



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

RESPUESTA DEL CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) A NIVELES DE NITRÓGENO ORGÁNICO E INORGÁNICO

HECTOR FABIAN MOLINA LÓPEZ

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

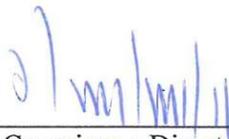
En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Hector Fabian Molina Lopez, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Victor Hugo Volke Haller, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis RESPUESTA DEL CAMOTE (Ipomoea batatas L.)

A NIVELES DE NITRÓGENO ORGÁNICO E INORGÁNICO
y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 15 de Julio de 2019



Firma del
Alumno (a)



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada **Respuesta del camote (*Ipomoea batatas* L.) A niveles de nitrógeno orgánico e inorgánico**, realizada por el alumno **Hector Fabian Molina Lopez**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EDAFOLOGIA

CONSEJO PARTICULAR

Consejero:



Dr. Victor H. Volke Haller

Asesor:



Dr. José Alberto S. Escalante Estrada

Asesor:



Dr. José Isabel Cortés Flores

Montecillo, Texcoco, México, Julio de 2019

RESPUESTA DEL CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) A NIVELES DE NITRÓGENO ORGÁNICO E INORGÁNICO

Hector Fabian Molina López, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019.

RESUMEN

El camote (*Ipomoea batatas* L.) está clasificada como el séptimo cultivo de importancia económica en el mundo, constituye una fuente importante de trabajo e ingreso en las áreas rurales y marginales, y en general contribuye a su desarrollo. En México el camote se cultiva en condiciones de riego y temporal con bajos rendimientos que debido a deficiencias en el uso de tecnologías por los productores, en cuanto a la fertilización, densidad de población, manejo de plagas y enfermedades y riego. Uno de los factores de manejo de los cultivos es la fertilización, y considerando que los productores de la región de San Blas Atempa, Oaxaca no fertilizan el cultivo de camote, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de dosis de dos fuentes nitrógeno, orgánica e inorgánica, y de la densidad de población sobre el rendimiento comercial del camote cultivado en campo abierto, en el ciclo otoño-invierno 2016-2017. Las variables evaluadas fueron rendimiento de raíces reservantes totales comerciales y no comerciales, número de raíces reservantes totales, comerciales y no comerciales de camote, peso fresco y materia seca del follaje, porcentaje de materia seca de follaje y de raíces reservantes comerciales, porcentaje de azúcar en raíces reservantes comerciales, calidad nutrimental del follaje y raíces reservantes e índice de cosecha. Los resultados indican que la densidad de población adecuada para obtener los mayores rendimientos corresponde a 20 000 plantas·ha⁻¹ para las dos fuentes de fertilización de N orgánica e inorgánica. El rendimiento de raíces reservantes comerciales fue incrementado por el N y la densidad de población, los mayores rendimientos comerciales se obtuvieron con la fuente de N orgánica, con la dosis 80 kg N·ha⁻¹.

Palabras claves: *Ipomoea batatas* L., rendimiento de raíces reservantes, rendimiento comercial, densidad de población, fertilización, nitrógeno.

RESPONSE OF SWEET POTATO (*Ipomoea batatas* L.) AT ORGANIC AND INORGANIC NITROGEN LEVELS

Hector Fabian Molina López, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2019.

ABSTRACT

Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is classified as the seventh crop of economic importance in the world, constitutes an important source of work and income in rural and marginal areas, and in general contributes to the development of growing countries. In Mexico, sweet potato is grown under irrigated and temporary conditions and the causes of low yields have to do with deficiencies in the use of technologies by producers, in terms of fertilization, population density, pest and disease management and irrigation. One of the factors of crop management is fertilization, and considering that the producers of the region of San Blas Atempa, Oaxaca do not fertilize the sweet potato crop, the objective of the present investigation was to determine the effect of two sources of nitrogen, organic and inorganic and population density on the commercial yield of sweet potatoes cultivated in open field, under conditions of the autumn-winter cycle 2016. The variables evaluated were yield of total commercial and non-commercial reserve roots, number of total, commercial and non-commercial sweetpotato reserved roots, fresh weight and dry matter of the foliage, percentage of dry matter of foliage and commercial reserve roots, percentage of sugar in commercial reserve roots, nutritional quality of the foliage and reserve roots and crop index. The results indicate that the adequate population density to obtain the highest yields corresponds to 20 000 plants · ha⁻¹ for the two sources of organic and inorganic N fertilization. The yield of commercial reserve roots was increased by N and population density, the highest commercial yields were obtained with the source of organic N, with the dose 80 kg N · ha⁻¹.

Index words: *Ipomoea batatas* L., yield of storage roots, commercial yield, plant density, fertilization, nitrogen.

AGRADECIMIENTOS

A todos los campesinos de México por su incansable labor y compromiso en la producción de nuestros alimentos, en especial a los campesinos de San Blas Atempa, por su dedicación esfuerzo y ejemplo del trabajo más noble: la agricultura.

A todos los mexicanos que a través de sus contribuciones hacen de la educación gratuita y de calidad una realidad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante la realización de la Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, por brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas y campos, y por la enseñanza y aprendizaje.

Al Dr. Antonio Trinidad Santos †, por creer siempre en mí, la motivación, enseñanzas, y por brindarme su apoyo cuando más lo requería, por confiar en mí y en esta investigación, por la amistad brindada, siempre agradecido.

A los integrantes de mi consejo particular, al Dr. Víctor Volke Haller, Dr José S. Escalante Estrada, y Dr. José Isabel Cortés Flores.

En especial al Dr. Víctor H. Volke Haller, mi más profunda gratitud y reconocimiento, por su enseñanza, dirección, dedicación, orientación entrega, experiencia y liderazgo.

A la Dra. Vinisa Saynes Santillán, por su toda la confianza y apoyo.

A mis padres Héctor Molina López y Lilia López Reyes, por su amor, apoyo incondicional y consejos, por siempre agradecido.

A la familia Cornejo Chávez, quienes gracias a su buen corazón fue posible concluir este proyecto.

A mi padre, Héctor Molina López por el apoyo y por ser una muestra de un productor ejemplar de camote.

A los productores de camote de “Rancho el llano” por el apoyo en esta investigación.

A Cuauhtémoc, Erendida y Mariana por brindarme su amistad.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Origen y distribución.....	4
2.2 Producción de camote	5
2.2.1 Producción de camote en el mundo.....	5
2.2.2 Importancia socio-económica.....	7
2.2.3 Importancia nutricional del camote	8
2.2.4 Producción de camote en México.	9
2.2.5 Importancia regional del camote	10
2.2.5 Caracterización agrícola y productividad regional.....	11
2.3 Formación de raíces tuberosas en cultivo de camote	12
2.4 Factores que influyen en el desarrollo y rendimiento.	14
2.4.1 Condiciones climáticas y edáficas.....	14
2.4.2 Fecha de siembra y densidad de población	15
2.5 Niveles de fertilización.....	16
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	18
3.1 Objetivo general	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
3.3 Hipótesis.....	18
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
4.1 Área de estudio.....	19
4.2 Material vegetal.....	20
4.3 Caracterización del suelo	20
4.4 Tratamientos y diseño experimental	21
4.4.1 Fuente de N orgánico	22
4.4.2 Fuente de N inorgánico	22
4.5 Conducción del experimento.....	23

4.5.1 Fecha de siembra.....	23
4.5.2 Preparación del terreno.....	23
4.5.3 Manejo agronómico.....	23
4.5.4 Riego	23
4.5.5 Cosecha	24
4.6 Variables evaluadas.....	24
4.6.1 Rendimiento de raíces reservantes totales comerciales y no comerciales.....	24
4.6.2 Número de raíces reservantes totales, comerciales y no comerciales.	26
4.6.3 Porcentaje materia seca de raíces reservantes comerciales	26
4.6.4 Contenido de azúcar en raíces reservantes comerciales	26
4.6.5 Peso fresco y materia seca del follaje.....	27
4.6.6 Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de follaje y raíz reservante.	27
4.6.7 Índice de cosecha	27
4.7 Análisis estadístico.....	28
4.8 Análisis económico	29
5. RESULTADOS	31
5.1 Precipitación y temperatura durante el ciclo de cultivo	31
5.2. Rendimiento de raíces reservantes total	32
5.3 Rendimiento de raíces reservantes comerciales y no comerciales de camote.....	35
5.4 Rendimiento de raíces reservantes de primera calidad	37
5.5 Rendimiento de raíces reservantes de segunda calidad.....	38
5.6 Componentes de rendimiento y sus variables	40
5.6.1 Componentes del rendimiento.....	40
5.6.2 Número de raíces reservantes comerciales (NRC).....	41
5.6.3 Peso de raíz reservantes de primera calidad (PRPC).....	43
5.7 Dinámica de las variables de crecimiento de la planta de camote.	45
5.7.1 Peso de follaje fresco (PFF)	48
5.7.2 Peso del follaje seco (PFS).....	49
5.7.3 Contenido de materia seca en el follaje (CMSF).....	50
5.7.4 Peso seco raíces reservantes (PSRR).....	51
5.7.5 Contenido de materia seca en raíces reservantes (CMSR).....	52
5.7.6 Acumulación de materia seca en follaje (AMSF)	53
5.8 Análisis bromatológico de la parte aérea y raíz reservante de camote.....	56
5.9 Análisis económico	56

