

The background of the cover is a close-up photograph of several onions. One onion in the center is cut in half, revealing its white, layered bulb. The roots of the onion are visible at the bottom. The text is overlaid on a semi-transparent green band across the middle of the image.

COLECCIÓN  
INVESTIGACIÓN

# Tecnología de producción y almacenamiento de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) con enfoque sostenible en el trópico alto colombiano

Efraín Martínez Quintero  
Darío Alberto Pinto Medina

**Tecnología de producción  
y almacenamiento de  
cebolla de bulbo  
(*Allium cepa* L.) con  
enfoque sostenible en el  
trópico alto colombiano**

# **Tecnología de producción y almacenamiento de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) con enfoque sostenible en el trópico alto colombiano**

Efraín Martínez Quintero  
Darío Alberto Pinto Medina

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Facultad Sede Duitama  
2018

Tecnología de producción y almacenamiento de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) con enfoque sostenible en el trópico Alto Colombiano/ Martínez-Quintero Efrain; Pinto-Medina Darío. Tunja: Editorial UPTC, 2018. 240p.

ISBN 978-958-660-283-9

1. Cebolla de bulbo. 2. Sostenibilidad. 3. Investigación Agrícola 4. Tecnologías productivas agrícolas.

(Dewey 630.7/21).



Primera Edición, 2018

100 ejemplares (impresos)

Tecnología de producción y almacenamiento de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) con enfoque sostenible en el trópico Alto Colombiano.  
ISBN 978-958-660-283-9

Libro resultado de procesos de investigación

© Efrain Martínez Quintero, 2018

© Darío Alberto Pinto Medina, 2018

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018

Rectores UPTC

Allonso López Díaz

Decano, UPTC Sede Duitama

Adán Bautista Morantes

Comité Editorial

Hugo Alfonso Rojas Sarmiento, Ph. D.

Enrique Vera López, Ph. D.

Yuliana Balívar Suárez, Mg.

Sandra Galvisola Numpaque Piracoca, Mg.

Olga Yaneth Acuña Rodríguez, Ph. D.

Maria Eugenia Morales Fuentes, Ph. D.

Rafael Enrique Buitrago Bonilla, Ph. D.

Nubia Yaneth Gómez Velasco, Ph. D.

Carlos Mauricio Moreno Teller, Ph. D.

Editora en Jefe: Ruth Nayibe Cárdenas Soler, Ph. D.

Coordinadora Editorial: Andrea María Numpaque Acosta, Mg.

SubComité Editorial Sede Duitama

Adán Bautista Morantes, Mg.

Edwin Yesid Gómez Pachón, Ph. D.

José Alejandro Cleves Lequintana, Ph. D.

Flavio Humberto Fernández Morales, Ph. D.

Maria Luisa Pinto Salamanca, Mg.

Centro de Gestión de Investigación y Extensión - CIBAD

Maria Luisa Pinto Salamanca, Directora

María Guerrero Morantes

Eliana Leonor Valderrama Orozco

Corrección de Estilo

Alejandra Karina Flores

Diagramación

Edgar Darío Díaz Díaz

Impresión

Editorial Jotamar Ltda.

Libro financiado por la Convocatoria 01 Publicación de Libros Resultado de Investigación o de Libros Resultado de Procesos Académicos Editorial UPTC Sede Duitama. Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Libro resultado de procesos de investigación

Citación: Martínez, E. y Pinto, D. (2018). *Tecnología de producción y almacenamiento de cebolla de bulbo (Allium cepa L.) con enfoque sostenible en el trópico Alto Colombiano*. Tunja: Editorial Uptc.

## Índice

<i>Agradecimientos</i> .....	21
<i>Dedicatoria</i> .....	23
<i>Epígrafe</i> .....	25
<i>Presentación</i> .....	27
<i>Introducción</i> .....	29
<i>Capítulo 1</i> .....	31
<i>Evaluación agronómica de materiales genéticos de cebolla de bulbo</i> .....	31
<i>(Allium cepa L.)</i> .....	31
1.1 Aspectos teóricos.....	33
1.1.1 Descripción botánica.....	34
1.1.2 Historia y origen.....	36
1.1.3 Características morfológicas y anatómicas .....	37
1.1.4 Valor nutricional .....	42
1.1.5 Principales productores y consumidores de cebolla de bulbo ( <i>Allium cepa L.</i> ) en el mundo .....	44
1.1.6 Área y producción de cebolla de bulbo en América Latina.....	45
1.1.7 Área sembrada en hectáreas de cebolla de bulbo ( <i>Allium cepa L.</i> ) en Colombia por departamentos .....	46

