendencia es que a menor diámetro de bulbillo mayor rendimiento; mientras que en caso de la cebolla de "segunda" se mantiene la superioridad de Sivan F_1 y Pantera Rosa F_1 , pero para el caso de los bulbillos la cantidad es mayor a medida que el bulbillo aumenta de diámetro. El análisis del peso promedio del bulbo cosechado muestra que Sivan F_1 y Pantera Rosa F_1 , son superiores a Sevillana F_1 , lo que influye significativamente en el rendimiento comercial y de "primera". De la misma forma hay superioridad de los diámetros de bulbillo de 1.2 a menos de 2.0 cm sobre los otros diámetros, lo que se refleja principalmente en el rendimiento de "primera". Al analizar el porcentaje de bulbos enteros y bulbos partidos se halló que no hay mucha diferencia para el factor híbrido, aunque de Sivan F_1 tiene una mayor proporción de bulbos enteros que Pantera Rosa F_1 y Sevillana F_1 , siendo lo contrario para el porcentaje de bulbos partidos. Diversas investigaciones (Ketema *et al.*

2013; Armejo, 2006; Ninasivincha, 2008; Tamo, 2010; Khokhar *et al.* (2002) muestran la presencia de bulbos múltiples o partidos en diferentes cantidades, especialmente cuando los bulbillos son mayores de 2,0 cm de diámetro ecuatorial. La presencia de bulbos múltiples es frecuente en las plantas provenientes de bulbillos mayores a 2,0 cm y los bulbos formados alcanzan los diámetros comerciales de primera o segunda y están considerados dentro de los bulbos comerciales y se venden en el mercado como bulbos de primera. Al parecer en los bulbillos grandes ya se tiene formadas yemas laterales que son las que durante el crecimiento de la planta se separan y forman bulbos múltiples; lo que no estaría ocurriendo u ocurre muy poco con las plantas provenientes de bulbillos menores a 2,0 cm. Cuando se analiza la producción de bulbos enteros se halló que las cantidades son muy bajas para los bulbillos de más de 2,0 cm y muy altas para los diámetros menores a 2,0 cm, independiente del híbrido. En el caso del tratamiento Sivan F₁ con bulbillos de 1,5 a menos de 2,0 cm de diámetro el rendimiento de bulbos enteros fue de 79,7 t ha⁻¹, con un porcentaje de bulbos enteros de 84,6 %, un rendimiento de primera de 81,3 t ha⁻¹, un rendimiento de segunda de 17,1 t ha⁻¹ y un rendimiento comercial de 98,4 t ha⁻¹. En general los resultados encontrados concuerdan con lo señalado por varios autores sobre la factibilidad de uso de bulbillos para la producción comercial de bulbos de cebolla como Jordaan *et al.* (2017), y en Arequipa, por Málaga (1992), Armejo (2006), Ninasivincha (2008) y Tamo (2010); y que los diámetros ecuatoriales de bulbillo óptimos son de 25 mm (Serra y Currah, 2002; y Brewster, 2008); entre 8 y 21 mm (O'Connor, 2006); 2 cm (Singh *et al.*, 1996); de 1,9 a 2,5 cm (Madisa, 1994); 1,7 cm (Khokhar *et al.*, 2002); así como mayor precocidad (Ketema *et al.*, 2013). La ausencia de plantas con floreamiento prematuro o bolting, puede deberse a que el almacenamiento de los bulbillos antes de la plantación ocurrió bajo condiciones de

temperaturas altas propias de los meses de octubre, noviembre y diciembre en Arequipa y concuerda con lo señalado por Khokhar *et al.* (2002), Khokhar *et al.* (2007) y Khokhar (2017) sobre un mayor rendimiento y menor bolting o que los híbridos estudiados sean tolerantes al frío.

CONCLUSIONES

- Los híbridos Sivan F₁ y Pantera Rosa F₁ tuvieron los mejores rendimientos comerciales, de “primera”, de bulbos enteros; mayor peso promedio de bulbo y el menor porcentaje de bulbos partidos o múltiples.
- Los bulbillos con diámetro ecuatorial de 1,5 a menos de 2,0 cm de diámetro ecuatorial produjeron los mejores pesos promedios de bulbos, el menor porcentaje de bulbos partidos o múltiples, el mayor rendimiento de “primera” y el mayor rendimiento de bulbos enteros.
- La mejor combinación híbrido por diámetro de bulbillo correspondió a Sivan F₁ con bulbillos de 1,5 a menos de 2,0 cm de diámetro ecuatorial, con una rentabilidad de 64,9%.