6. DISCUSIÓN.....	59
7. CONCLUSIONES	69
8. LITERATURA CITADA.....	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Países y regiones productoras de camote.....	6
Cuadro 2. Composición química en 100g de camote fresco	9
Cuadro 3. Principales cultivos bajo riego en el municipio de San Blas Atempa, Oaxaca.	12
Cuadro 4. Condiciones físicas y químicas del suelo, ideales para el cultivo de camote.	15
Cuadro 5. Propiedades del suelo del sitio experimental	20
Cuadro 6. Diseño y concentración de los tratamientos	21
Cuadro 7. Contenido nutrimental del estiércol de bovino.	22
Cuadro 8. Clasificación comercial y no comercial de camote para el mercado regional de San Blas Atempa, Oax.	25
Cuadro 9. Rendimientos de raíces reservantes estimados en respuesta a las fuentes de N, dosis de N y densidad de población.....	33
Cuadro 10. Rendimiento de raíces reservantes total, de raíces reservantes comerciales y no comerciales estimados en respuesta a la fuente de N, dosis de N y densidad de población.....	36
Cuadro 11. Modelos de regresión de los componentes del rendimiento de raíces reservantes comercial del camotee, en función de la fuente y dosis de N y densidad de población.....	41
Cuadro 12. Componentes de rendimiento (número de raíces reservantes comerciales, peso de raíces de primera calidad y peso de raíces de segunda calidad) estimados en respuesta a la fuente de N, dosis de N y densidad de población.....	42
Cuadro 13. Modelos de regresión de peso fresco follaje (PFF), peso seco de follaje (PSF), contenido de materia seca de follaje (CMSF), peso seco raíz reservante (PSR), contenido de materia seca de raíz reservante (CMSRR), acumulación materia seca del follaje (AMSF) en función a la fuente de N, dosis de N y densidad de población.....	45
Cuadro 14. Respuesta de peso fresco del follaje (PFF), peso seco del follaje (PSF), contenido de materia seca del follaje (CMSF), peso seco de raíces reservantes (PSRR), contenido de materia seca de raíces reservantes, (CMSRR), acumulación materia seca del follaje (AMSF), e índice de cosecha (IC), en función de las fuentes y dosis de N y densidad de población (D), para una densidad de población de 12 000 y 20 000 plantas·ha ⁻¹	47
Cuadro 15. Análisis bromatológico de raíz reservante y follaje de camote de dos fuentes de fertilización.	56

Cuadro 16. Análisis económico para el rendimiento comercial de camote en función a la respuesta estimada a N y densidad de población de la fuente de N orgánica.....57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Países productores y producción mundial de camote en el mundo, producción del 2000 al 2016.....	6
Figura 2. Producción mundial del camote de 1993 a 2013	7
Figura 3. Producción de camote en México del año 2000 a 2014. Fuente: SIACON-SIAP, 2016.	10
Figura 4. Rendimiento del camote en México. Fuente: SIACON-SIAP, 2016.....	10
Figura 5. Localización geográfica de la región del istmo de Tehuantepec y el municipio de San Blas Atempa. Fuente: INEGI, 2017.....	11
Figura 6. Localización del experimento, San Blas Atempa, Oax.....	19
Figura 7. Tipos de suelo y ubicación del sitio de estudio.....	20
Figura 8. Temperaturas máxima y mínima y precipitación decenal durante el ciclo de cultivo del camote. San Blas Atempa, Oax. Ciclo Otoño-Invierno (2017).....	31
Figura 9. Rendimiento de raíces reservantes en función de las fuentes y dosis de N, a 20 000 plantas·ha ⁻¹	34
Figura 10. Rendimiento de raíces reservantes en función de las fuentes y dosis de N , y la densidad de población.....	34
Figura 11. Rendimiento de raíces reservantes comerciales en función de la fuente de nitrógeno, y la densidad de población.	37
Figura 12. Rendimiento de raíces reservantes comerciales de primera calidad en función de las fuentes y dosis de N.....	38
Figura 13. Rendimiento de raíces reservantes comerciales de segunda calidad en función de las fuentes y dosis de N.....	39
Figura 14. Número de raíces reservantes comerciales en función de las fuentes y dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	43
Figura 15. Peso de raíces reservantes de segunda calidad en función de las fuentes y dosis de dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas· ha ⁻¹	45
Figura 16. Respuesta en el peso de follaje fresco a la fuente de N, dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	48
Figura 17. Respuesta en el peso de follaje seco en respuesta a fuentes y dosis de N con una densidad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	49
Figura 18. Respuesta en el contenido de materia seca en el follaje a fuentes de N, dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	50

Figura 19. Respuesta del peso seco raíces reservantes a fuentes de N, dosis de N, con una densdad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	51
Figura 20. Respuesta en el contenido de materia seca de raíces reservantes a fuentes de N, dosis de N, con una densdad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	52
Figura 21. Respuesta del AMSR a fuentes de N, dosis de N y días después del trasplante(ddt) con una densdad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	53
Figura 22. Respuesta en el índice de cosecha a fuentes de N y dosis de N con una densidad de población de 20 000 plantas·ha ⁻¹	54
Figura 23. Respuesta en la concentración de azúcares en función de la fuente de N, dosis de N y densidad de población.	55

1. INTRODUCCIÓN

Las raíces y tubérculos, entre ellos el camote, juegan un papel importante en el sistema global de alimentación. Contribuyen a los requerimientos nutricionales de más de dos mil millones de personas y lo seguirán haciendo dentro de las décadas siguientes. En los países en vías de desarrollo son producidos y consumidos por poblaciones de escasos recursos con inseguridad alimentaria. El camote constituye una fuente importante de trabajo e ingreso en las áreas rurales, a menudo marginadas y en general contribuye a su desarrollo (Zhang *et al.*, 2000).

El camote (*Ipomoea batatas* L.) está clasificado como el séptimo cultivo de importancia económica en el mundo después del trigo, el maíz, el arroz, la papa, la cebada y la yuca (Kays, 2004). China es el primer productor, con más de 121 millones de toneladas anuales (el 92 % de la producción global total), y un rendimiento de 17 t·ha⁻¹ (FAOSTAT, 2016).

El rendimiento promedio mundial de camote se estima en 15 t·ha⁻¹; sin embargo, en países en vías de desarrollo, principalmente en África y Centroamérica, donde factores que limitan el crecimiento y rendimiento como deficiencias de nutrientes en el suelo, y la limitada disponibilidad a tecnologías de producción, los rendimientos son menores de 5 t·ha⁻¹ (CIP, 2009).

El camote es una especie de gran importancia cultural en México, ya que es un cultivo que ha acompañado a las culturas a lo largo de su historia y les ha brindado sustento, a pesar que el país no figura a nivel internacional entre los principales productores (Linares *et al.*, 2008).

En México se siembran variedades de pulpa blanca, amarilla, naranja, rojiza o púrpura en los ciclos agrícolas de primavera- verano y otoño-invierno, en prácticamente todos los estados de la república.

El rendimiento medio nacional fue de 17.5 t·ha⁻¹, y los estados con mayor rendimiento son Chihuahua (30.8 t·ha⁻¹), Yucatán (30.0 t·ha⁻¹), Guanajuato (25.5 t·ha⁻¹), Michoacán (24.2 t·ha⁻¹) y Jalisco (23.8 t·ha⁻¹), (SIAP, 2016).

El bajo rendimiento medio nacional indica que, si bien hay estados con rendimiento elevado, en la mayor parte de la superficie sembrada se obtienen rendimientos bajo.

El camote se siembra en condiciones de riego y temporal y las causas de los bajos rendimientos están relacionadas con deficiencias en el uso de tecnologías por los productores, en cuanto a la fertilización, densidad de población, manejo de plagas y enfermedades y riego.

Desde el punto de vista de nutrición, el camote es un cultivo rústico y de bajo costo de producción; sin embargo, hay diferencias entre variedades en su respuesta a los niveles de nutrientes minerales en el suelo (Terry, 1992).

En la actualidad el camote ofrece grandes ventajas y perspectivas a nivel mundial en la alimentación humana y ganadera. El follaje contiene carbohidratos, proteínas y celulosa, mientras que las raíces poseen altos índices de calcio, fósforo, carbohidratos y vitamina A, entre otros elementos (Guízar *et al.*, 2008).

De los factores que afectan la producción del cultivo, uno de gran importancia es la nutrición, en cuanto a fuentes de fertilizantes, oportunidad y cantidades aplicadas.

El manejo nutrimental del camote depende de la variedad en relación con el rendimiento y requerimientos nutrimentales, de la eficiencia de la fertilización que tiene que ver con el método de cultivo, ya sea en suelo o sustrato. Los requerimientos nutrimentales, están relacionados con la demanda por la planta, lo que a su vez dependerá de la producción de materia seca y la concentración nutrimental.

Como en todos los cultivos, la fertilización en el camote debe ser controlada de acuerdo a la demanda de la planta. Conocer su demanda permite mantener un nivel óptimo de la concentración de los nutrimentos esenciales durante el ciclo del cultivo. Por tanto, es necesario conocer el efecto de los nutrimentos sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de las plantas en cada etapa fenológica y manejarlos en cada condición particular.