1.1.8 Producción de cebolla de bulbo ( <i>Allium cepa L.</i> ) en Colombia por departamentos .....	46
1.1.9 Principales materiales genéticos .....	49
1.2 Metodología .....	51
1.2.1 Localización .....	51
1.2.2 Método .....	52
1.3 Resultados .....	56
1.3.1 Ciclo semillero .....	56
1.3.2 Ciclo trasplante .....	66
1.3.3 Ciclo cosecha .....	72
1.4 Conclusiones .....	89
Capítulo 2.....	91
Producción hidropónica de cebolla de bulbo .....	91
( <i>Allium cepa L.</i> ) en diferentes sustratos .....	91
2.1 Aspectos teóricos .....	95
2.1.1 Descripción de la variedad <i>yellow granex F1</i> ....	97
2.1.2 Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de cebolla .....	97
2.1.3 Hidroponía .....	99
2.1.4 pH.....	114
2.1.5 Conductividad eléctrica (CE).....	114
2.2 Metodología .....	115

2.2.1 Localización .....	115
2.2.2 Materiales .....	117
2.2.3 Método .....	118
2.2.4 Variables .....	123
2.3 Resultados y análisis .....	123
2.4 Conclusiones .....	133
<i>Capítulo 3</i> .....	<i>135</i>
.....	135
<i>Valoración de parámetros de calidad en la cebolla de bulbo</i> <i>(Allium cepa L.)</i> .....	<i>135</i>
3.1 Aspectos teóricos.....	139
3.2 Metodología .....	146
3.2.1 Localización .....	146
3.2.2 Materiales.....	147
3.3 Resultados y análisis .....	152
3.3.1 Valoración de la calidad de la cebolla de bulbo <i>(Allium cepa L.)</i> .....	152
3.3.2 Evaluación de daños en la cebolla de bulbo.....	158
3.3.3 Evaluación de pruebas físico-químicas.....	161
3.4 Conclusiones .....	168
<i>Capítulo 4</i> .....	<i>171</i>

<i>Secado artificial de cebolla de bulbo mediante aire caliente</i>	171
4.1 Aspectos teóricos	175
4.1.1 Índices de cosecha	175
4.1.2 Curado	177
4.1.3 Tipos de curado	177
4.2 Metodología	181
4.2.1 Localización	181
4.2.2 Materiales	181
4.2.3 Métodos	186
4.3 Resultados y análisis	191
4.3.1 Pérdida de peso	191
4.3.2 Análisis del pH en secado	198
4.3.3 Análisis de acidez titulable en secado	201
4.3.4 Análisis de pérdida de peso en almacenamiento	206
4.3.5 Análisis de pH	212
4.3.6 Análisis de acidez titulable	217
4.3.7 Análisis de los datos de consistencia y sólidos solubles totales	222
4.4 Conclusiones	229
<i>Referencias bibliográficas</i>	231



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cebolla yellow granex.....	35
Figura 2. Cebolla ocañera.....	35
Figura 3. Formas del bulbo.....	39
Figura 4. Principales colores de cebollas comercializadas en Colombia.....	40
Figura 5. Distribución de parcelas en campo. ....	54
Figura 6. Agobio natural de la cebolla. ....	55
Figura 7. Cebolla agobiada casi en su totalidad. ....	56
Figura 8. Prueba de consistencia en laboratorio. ....	81
Figura 9. Unidad de Investigación y Extensión de la UPTC seccional Duitama.....	117
Figura 10. Distribución de las plántulas. ....	119
Figura 11. Sustratos utilizados. ....	120
Figura 12. Número de hojas por cada tratamiento.....	127
Figura 13. Anillos calibradores de diferentes diámetros. ....	149
Figura 14. Pesaje de los tratamientos. ....	186
Figura 15. Toma de consistencia. ....	187
Figura 16. Prueba de acidez titulable.....	188
Figura 17. Prueba de pH. ....	189
Figura 18. Determinación de grados Brix. ....	190