BIBLIOGRAFÍA

- Alemzadeh, N. (2007). Effect of density, cultivars and sowing date on onion sets production. *Asian Journal for Scientific Information* 6(7): 1147-1150.
- Armejo, J.A. (2006). Época de siembra y diámetros de bulbillos para la producción de cebolla roja (*Allium cepa* L.) híbrido Sivan. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Brewster, J.L. (2008). Onion and other alliums. 2nd edition. Wallingford: CAB International. 432 p.
- Gobierno Regional de Arequipa (GRA). 2018. Estadística agrícola. Gerencia Regional de Agricultura.

- Jordaan, M.; Coetzer, G.M.; Allemann, J. (2017). Potential of Adelaide, Cradock and Middelburg, South Africa, for out-of-season onion production using different planting materials and planting dates. *South African Journal of Plant and Soil* 34: 1-8.
- Ketema, S.; Dessalegn, L.; & Tesfaye, B. (2013). Effect of planting methods on maturity and yield of onion (*Allium cepa* var *cepa*) in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Ethiop. J. Agric. Sci.* 24:45-55.
- Kivijarvi, P.; Hannukkala, A.; Haapalainen, M.; & Iivonen, S. (2017). Onion seedlings versus onion sets in organic onion production. 4th NJF Organic Conference NJF 495 seminar. Natural Resources Institute Finland.
- Khokhar, K.M.; Hussain, S.I.; Mahmood, T.; & Laghari, M.H. (2002). Bulb yield and quality as affected by set size in autumn season onion crop. *Asian Journal of Plant Sciences* 1 (6): 657-758.
- Khokhar, K.M.; Hadley, P.; & Pearson, S. (2007). Effect of cold temperature durations of onion sets in store on the incidence of bolting, bulbing and seed yield. *Scientia Horticulturae* 112(1):16-22.
- Khokhar, K.M. (2017). Environmental and genotype effects on bulb development in onion – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, Volume 92: 448-454.
- Köycü, N.D.; Özer, N. (1997). Determination of seedborne fungi in onion and their transmission to onion sets. *Phytoparasitica* 25:5
- Madissa, M.E. (1994). The effect of planting date, set size, and spacing on the yield of onion (*Allium cepa*) in Botswana. *ISHS Acta Horticulturae* 358.
- Málaga, R.E. (1992). Producción de cebolla (*Allium cepa* L.) 'Roja Americana' propagada por bulbillos y elaboración de compost. Informe de prácticas pre-profesionales para optar el grado académico de bachiller en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.
- Ninasivinha, Y.M. (2008). Efecto del nitrógeno y diámetro de bulbillos en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. 'Roja Camaneja'-Camana 2006. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa-Perú.
- O'Connor, D. (2006). Production of onion sets and onions from sets. *Vegetable Crops Research Bulletin* Vol. 64: 181-187.
- Ombódi, A.; Koczka, N.; Lugasi, A.; Daood, H.G.; Berki, M.; & Helyes, L. (2013). Nutritive constituents of onion grown from sets as affected by water supply. *Hortscience* 48(12):1543–1547.
- Peluffo, S.; Gonzáles.; Borges, A.; Arbolea, J.; & Galván, G.A. (2016). Onion sets as planting material for seed production of three cultivar en Uruguay. *Seed Science and Technology* Volume 44, number 3:500-513.
- Saraswathi, T.; Sathiyamurthy, V.A.; Tamilselvi, N.A.; & S. Harish, S. (2017). Review on *Aggregatum* onion (*Allium cepa* L. var. *aggregatum* Don.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* Volume 6 Number 4:1649-1667.
- Sekara, A.; Pokluda R.; Del Vacchio L.; Somma S.; & Caruso G. (2017). Interactions among genotype, environment and agronomic practices on production and quality of storage onion (*Allium cepa* L.) – a review. *Hort. Sci. (Prague)* 44 (1): 21–42.
- Serra, A.D.B. & Currah, L. (2002). Agronomy of onions, p. 187–232. In: Rabinovitch, H.D. & Currah, L. (eds.). *Allium crop science: Recent advances*. CABI, Wallingford, UK.
- Singh, B.; Babel, Y.S.; Yadav, B.D.; & Sharma, D.R. (1996). Effect of size onion sets and planting distance on yield and

economics of *kharif* onion. Indian Journal of Horticulture 62(3): 215-217.

Tamo, J. (2010). La influencia del nitrógeno en el diámetro de bulbito en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. "Roja Camaneja" para la campaña de otoño en el valle de Camaná. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. UNALM. Lima-Perú. 118 pp.

CORRESPONDENCIA

Alberto Anculle-Arenas

Urbanización Aurora S/N, Arequipa, Perú.

albertoanculle@gmail.com