La presente investigación tiene el objetivo de determinar el efecto del nitrógeno de dos fuentes, orgánica e inorgánica, sobre el crecimiento y rendimiento del camote cultivado en campo abierto en la localidad de Rancho El Llano, San Blas Atempa, Oax. Los resultados del estudio servirán

para establecer una fórmula de fertilización óptima que permita incrementar los rendimientos del camote, potencializando su capacidad de adaptación climática, respuesta eficaz en suelos marginales, adaptabilidad y reproducción vegetativa, en la región del istmo de Tehuantepec Oaxaca.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución

El género *Ipomoea* de la familia *Convolvulaceae* tiene alrededor de 600 especies distribuidas en los trópicos y subtropicos de todo el mundo. El camote (*Ipomoea batatas* L.) es una de las ocho especies del género batatas nativas que abarca desde México hasta el centro de Sudamérica. Presenta raíces engrosadas comestibles por lo que ha sido muy apreciado desde la antigüedad. Existen varias teorías sobre el área geográfica de su domesticación; algunos investigadores defienden el origen mesoamericano y otros el polinesio (Linares *et al.*, 2008). Austin (1988), propone que surgió en el área geográfica ubicada entre Yucatán y la desembocadura del río Orinoco, que es donde se distribuye *I. trifida*, planta silvestre que se ha emparentado con *I. batatas*; esta región geográfica está cercana a la actual área de mayor diversidad de camotes, en Perú.

Estudios de diversidad genética en regiones tropicales de América realizados por Kriegner *et al.* (2003) mostró un patrón geográfico, revelando la mayor diversidad genética en América Central y menor diversidad en Perú y Ecuador, y considerando la riqueza de especies silvestres *Ipomoea* que se encuentran en la región, proveen fuerte evidencia que América Central debe ser el centro de origen del camote. Estos resultados fueron confirmados posteriormente con el análisis de la diversidad genética utilizando microsatélites (Zhang *et al.*, 2000), que apoyan la hipótesis de que Centroamérica es el centro primario de diversidad del camote y la región sudamericana debería considerarse un centro secundario. Asimismo, el camote cuenta con centros secundarios de diversidad genética (áreas geográficas donde el cultivo evolucionó separadamente de sus ancestros), como la región comprendida entre Perú y Ecuador (Zhang *et al.*, 1998); Papua Nueva Guinea, Indonesia y Filipinas (Carey *et al.*, 1992).

Lo cierto es que este es el único cultivo de los trópicos americanos que se conocía fuera del continente, antes de la llegada de Cristóbal Colón (Rodríguez *et al.*, 2003).

El camote fue una de las primeras plantas introducidas a Europa después de los viajes de Colón en 1492. De Europa los exploradores portugueses en el siglo XVI expandieron este cultivo al África, India, Sureste de Asia y las Indias Orientales, para luego alcanzar Nueva Guinea, las islas del

Pacífico Oeste, China y Japón (Rajendran, 1990). La hipótesis "Kumara" cree que hubo una línea de transmisión del camote a la Polinesia, cruzando el Pacífico de isla en isla por medios naturales o por navegantes indígenas americanos mucho tiempo antes a la época de la exploración europea (Loebenstein, 2009). Fósiles carbonizados de las raíces reservantes de camote en el norte de Nueva Zelanda, a los cuales se les atribuye aproximadamente mil años de antigüedad (Yen, 1991), apoyarían la teoría de la transferencia prehistórica. Estudios de diversidad genética del germoplasma de Oceanía, Filipinas, México, Perú y Ecuador, evidenciaron una amplia diversidad genética en Oceanía, mayormente relacionada con México, pero no con el germoplasma de Perú-Ecuador, lo que sugeriría que el camote proveniente de Oceanía probablemente deriva de Mesoamérica a través de una dispersión no humana (Zhang *et al.*, 2000).

Parece que los navegantes españoles llevaron el camote a Filipinas y a las Molucas, desde donde los portugueses la llevarían a la India, China y Japón. En América se cultiva desde la época precolombina, debido a su naturaleza rústica, amplia adaptabilidad, y a las cualidades agronómicas de este cultivo, hacen que sea muy tolerante a las condiciones climáticas, necesita poco requerimiento nutritivo para su crecimiento y presenta un ciclo vegetativo corto, lo cual ha propiciado su extensión, especialmente en países en vía de desarrollo y zonas tropicales (FAO, 2003).

2.2 Producción de camote

2.2.1 Producción de camote en el mundo.

El camote se cultiva en una amplia gama de entornos entre las latitudes 40 ° N y 40 ° S del ecuador, y entre el nivel del mar y 2300 m de altitud. Se cultiva ampliamente en los trópicos y zonas templadas cálidas del mundo (Figura 1). De la superficie total de cultivo del camote, el 86.8 % de la superficie se encuentra en Asia, África produce el 10.4 % y solo el 2.2 % se cultiva en el continente americano, China por sí sola representa el 80% de la producción mundial con cifras superiores a los 120 millones de t (Cuadro 1). (FAOSTAT, 2016).

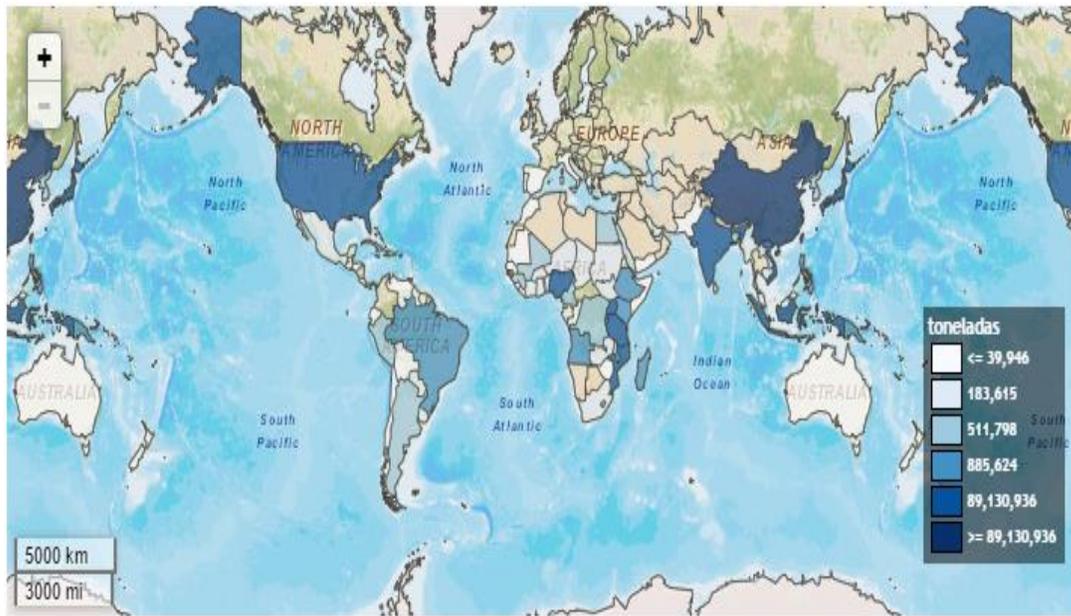


Figura 1. Países productores y producción mundial de camote en el mundo, producción del 2000 al 2016.

Cuadro 1. Países y regiones productoras de camote.

País	Producción (millones t·año ⁻¹)
China	120.0
Sureste asiático	13.0
África	6.0
Oceanía	6.0
América	2.9
EUA	0.7
Japón	1.5
Nueva Zelanda	0.6
México	0.05

Fuente: FAO (2009); SIAP (2012).

La producción mundial de camote ha tenido una caída, el año 1996 y 1999 se produjeron más de 140 millones de toneladas, y actualmente se tiene una producción que apenas rebasa los 100 millones de toneladas (Figura 2). En la mayoría de los países en desarrollo, los rendimientos del camote han variado desde la década de 1960 (Horton *et al.*, 1989) y muchos países han registrado reducciones del rendimiento en los últimos años (FAO, 2016). La excepción a esta tendencia es China, donde los rendimientos del camote se han duplicado desde 1965, en gran parte debido a la

alta prioridad que se da a los fertilizantes en el desarrollo agrícola en China (Borlaug y Dowswell, 1994). A pesar de que el camote se cultiva en zonas con precipitación relativamente alta, no puede soportar la acumulación de agua, y por lo general se cultiva en las crestas o montículos de cama de siembra; tiene buena tolerancia a la sequía. Un rendimiento promedio es 20 t de peso fresco por hectárea; sin embargo, equivale a 6 t de materia seca en cuatro o cinco meses. (Byju, 2005).

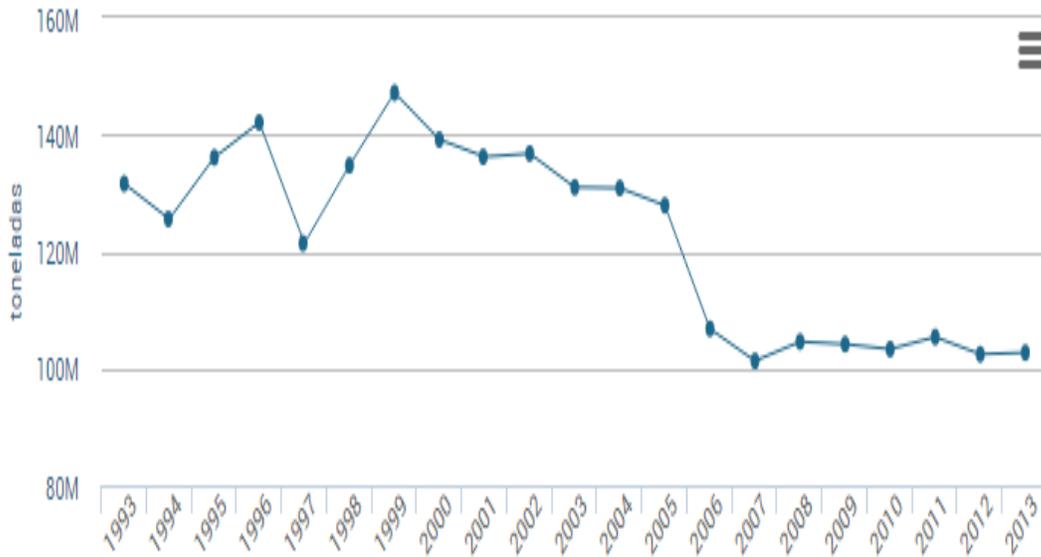


Figura 2. Producción mundial del camote de 1993 a 2013.