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diagrama de caja de las variables altura de planta, numero de hojas y longitud de raíz. ....	60
Gráfica 2. Diagrama de caja para altura, número de hojas y diámetro del tallo por planta. ....	69
Gráfica 3. Rendimiento en ton/h de ocho materiales genéticos respecto a la media general y a las bandas de confianza. ....	77
Gráfica 4. Diferencias en el periodo vegetativo de los ocho materiales. ....	78
Gráfica 5. Diagrama de caja para la variable calibre del bulbo. ....	80
Gráfica 6. Diagrama de caja para la variable consistencia. ....	82
Gráfica 7. Distribución por forma del bulbo de cebolla. .	84
Gráfica 8. Distribución del color de las catáfilas. ....	85
Gráfica 9. Diagrama de la adherencia de la cebolla. ....	86
Gráfica 10. Variable número de hojas por planta en relación con el periodo vegetativo. ....	126
Gráfica 11. Diagrama de caja para el número de hojas por planta y por sustrato utilizado. ....	130
Gráfica 12. Estimaciones de peso (kg) de la cebolla cosechada por sustrato y réplica. ....	132

Gráfica 13. Valoración de la calidad en categorías (extra, primera, segunda y tercera) por calibre del bulbo en porcentajes del municipio de Nobsa. ....	153
Gráfica 14. Valoración de calidad en categorías (extra, primera, segunda y tercera) por calibre del bulbo según la NTC 1221 Icontec en Tibasosa.....	155
Gráfica 15. Valoración de la calidad en categorías por diámetro del bulbo en porcentajes según la NTC 1221 Icontec en el municipio de Sogamoso-Boyacá. ....	156
Gráfica 16. Valoración de la calidad en categorías (extra, primera, segunda y tercera) por calibre en porcentaje promedio según la NTC 1221 Icontec en Nobsa, Tibasosa y Sogamoso. ....	158
Gráfica 17. Comportamiento de daños clasificados como rechazo en la cebolla de bulbo ( <i>Allium cepa</i> L.) en los municipios de Nobsa, Tibasosa y Sogamoso. ....	159
Gráfica 18. Consistencia del bulbo de cebolla (penetrometría) por categoría de los tres municipios evaluados.....	162
Gráfica 19. Medias de los porcentajes de pérdida de peso, considerando la variable temperatura. ....	195

Gráfica 20. Medias de los porcentajes de pérdida de peso en el secado de cebolla de bulbo considerando la variable tiempo en horas.....	197
Gráfica 21. Porcentaje de medias de pérdida de acidez titulable en secado de cebolla. ....	205
Gráfica 22. Porcentaje medios de pérdida de peso al considerar la variable temperatura en almacenamiento de la cebolla de bulbo. ....	211
Gráfica 23. Porcentaje de medias de pérdida de pH en almacenamiento al considerar la variable temperatura en el secado artificial de la cebolla de bulbo.....	216
Gráfica 24. Medias de porcentaje de pérdida de acidez titulable en almacenamiento al considerar la variable temperatura en el proceso de secado artificial de la cebolla de bulbo. ....	221
Gráfica 25. Variación en porcentaje de consistencia en secado artificial de la cebolla de bulbo.....	223
Gráfica 26. Variación de consistencia en almacenamiento luego del proceso de secado artificial de la cebolla de bulbo. ....	225
Gráfica 27. Variación de sólidos solubles totales (SST) en el secado artificial de cebolla de bulbo.....	227

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional de la cebolla de bulbo ( <i>Allium cepa</i> L.). .....	42
Tabla 2. Principales países productores de cebolla en América Latina .....	45
Tabla 3. Producción de cebolla por departamento .....	47
Tabla 4. Comportamientos promedio en semillero de las variables altura de planta, longitud de raíz y número de hojas de ocho materiales genéticos de cebolla de bulbo .	57
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable altura de planta en el ciclo de semillero .....	61
Tabla 6. Prueba de Duncan variable altura de planta ciclo de semillero .....	62
Tabla 7. Prueba de Duncan para la variable longitud de raíz en ciclo de semillero .....	64
Tabla 8. Comportamientos promedio después del trasplante de las variables altura de planta, número de hojas y diámetro del tallo por planta de ocho materiales genéticos de cebolla de bulbo .....	66
Tabla 9. Análisis de promedios de las variables rendimiento en periodo vegetativo, peso de los bulbos y diámetro de los bulbos, de ocho materiales genéticos de cebolla de bulbo .....	72

Tabla 10. Análisis de varianza para rendimiento en ton/ha .....	74
Tabla 11. Materiales utilizados .....	117
Tabla 12. Tabla de materiales utilizados.....	121
Tabla 13. Esquema del diseño experimental.....	121
Tabla 14. Promedio de número de hojas por tratamiento .....	124
Tabla 15. Diferencia de medias.....	128
Tabla 16. Diferencia de las medias de cada sustrato en el experimento.....	129
Tabla 17. Diferencia de las medias de cada sustrato en el experimento.....	131
Tabla 18. Clasificación según el diámetro del bulbo .....	143
Tabla 19. Maquinaria y equipos utilizados .....	147
Tabla 20. Comportamiento del (pH) en las diversas categorías de cebolla de bulbo de los tres municipios ...	163
Tabla 21. Comportamiento de sólidos solubles totales en las diferentes categorías en cebolla de bulbo en los tres municipios evaluados.....	164
Tabla 22. Comportamiento de la acidez titulable en las diversas categorías en cebolla de bulbo en los tres municipios evaluados.....	165

Tabla 23. Calificación promedio de los defectos físicos y mecánicos existentes en la cebolla de bulbo en los tres municipios .....	167
Tabla 24. Grados de curado en cebolla de bulbo.....	175
Tabla 25. Condiciones curado de cebolla con aire forzado .....	179
Tabla 26. Equipos utilizados .....	182
Tabla 27. Variables que intervienen en el estudio.....	183
Tabla 28. Temperaturas y tiempos utilizados en la investigación.....	183
Tabla 29. Bloques de estudio.....	184
Tabla 30. Porcentajes de pérdida de peso.....	191
Tabla 31. Medias de los porcentajes de pérdida de peso	192
Tabla 32. Análisis de varianza de pérdida de peso.....	193
Tabla 33. Porcentaje de pérdida del pH de la cebolla de bulbo de secado artificial en tratamientos en temperaturas y tiempos .....	198
Tabla 34. Medias de los porcentajes de pérdida de pH .	199
Tabla 35. Análisis de la varianza para pérdida de pH ...	199
Tabla 36. Porcentaje de pérdida de acidez titulable en el secado artificial de cebolla de bulbo.....	201
Tabla 37. Medias del porcentaje de pérdida de acidez titulable en el secado artificial de cebolla de bulbo.....	202

Tabla 38. Análisis de varianza de pérdida de acidez titulable de disecado de cebolla de bulbo en tratamientos de temperatura y tiempo.....	203
Tabla 39. Porcentaje de pérdida de peso de la cebolla de bulbo en almacenamiento.....	206
Tabla 40. Medidas de pérdida de peso de cebolla de bulbo en almacenamiento luego del secado artificial .....	207
Tabla 41. Análisis de varianza de pérdida de peso en almacenamiento de cebolla de bulbo .....	208
Tabla 42. Porcentaje de pérdida de pH de cebolla del bulbo en almacenamiento luego del secado artificial ....	212
Tabla 43. Medias en porcentaje de pérdida de pH de cebolla de bulbo en almacenamiento luego del secado artificial .....	213
Tabla 44. Análisis de varianza para pérdida de pH en almacenamiento de cebolla de bulbo en tratamientos de temperatura y tiempo .....	214
Tabla 45. Porcentaje de pérdida de acidez titulable de cebolla de bulbo en almacenamiento luego del secado artificial .....	217
Tabla 46. Medias de pérdida de acidez titulable de cebolla de bulbo en almacenamiento luego de secado artificial.	218



Tabla 47. Análisis de varianza de pérdida de acidez titulable en almacenamiento de cebolla de bulbo en tratamientos de temperatura y tiempo .....	219
Tabla 48. Porcentaje de variación de la consistencia en el proceso de secado .....	222
Tabla 49. Porcentaje de variación de consistencia en almacenamiento luego del secado artificial.....	224
Tabla 50. Porcentaje de variación de sólidos solubles totales (SST) en el secado artificial de la cebolla de bulbo .....	226
Tabla 51. Porcentaje de variación de los sólidos solubles totales (SST) en almacenamiento luego del secado artificial de la cebolla de bulbo .....	227