2.2.2 Importancia socio-económica.

El camote (*Ipomoea batatas* L.) juega un papel importante en el sistema global de la alimentación, contribuyendo a los requerimientos nutricionales de más de dos mil millones de personas. El camote es un producto de primera necesidad principalmente en países en vías de desarrollo (Zhang *et al.*, 2000), donde es producido y consumido por los más pobres, también por agricultores con mayor inseguridad alimentaria. El camote es un cultivo que constituye una fuente importante de trabajo e ingresos en las áreas rurales (FAO, 1970) considerado como un cultivo de subsistencia en muchos países (Vilaró, 2011). Las raíces tuberosas por su bajo costo y agradable sabor, son un buen aporte al déficit nutritivo que demandan las familias de bajos ingresos.

El camote tiene una importancia en la industria debido a que la raíz reservante se presta para su procesamiento industrial en la obtención de subproductos que son utilizados en la industria alimentaria. Se obtienen básicamente harina y almidón para la elaboración de dulces, así como en pastelería, industria de embutidos, etc. Así mismo, el almidón se ha incorporado en estudios de panificación.

En la industria, China, Canadá y Colombia han incluido al camote en sus planes de producción de bio-etanol, alcohol de 96°, plástico biodegradable, en la alimentación se utiliza para la producción de licores, harina, almidón y elaboración de dulces, alimento para el ganado ovino y porcino (Larnaudie, 2013).

2.2.3 Importancia nutricional del camote

El valor nutritivo del camote es mayor en comparación con el de la papa, además de ser una fuente valiosa de fibra, antioxidante y rica en vitaminas y minerales. Su uso como alimento-medicamento está indicado contra la deficiencia de vitamina A, reconocida por los síntomas de atraso en el crecimiento infantil, la piel áspera, la ceguera nocturna y la úlcera de córnea que puede provocar la pérdida total de la visión. Existen diversos cultivares de camote entre los que destacan las de raíces tuberosas de pulpa de color blanco, amarillo, naranja y morado, con aportes importantes de provitamina A, ácido ascórbico, antioxidantes y, moderadas cantidades de proteínas (Sangrois *et al.*, 2006).

En el Cuadro 2 se muestra que las raíces tuberosas proporcionan de 110 a 116 calorías y de 1.2 a 1.7 g de proteína por cada 100 g (Fonseca *et al.*, 2002). Además, también se emplea el follaje como fuente de forraje fresco para la actividad ganadera asentada en las zonas marginales de los países en vías de desarrollo (Fonseca *et al.*, 2002).

Hay muchas variedades de camote, de piel naranja, morada y blanca con igual número y combinaciones de color de la pulpa interna (Lardizábal, 2003).

Cuadro 2. Composición química en 100g de camote fresco.

Energía y nutrientes	Camote anaranjado	Camote blanco	Camote morado	Harina de camote
Energía (cal)	116	119	110	353
Proteína (g)	1.2	1.7	1.4	2.1
Grasas (g)	0.2	0.1	0.3	0.9
Carbohidratos (g)	27.6	28.3	25.7	84.3
Fibra (g)	1	0.9	0.9	1.8
Calcio (Mg)	41	26	36	153
Fosforo (Mg)	31	35	40	99
Hierro (Mg)	0.8	2.5	1.4	5.7
Tiamina (Mg)	0.1	0.14	0.08	0.17
Retinol (Eq)	605	9	11	1542
Riboflavina (Mg)	0.05	0.04	0.05	0.17
Niacina (Mg)	0.63	0.70	0.82	1.67
Ac. Ascórbico (Mg)	10.0	12.9	13.6	7.9

Fuente: Montaldo, 1991.

2.2.4 Producción de camote en México.

México produjo 61 098 t de camote en 2015, en 2 908 ha, siendo los estados con mayor producción Guanajuato (27 328 t) y Michoacán (10 756 t) (Figura 3).

En la Figura 4 se muestra que el rendimiento medio nacional fue de 17.5 t·ha⁻¹, y los estados con mayor rendimiento son Chihuahua (30.8 t·ha⁻¹), Yucatán (30.0 t·ha⁻¹), Guanajuato (25.5 t·ha⁻¹), Michoacán (24.2 t·ha⁻¹) y Jalisco (23.8 t·ha⁻¹). (SIAP, 2016).

El bajo rendimiento medio nacional indica que, si bien hay estados con rendimiento elevado, en la mayor parte de la superficie sembrada se obtienen rendimientos bajo.

El camote se siembra en condiciones de riego y temporal y las causas de los bajos rendimientos están relacionadas con deficiencias en el uso de tecnologías por los productores, en cuanto a la fertilización, densidad de población, manejo de plagas y enfermedades y riego. (SIAP, 2016).



Figura 3. Producción de camote en México del año 2000 a 2014. Fuente: SIACON-SIAP, 2016.



Figura 4. Rendimiento del camote en México. Fuente: SIACON-SIAP, 2016.

2.2.5 Importancia regional del camote

La región de San Blas Atempa Oaxaca, comunidad indígena Zapoteca, se localiza al sureste de la capital del estado y forma parte de la región de El Istmo en el distrito de Tehuantepec. En las coordenadas 16° 19' 35 latitud norte y 95° 13'32 longitud oeste, a una altitud de 40 msnm (Figura

5). El municipio cuenta con una población de 15,886 habitantes, la tenencia de la tierra se rige por tierras de uso comunal.

La superficie cultivada es de 84 ha y el valor de la producción asciende a \$2 144 000. El camote es un cultivo de importancia económica, social y alimenticia, y forma parte de la gastronomía local utilizado principalmente en la elaboración de dulces durante las fiestas de la comunidad, además representa uno de los cultivos que más aporta ingresos a las familias campesinas, que tradicionalmente siembran maíz para autoconsumo.

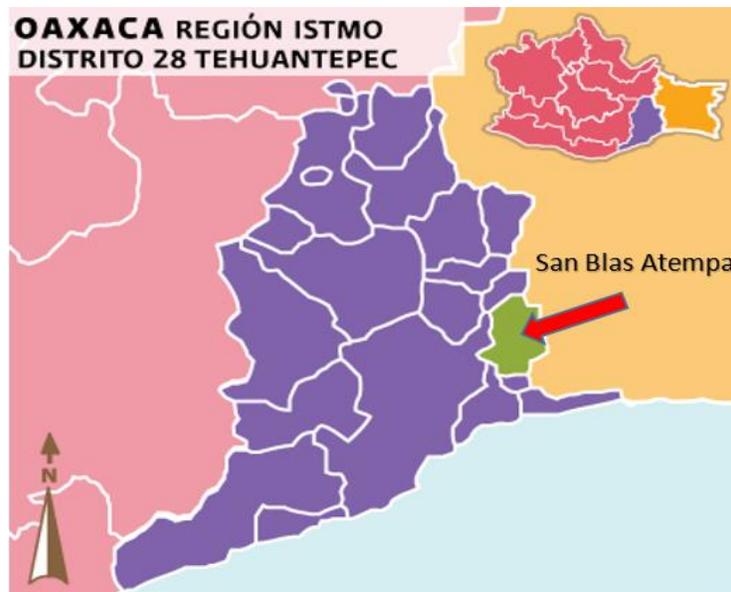


Figura 5. Localización geográfica de la región del istmo de Tehuantepec y el municipio de San Blas Atempa. Fuente: INEGI, 2017.

2.2.5 Caracterización agrícola y productividad regional.

De acuerdo con el SIAP (2018), el municipio de San Blas Atempa registra una superficie agrícola sembrada de 5,682 ha de las cuales 3 163 ha son de riego (Cuadro 3). Los principales cultivos son maíz, sorgo, camote y coco. El cultivo del camote se establece principalmente en el ciclo otoño-invierno bajo condiciones de riego.

Cuadro 3. Principales cultivos bajo riego en el municipio de San Blas Atempa, Oaxaca.

Cultivo	Sup. Sem. (Ha)	Sup. Cos. (Ha)	Prod. (t)	Rend. (t·ha ⁻¹)	PMR (\$·t ⁻¹)	VP (Miles de Pesos)
Maíz grano	2500	2500	1200	2	2 800	11 760
Sorgo grano	200	200	600	3	1 400	840
Camote	84	84	772	9	2 781	2 146
Ajonjolí	7	7	5	1	12 000	60
Coco fruta	310	310	3000	10	1 600	4 800
Flores	9	9	30	3	5 056	152
Limón	26	26	250	10	1 000	250
Melón	2	2	30	15	1 500 00	45
Jitomate	15	15	110	7	8500	935
Total	3163	3163				20988

Sup. Sem.=Superficie sembrada, Sup. Cos.= Superficie Cosechada, Prod.=Producción, Rend.=Rendimiento, PMR= Precio Medio Rural , VP= Valor de la producción. Fuente: SIAP, 2018.

A pesar de que el camote es un cultivo tradicional muy antiguo y valioso cultivado en muchos pueblos indígenas del estado de Oaxaca, SIAP (2018) reporta al municipio de San Blas Atempa como el único municipio productor de este cultivo en todo el estado.

2.3 Formación de raíces tuberosas en cultivo de camote

Las plantas de camote varían en el número de raíces tuberosas que producen (Villordon *et al.*, 2013), que determina el rendimiento del camote (Firon *et al.*, 2013). El camote es propagado a través de esquejes vegetativos, los cuales producen raíces adventicias que dan origen a las raíces tuberosas (Firon *et al.*, 2013). Los esquejes de camote producen raíces adventicias y algunas de estas raíces sufren cambios en su patrón de crecimiento y de desarrollo para generar raíces tuberosas (Belehu *et al.*, 2004). Las raíces adventicias se originan a partir de primordios de raíz situados en los nudos, así como en los extremos del corte (Belehu *et al.*, 2004). Estas raíces llegan a ser raíces fibrosas y muestran un crecimiento secundario regular y lignificación de la estela, o de raíces tuberosas, y a nivel histológico muestran proliferación de células del cambium que forman células parenquimatosas que acumulan almidón (Villordon *et al.*, 2009). La formación de raíces tuberosas es el resultado de un proceso de engrosamiento que involucra una serie de eventos anatómicos y fisiológicos desde el desarrollo inicial de la raíz (Marín y Suni, 2000). Dependiendo del número de raíces fibrosas inducidas para formar raíces tuberosas, las plantas de camote

originan de cuatro a ocho raíces tuberosas o menos, no obstante, pueden reducirse a uno más grande por planta, compensando las raíces ausentes (Villordon *et al.*, 2009).

Durante la formación de raíces tuberosas, ocurre una reducción del flujo de carbono en la biosíntesis de fenilpropanoides y, un incremento en el flujo de carbono para la biosíntesis del almidón en los principales eventos involucrados en la iniciación de raíces tuberosas (Villordon *et al.*, 2009).

Alrededor de los 20 días del establecimiento, las futuras raíces del camote alcanzan 1.2 mm de diámetro, con presencia del cambium vascular entre los elementos del xilema y el inicio de la proliferación de las células del periciclo (Marín y Suni, 2000). La actividad meristemática en el parénquima medular, forma el cambium secundario, determinando la expansión de la estela. El desarrollo posterior de la raíz tuberosa se logra por la actividad combinada de cambium vascular y nuevas zonas cambiales diferenciadas en la médula, que producen tejido vascular pero principalmente parénquima de reserva (Marín y Suni, 2000). Las raíces fibrosas se originan de las raíces gruesas y delgadas cuando la lignificación inicial de la estela impide su engrosamiento. Las diferencias entre las raíces fibrosas y las raíces tuberosas radican principalmente en el desarrollo de su estela, completamente lignificada en raíces tuberosas y, con cierto desarrollo del parénquima medular en raíces tuberosas, lo cual determina las diferencias en el grosor de estas raíces (Marín y Suni, 2000).

Las raíces tuberosas contienen de 50 a 79 % de almidón y 4 a 5 % de azúcares en material seco, o de 7 % a 28 % de almidón en base del material fresco. La producción total y la eficiencia de la distribución de la materia seca hacia las raíces tuberosas determinan el rendimiento del camote. El aumento del peso seco total, así como el peso seco de las raíces tuberosas sigue un modelo sigmoide simple (Oswald *et al.*, 1994). Basado en la distribución de la materia seca, el camote generalmente exhibe tres fases de crecimiento: La fase inicial, domina el crecimiento de la parte aérea, con una gran proporción de la materia seca dirigida hacia los ápices; la segunda fase, de constante partición de la materia seca entre la parte aérea y el crecimiento de las raíces tuberosas; y la fase final, una mayor proporción de la materia seca es particionada hacia las raíces tuberosas (Oswald *et al.* 1994).

2.4 Factores que influyen en el desarrollo y rendimiento.

El camote es uno de los cultivos que puede dar altos rendimientos energéticos por unidad de área, ya que toda su biomasa puede ser utilizada como alimento, y a la vez requiere pocos insumos y atenciones. Su tolerancia a las limitaciones de agua y fertilización, permiten que se le cultive aún en condiciones semiáridas. Frecuentemente se producen rendimientos aceptables de camote con el fertilizante residual remanente de un cultivo previo (Maffioli, 1986).

Así mismo, Spence y Humphries (1972) observaron que el proceso fotosintético del camote depende principalmente de condiciones externas, tales como radiación solar y temperatura. El camote crece bien bajo condiciones de alta temperatura, alta intensidad lumínica y lluvia abundante asociada a un buen drenaje durante el período de desarrollo, pero lo beneficia el clima moderadamente seco durante la formación y desarrollo de sus raíces. Con temperaturas bajas la tasa respiratoria decrece, reduciéndose entonces la disponibilidad de energía necesaria para los procesos de absorción de nutrimentos, producción y distribución de asimilados. No obstante, ante el aumento de temperatura en suelo favorecen la producción de materia seca.

De acuerdo con Hahn (1977), citado por Maffioli (1986), menciona que el camote se desarrolla bien en suelos arenosos o francos bien drenados. En condiciones de excesiva humedad producen menos raíces tuberosas y materia seca total por unidad de área foliar. Los suelos arcillosos promueven el desarrollo de tallos y hojas, pero la producción de raíces tuberosas es pobre y de mal aspecto. En suelos secos compactados, el grado de lignificación es alto, produciéndose entonces raíces jóvenes muy fibrosas. La deficiencia de oxígeno en el suelo durante los estados iniciales de crecimiento incrementa el grado de lignificación de las células de la estela y suprimen la actividad del cambium primario, de manera que las raíces jóvenes se desarrollan como raíces fibrosas.

La falta de oxígeno y exceso de humedad en el suelo tienen un efecto adverso sobre la producción, elongación y llenado de las raíces. Las condiciones externas que favorecen un rendimiento alto son aquellas que promueven la absorción de nutrimentos y mejoran la interceptación de luz, incrementándose la actividad fotosintética neta y el llenado de las raíces.

2.4.1 Condiciones climáticas y edáficas.

El cultivo prefiere suelos con textura gruesa, de pH entre 5.5-6.5, no soportando suelos ácidos ni suelos alcalinos, que reducen significativamente su capacidad productiva. Los suelos pesados o mal aireados, reducen la producción de raíces reservantes (Corral *et al.*, 2013) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Condiciones físicas y químicas del suelo, ideales para el cultivo de camote.

Características	Valores	Interpretación
Textura		Arenoso, limo-arenosa, areno-arcillosa
Materia orgánica (%)	4.5	Alta
Humedad de saturación (%)	44	Media
Reacción del suelo (pH)	6.2	Ácido
Fosforo asimilable (mg·kg ⁻¹)	6	Bajo
Potasio asimilable (mg·kg ⁻¹)	230	Alto
Sales solubles (CE x 10 mmhos)	0.34	No salino

Fuente: Corral *et al.*, 2013.

El camote es una planta tropical y no soporta bajas temperaturas. Las condiciones idóneas para su cultivo son una temperatura media durante el periodo de crecimiento superior a los 21 °C, entre 20 °C y 30 °C, un ambiente húmedo (80-85% de humedad relativa) y buena luminosidad. La temperatura mínima de crecimiento es 12 °C y es tolerante a altas temperaturas. Tolera los fuertes vientos debido a su porte rastrero y a la flexibilidad de sus tallos, adaptándose a suelos con distintas características físicas (Montaldo, 1991).

El camote es considerado como una planta de día corto, es decir, para florecer necesita que la duración de los días sea menor a un máximo crítico: por encima de este punto crítico, la planta no florece. Como existe una gran diversidad genética dentro de esta misma especie, puede existir genotipos que respondan a diferentes fotoperíodos (Salisbury y Ross, 2003; Taiz & Zeiger, 2010).

2.4.2 Fecha de siembra y densidad de población

Según la zona de cultivo, pueden variar las épocas de siembra, pero en general se realiza durante los meses de abril y junio en los climas templados, aunque en los climas más cálidos puede

escogerse cualquier época, siempre durante la estación seca, aportando riegos abundantes (Rodríguez, 1984).

Hernández (2006) planteó que la época de siembra tiene una gran influencia en el tamaño y la masa media de las raíces tuberosas resulta una respuesta fisiológica a las temperaturas más bajas. La distancia entre surcos es normalmente de 95 cm. La separación de las plantas dentro del surcos oscila entre 30 y 40 cm, lo que supone una densidad que varía entre 35 000 a 26 300 plantas por hectárea respectivamente.

La distancia entre plantas variará en función del vigor y de la precocidad del clon a cultivar. A distancias mayores se obtienen raíces tuberosas de mayor tamaño (León- Velarde, 2003).

2.5 Niveles de fertilización

Los macronutrientes y micronutrientes esenciales que las plantas requieren para crecer y desarrollar deben estar en concentraciones adecuadas para lograr una nutrición balanceada, de lo contrario, el crecimiento y el rendimiento pueden reducirse significativamente (Benton-Jones *et al.*, 1991; Furlani, 2003).

Los cultivos que producen tubérculos y raíces requieren menos nitrógeno y más potasio. El potasio juega un rol importante en la formación, crecimiento y desarrollo de raíces tuberosas (Rodríguez *et al.*, 2012) y tubérculos (Rodríguez *et al.*, 2001); la deficiencia de potasio provoca un desarrollo pobre de raíces tuberosas en el camote. En tubérculos como la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), la falta de potasio induce un pobre desarrollo de las raíces y estolones (Rodríguez *et al.*, 2001). Con respecto al fósforo, este nutriente es esencial porque es constituyente de muchos compuestos orgánicos que son muy importantes para el metabolismo, floración y formación de raíces, principalmente para el desarrollo de raíces laterales y tuberosas. Se ha observado que a mayores niveles de fertilización de fósforo en el suelo, las plantas de camote no incrementan la producción de follaje (Kareem, 2013).

Sobre niveles de fertilización en el cultivo de camote no se tiene nada definido. El camote es un cultivo rústico, poco exigente en nutrientes; se conoce que cantidades bajas o excesivas de

nitrógeno pueden ser perjudiciales, afectando negativamente su potencial de rendimiento (Smith y Villordon, 2009). No se requieren altos niveles de nitrógeno para iniciar la formación de raíces tuberosas, proceso que inicia a partir de los 13 días después del trasplante. La mayor absorción de nitrógeno para la formación de raíces tuberosas en camote ocurre entre los 23 y 40 días después del trasplante (Smith y Villordon, 2009).

Para obtener altos rendimientos de raíces tuberosas, la dosis de fertilización aplicada vía sistema de riego por goteo fluctúa entre 140 a 200 kg·ha⁻¹ de N, de 56 a 112 kg·ha⁻¹ de P₂O₅ (el cual se aplica antes del trasplante) y, de 225 a 280 kg·ha⁻¹ de K₂O (Stoddard *et al.*, 2013).

Los rendimientos de los cultivos aumentan linealmente con la cantidad de nutrientes que absorben (Taiz y Zeiger, 2010). Para un rendimiento de 30 t·ha⁻¹, el cultivo de camote extrae 188 kg de N, 98 kg de P₂O₅, 304 kg de K₂O y 7-20 kg de Mg (Bonilla, 2009); mientras que para un rendimiento de 40 kg·ha⁻¹, el cultivo de camote extrae 68-124 kg de N, 136-163 kg de P₂O₅, 204-305 kg de K₂O, 181 kg de Ca, 65 kg de Mg y 49 kg de S (Lardizábal, 2003).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la dosis de dos fuentes de nitrógeno, orgánica e inorgánica, en el crecimiento y rendimiento del camote cultivado en campo abierto en la localidad de Rancho El Llano, San Blas Atempa, Oax.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de dos fuentes de fertilización nitrogenada, orgánica e inorgánica en el crecimiento y rendimiento del camote.
- Evaluar el efecto de las dosis de nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de raíces reservantes del camote.
- Determinar la dosis óptima económica de nitrógeno en el rendimiento total del cultivo del camote

3.3 Hipótesis

- Las fuentes de fertilización nitrogenada orgánica e inorgánica difieren en el crecimiento y rendimiento del camote.
- La dosis óptima de fertilización nitrogenada para rendimiento de raíces reservantes del camote es mayor que cero.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio.

El experimento se llevó a cabo en una parcela representativa ubicada en la comunidad “Rancho El Llano”, en el municipio de San Blas Atempa, Oaxaca (Figura 6), cuyas coordenadas geográficas son 16° 24' 11" N y 95°08' 28" O, a una altitud de 21 m según el modelo de elevación digital de INEGI (2019), en el ciclo otoño-invierno de 2017.

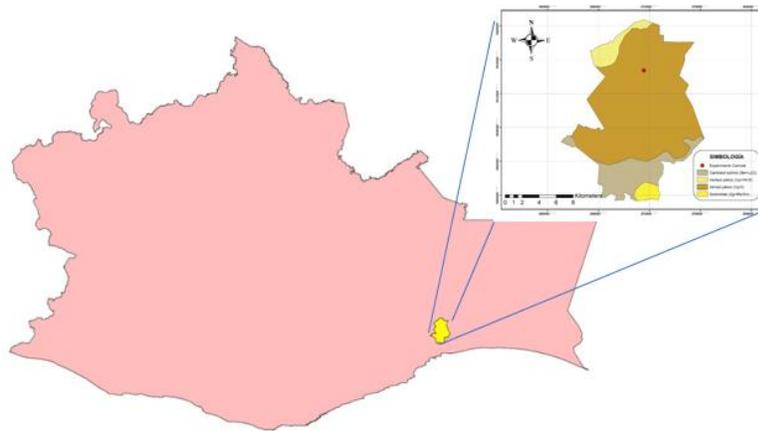


Figura 6. Localización del experimento, San Blas Atempa, Oax.

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Climática de Köppen, modificado por García (1981), el sitio de estudio presenta un clima cálido $A_{wi}(w)i'g$, intermedio en grado de humedad entre el más seco de los cálidos subhúmedos, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 % de la anual, con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 5 y 7 °C. La zona es isotérmica siendo mayo el mes más caliente, con una temperatura media anual de 28.5 °C, y precipitación pluvial de 885 mm según datos de las estaciones meteorológicas proporcionados por CONAGUA (2018).

En la Figura 7 se detalla los tipos de suelo de la región, en la parcela experimental el tipo de suelo predominante es de textura arcillosa, poco permeables clasificados como Vertisol (INEGI, 2018).

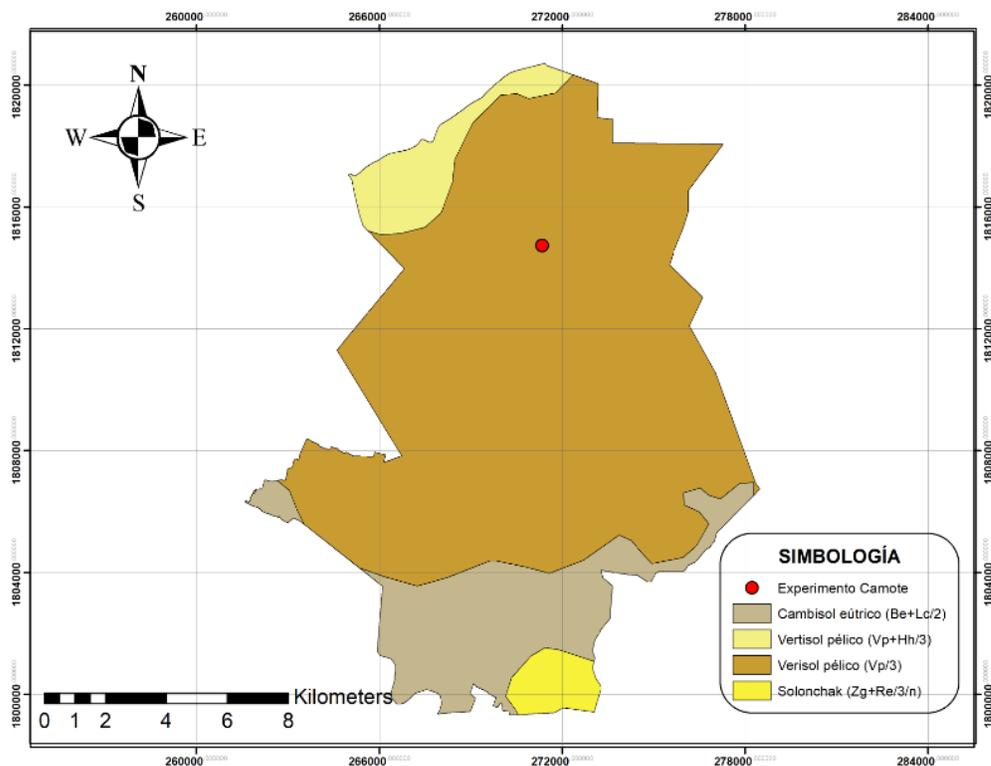


Figura 7. Tipos de suelo y ubicación del sitio de estudio.

4.2 Material vegetal

El material vegetal con el que se trabajó, fueron esquejes uniformes de la planta de camote de 30 cm de longitud, con cuatro a cinco yemas axilares cada una, provenientes de una variedad nativa local llamada “*gu'naxhi*” obtenida en la misma comunidad.

4.3 Caracterización del suelo

Las características del suelo del sitio experimental se obtuvieron de una muestra compuesta de 10 submuestras, para una profundidad de 0 a 20 cm, en el Cuadro 5 se presentan los valores medios de las propiedades del suelo observadas en el sitio experimental.

Cuadro 5. Propiedades del suelo del sitio experimental

pH	Nitrógeno total	N-NH ₄	N-NO ₃	Fósforo	Calcio	Magnesio	Potasio	Hierro
----	-----------------	-------------------	-------------------	---------	--------	----------	---------	--------

8.5	%		mg·kg ⁻¹					
	0.04	7.9	5.8	3.01	7475	1087	213	8.59
Cobre	Zinc	Manganeso	Arena	Arcilla	Limo	Clasificación textural		
mg·kg ⁻¹			%					
0.94	0.53	6.42	28	50	22	Franco arcillosa		

4.4 Tratamientos y diseño experimental

Los factores estudiados fueron:

1. Dos fuentes de fertilización N, P y K: orgánica e inorgánica. La fuente orgánica fue de estiércol bovino, y la fuente inorgánica fue nitrato de amonio (21 % N), fosfato diamónico (18 % N, 46 % P₂O₅) y sulfato de potasio (51% K₂O).
2. Cinco dosis de N: 0, 40, 80, 120 y 160 kg·ha⁻¹, conjuntamente con:
 - a) Para la fuente orgánica; cinco niveles de P y K, esto es, de P: 0, 14.3, 28.6, 43.0 y 57.3 kg P₂O₅·ha⁻¹ y de K: 0, 35.3, 70.6, 106.0 y 141.3 kg K₂O·ha⁻¹, respectivamente.
 - b) Para la fuente inorgánica tanto para P y K: un nivel cero para dosis cero de N, y un nivel de 60 kg P₂O₅·ha⁻¹ constante para las demás dosis de N.

En el Cuadro 6 se presenta la lista de tratamientos de la fuente orgánica e inorgánica y de P y K.

Cuadro 6. Diseño y concentración de los tratamientos.

Fuente	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)
	kg·ha ⁻¹		
Orgánica	0.0	0.0	0.0
	40.0	14.3	35.3
	80.0	28.6	70.6
	120.0	43.0	106.0
	160.0	57.3	141.3
Inorgánica	0.0	0.0	0.0
	40.0	60.0	150.0
	80.0	60.0	150.0
	120.0	60.0	150.0
	160.0	60.0	150.0

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, las unidades experimentales consistieron en parcelas de 5 m de largo por 4.8 m de ancho, con cuatro surcos a 1.2 m de separación, originando una superficie de 24 m². Como parcela útil se consideró la superficie de dos surcos centrales. La densidad de población fue de 27 700 plantas·ha⁻¹.

4.4.1 Fuente de N orgánico

Se empleó estiércol seco de bovinos, proveniente de una pequeña unidad de producción ubicada en la comunidad, cuyo contenido nutrimental se presenta en el Cuadro 7. El estiércol se fraccionó en dos aplicaciones: el primero, al momento de la siembra en el que se aplicó el 50% y el segundo, a los 30 días después del trasplante cuando se aplicó el 50 % restante la dosis, la forma de aplicación fue en banda incorporando el abono con el suelo de manera manual.

Cuadro 7. Contenido nutrimental del estiércol de bovino.

N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Humedad
%					mg·kg ⁻¹				%
1.2	0.43	1.06	23.56	0.51	486	6441	20	110	4.1

4.4.2 Fuente de N inorgánico

Como fuentes de fertilizantes se usaron sulfato de amonio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 21 \% \text{ N}]$, fosfato diamónico $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4, 18 \% \text{ N y } 46 \% \text{ P}_2\text{O}_5]$ y sulfato de potasio $[\text{K}_2\text{SO}_4, 51 \% \text{ K}_2\text{O}]$. Se aplicó en el momento de la siembra la mitad del N, todo el P y K, y a los 25 después del trasplante resto del N en banda e incorporando manualmente al suelo.

4.5 Conducción del experimento

4.5.1 Fecha de siembra

El establecimiento del experimento se realizó el día 2 de noviembre de 2016, usando una densidad de siembra de 27 700 plantas·ha⁻¹ en una distribución de 16.66 plantas por hilera, con una separación de 30 cm entre planta y 1.2 m nitrogenada entre cama de siembra.

4.5.2 Preparación del terreno

La preparación del suelo en la parcela consistió en un paso de barbecho dos meses antes, dos pasos de rastra 30 días antes del trasplante y el segundo paso de rastra a los 15 días, y posteriormente se realizaron dos surcados a siete días del establecimiento.

Cinco días antes del trasplante de los esquejes se llevó a cabo un riego pesado a punto de saturación del suelo con riego rodado.

La parcela experimental tenía una rotación anual de cultivos de maíz-camote, con maíz cultivado en primavera-verano y el camote en otoño-invierno.

4.5.3 Manejo agronómico

El manejo agronómico del cultivo fue igual como lo han trabajado tradicionalmente los agricultores de la comunidad, la única diferencia fue la aplicación de cinco niveles de fertilización basada en dos fuentes: orgánica y la fertilización inorgánica.

4.5.4 Riego

El cultivo fue establecido en el ciclo otoño-invierno, bajo un régimen de riego por gravedad. El primer riego fue al momento del trasplante, y se proporcionó siete riegos de auxilio con periodo de cada 15 días.

4.5.5 Cosecha

Los parámetros para determinar la fecha de cosecha son el ciclo vegetativo, disminución en la intensidad del color oscuro del follaje y el agrietamiento de la tierra alrededor de las plantas. Algunos productores toman en cuenta la floración, pero cuando se tiene días largos, el periodo se incrementa (Pérez, 2014).

La cosecha se realizó a los 115 días después del trasplante (ddt), con base a los indicadores de cosecha. Para la extracción de las raíces reservantes se procedió a remover el suelo alrededor de las plantas utilizando el arado de tracción animal, posteriormente se desenterraron y extrajeron los camotes de manera manual, en cada una de las unidades experimentales.

4.6 Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron:

- Rendimiento de raíces reservantes totales comerciales y no comerciales.
- Número de raíces reservantes totales, comerciales y no comerciales de camote.
- Peso fresco y materia seca del follaje.
- Porcentaje de materia seca de follaje y de raíces reservantes comerciales.
- Porcentaje de azúcar en raíces reservantes comerciales.
- Calidad nutrimental (análisis bromatológico) del follaje y raíces reservantes.
- Índice de cosecha.

4.6.1 Rendimiento de raíces reservantes totales comerciales y no comerciales.

Se determinó el rendimiento de raíces reservantes comercial y no comercial con base a una escala de clasificación elaborada con la colaboración de los productores (Cuadro 8).

Las raíces comerciales son todas aquellas raíces reservantes que son aceptadas por las exigencias de los mercados locales y estatales, se clasifican en tres calidades:

Primera calidad: Raíces reservantes de mayor tamaño, con un peso mayor a 200 g, textura y consistencia uniformes, sin daños mecánicos por cuarteaduras ni insectos, se procura que la periderma o piel este intacta sin raspaduras. Son las más apreciadas y su principal destino son comerciantes minoristas que provienen de otros estados.

Segunda calidad: Son todas aquellas raíces reservantes con un tamaño entre 50 y 200 g y algunas raíces de mayor tamaño pero que presentan daños mecánicos, con texturas y consistencia uniformes, su principal destino son los mercados locales.

No comercial: Raíces reservantes que no se pueden comercializar debido a que son muy pequeños con un peso inferior a 50 g, o camotes dañados por plagas y enfermedades, no se cosechan, pocos productores lo aprovechan como alimento para el ganado menor.

Cuadro 8. Clasificación comercial y no comercial de camote para el mercado regional de San Blas Atempa, Oax.

Categoría	Calidad	Peso (g)/ raíz	Observaciones
Comercial	Primera	200-800	Piel limpia con poco daño mecánico. Consistencia firme sin cuarteaduras o daño por plagas y enfermedades. Color de pulpa amarillo intenso y uniforme
	Segunda	50 - 200	Piel limpia con poco daño mecánico. Consistencia firme sin cuarteaduras o daño por plagas y enfermedades. Color de pulpa amarillo intenso y uniforme
No comercial	No comercial	< 50	Muy pequeños, presentan daños por cuarteaduras o plagas y enfermedades, daño mecánico durante la cosecha

Fuente: elaboración propia con base en muestreos en proceso de empaque.

El rendimiento de raíces reservantes totales se determinó mediante la suma del rendimiento de raíces reservantes comerciales y no comerciales.

4.6.2 Número de raíces reservantes totales, comerciales y no comerciales.

Durante la cosecha se registró el número de raíces reservantes comerciales y no comerciales, se cuantificó el número de raíces reservantes comerciales de primera calidad con un peso (200-800 g) y segunda calidad con peso entre 50 y 200 g, y raíces reservantes no comerciales con pesos menores de 50 g con severos daños; con base en la escala elaborada anteriormente; el número de raíces reservantes totales se determinó mediante la suma del número de raíces reservantes comercial y no comercial.

4.6.3 Porcentaje materia seca de raíces reservantes comerciales

Se tomó una muestra de 2 kg de raíces reservantes comerciales por cada unidad experimental, cada camote se seccionó en rodajas delgadas de 5 mm de espesor, hasta obtener una muestra de 1000 g.

Cada muestra se colocó en bolsas de papel Kraft número 1; posteriormente fueron colocadas para el secado en una estufa de aire forzado marca Felisa®, modelo, FE-243, a una temperatura de 80°C durante 48 h; salidas las muestras de la estufa se determinó el peso seco de cada muestra con una balanza analítica digital marca Sartorius 1205 MP®, modelo AS-120, c.

El contenido de materia seca (CMS) se determinó por la siguiente relación propuesta por Fonseca (1972):

$$\text{CMS} = (\text{peso seco (kg)} / \text{peso fresco (kg)})$$

4.6.4 Contenido de azúcar en raíces reservantes comerciales

Se determinó mediante el método del refractómetro por la NORMA MEXICANA NMX-F-436-SCFI-2011, de la siguiente manera:

- Tomar 5 g de muestra de tres raíces reservantes frescas comerciales seccionadas en partes iguales.

- Colocar la muestra en un recipiente (crisol) y presionar con una espátula para exprimir todo el jugo sobre el vaso de precipitados
- Calibrar el refractómetro con agua destilada, por ser conocido su índice de refracción (1.33).
- Extender la muestra entre los prismas perfectamente secas y leer el índice de refracción en °Brix.
- Realizar tres repeticiones con otras dos muestras para mayor seguridad y obtener un promedio del contenido de azúcar.

4.6.5 Peso fresco y materia seca del follaje

Se llevaron a cabo cuatro muestreos de peso fresco del follaje a través del ciclo productivo, a 60, 90, 105 y 115 días después del trasplante, cuya frecuencia estuvo determinada por los estados fenológicos del cultivo. La unidad de muestreo fue un marco de 0.25 m², el cual se colocó sobre el suelo de la parcela útil de cada una de las UE; se cortó el follaje contenido en el marco y posteriormente pesó, posteriormente se colocaron en bolsas de papel del número 14, y se prosiguió con el secado en estufa de aire forzado marca Felisa®, modelo, FE-243, a una temperatura de 80°C durante 48 h; salidas las muestras de la estufa se tomó el peso seco de cada muestra con una balanza analítica digital marca Sartorius 1205 MP®, modelo AS-120,c.

4.6.6 Calidad nutrimental (análisis bromatológico) de follaje y raíz reservante.

Para evaluar la calidad nutrimental de follaje y de las raíces reservantes (minerales, carbohidratos solubles, proteínas, grasas y fibra cruda, todas en porcentaje), las muestras tomadas se secaron y trituraron en un molino eléctrico (Modelo Kb 5/10®, Alemania) con criba de 50 um.

Posteriormente, el análisis bromatológico se realizó en los laboratorios de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Chapingo.

4.6.7 Índice de cosecha

Las muestras de hojas y raíces tuberosas fueron secadas a 80°C con ventilación forzada por dos y cinco días respectivamente.

El índice de cosecha (IC), que indica la proporción de materia seca acumulada en la raíz en relación con la materia seca total, se determinó con la ecuación:

$$IC = PSRR / (PSF + PSRR)$$

Donde:

IC = Índice de cosecha, PSRR = peso seco de raíces reservantes comerciales, PSF = peso seco del follaje.

4.7 Análisis estadístico

Para cada variable de rendimiento se estimó un modelo de regresión en función de fuente de N y dosis de N, a la vez que debido a que a la cosecha se observó variaciones en la densidad de población por la pérdida de plantas, por lo tal se consideró este factor en el modelo de regresión como variable.

El factor fuente de N, orgánica e inorgánica, se incluyó como variable auxiliar, donde: para fuente orgánica, F=0, y para fuente inorgánica F=1, y dosis de N.

Para estimar el modelo de regresión se utilizó el método descrito por Volke (2008) que consiste en:

- 1) Graficar la relación entre la variable de respuesta y los factores en estudio, que en este caso fueron: fuentes de fertilización (F), niveles de nitrógeno (N), y densidad de plantas (D), con el objetivo de observar la forma de la relación entre ellos y visualizar observaciones atípicas, que podrían estar asociadas con valores no explicados por los factores en estudio o tener su origen de error de la información empleada.
- 2) Determinar la matriz de correlaciones entre los factores, con la finalidad de observar pares de factores altamente correlacionados, con un valor de $r > 0.80$, lo que estará indicando que dos

factores tienen el mismo efecto sobre la variable respuesta, de tal modo que ambos no podrán estar presentes en un mismo modelo.

- 3) A partir de las relaciones entre las variables de respuesta y los factores, se considera él o los factores que muestran mayor efecto sobre la variable respuesta y la forma de la relación gráfica entre ellos, para especificar un modelo inicial de regresión que incluya él o los factores y sus respectivas variables según la forma de dicha relación; con este modelo se piden los valores predichos y residuos, y se grafican los residuos contra los factores tanto los incluidos como los no incluidos; en estas gráficas se observa la distribución de los puntos, y si ellos muestran alguna tendencia querrá decir que: para los factores incluidos se requiere modificar el modelo de un factor en sus variables; y, para los factores no incluidos en el modelo, se requerirá incluir el factor en el modelo en sus correspondientes variables; de este modo se continua con modelos sucesivos hasta que ya no se observe más factores que puedan entrar en el modelo.
- 4) En las gráficas de residuos contra los valores predichos, se puede observar la presencia de posibles puntos aberrantes, que salen notoriamente de la zona de distribución de puntos, por lo tanto, se determina si se procede a eliminarlos con base al estadístico R-Student, con una prueba de tal nivel de probabilidad de 0.01 (Myers, 1990).
- 5) En esta forma se va construyendo un modelo que incluye variables significativas que disminuyan el cuadrado medio del error, en el cual a continuación se prueban las diversas interacciones posibles, hasta llegar al modelo final con el menor cuadrado medio de error.

4.8 Análisis económico

Para el análisis económico se consideró la maximización de la relación beneficio/costo, con base en el beneficio neto y los costos totales.

Los costos fijos por hectárea fueron definidos como el costo de cada una de las actividades que se tienen que realizar al cultivo para que a nivel comercial se lleve a cabo la producción. Las actividades fueron los costos de la siembra y fertilización, riego, fitosanidad, y cosecha, al igual que el ingreso. Se generó un cociente, en el que en el numerador estará ocupado por el rendimiento

monetario por hectárea y en el denominador se tendrá al costo. Así, el resultado dará un número índice, mayor que uno, menor que uno o igual a uno. Sí es mayor que uno, la porción en que exceda a la unidad indicará el grado de rentabilidad del cultivo

5. RESULTADOS

5.1 Precipitación y temperatura durante el ciclo de cultivo

Durante el ciclo del cultivo, las temperaturas máximas y mínimas en promedio fueron de 29.7 °C y 20.7 °C. Las temperaturas máximas más elevadas se presentaron en las primeras dos decenas después del trasplante y en las últimas dos antes de la cosecha, y las temperaturas mínimas (menor a 20 °C) se registraron durante mes de enero (Figura 8). El rango térmico para el desarrollo del cultivo es de 12-35 °C, con un óptimo entre 20-25 °C (Montaldo, 1991). Bajo estas condiciones el cultivo alcanzó su madurez fisiológica, considerando así a la temperatura del sitio como un factor no limitante, para el crecimiento y desarrollo del cultivo. Sin embargo, debido a que el cultivo fue establecido bajo un régimen de riego, la precipitación no fue un factor limitante. El número de riegos recibido por el cultivo fue de siete con una lámina de 100 mm por evento.

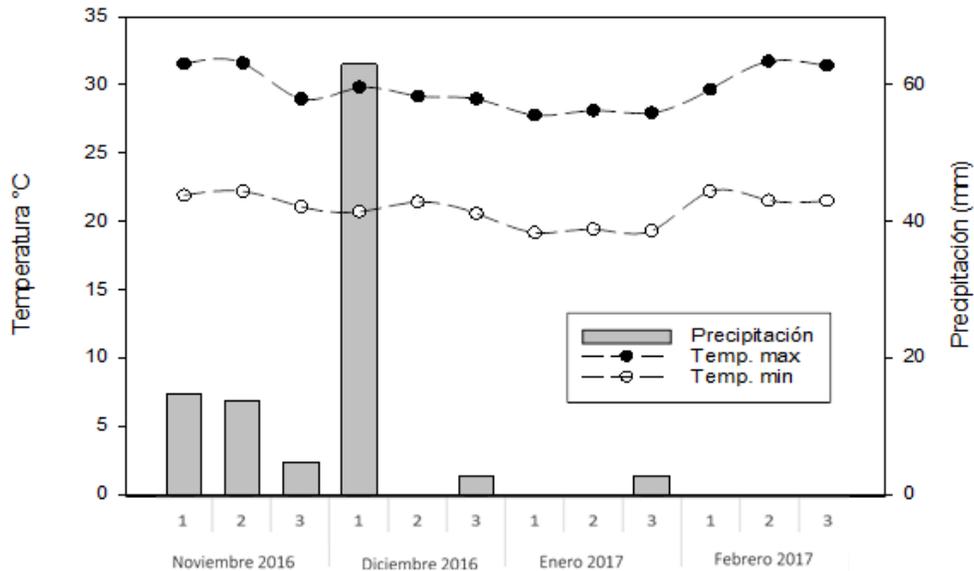


Figura 8. Temperaturas máxima y mínima y precipitación decenal durante el ciclo de cultivo del camote. San Blas Atempa, Oax. Ciclo Otoño-Invierno (2017).

5.2. Rendimiento de raíces reservantes total

El modelo de regresión para rendimiento de raíces reservantes totales en función de la fuente de fertilización nitrogenada, dosis de dosis de N y densidad de población fue el siguiente:

$$Y = -14.11160 - 1.05988 F + 0.00260 N - 0.00001137 N^2 + 0.01876 NF - 0.00011905 N^2F + 0.00283 D - 6.99459E - 8 D^2$$

$$(\text{Pr. } F = 0.0003, \text{ CME} = 1.327, \text{ CV} = 8.286 \%, \text{ R}^2 = 0.682)$$

Donde: Y = Rendimiento de raíces reservantes totales de camote en peso fresco (t ha^{-1}), F = fuente de N (orgánico = 0, inorgánico = 1), N = dosis de N ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$), D = densidad de plantas ($\text{plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$), Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, R^2 = coeficiente de determinación múltiple.

El modelo de regresión indica que el rendimiento de raíces reservantes totales fue afectado por la fuente de N, dosis de N y densidad de población.

En el Cuadro 9 se presentan los rendimientos de raíces reservantes estimados en respuesta a las fuentes de N, dosis de N y densidad de población. En las Figuras 9 y 10 se hace la representación de las respectivas respuestas, con la aclaración de que para N se consideró una densidad de población de $20\,000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$, debido a que con esta densidad se mostraron los mayores rendimientos totales para todas las dosis de N con fuente orgánica e inorgánica.

Con una densidad de población de $20\,000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$ la fuente de N orgánica dió rendimientos mayores que la fuente inorgánica a partir de $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, con valores medios para la dosis de 40, 80, 120 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, de 15.20, 15.25 y 15.26 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente, en cambio para la dosis de 160 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ el rendimiento de la fertilización inorgánica fue de 1.1 menor que el de la fertilización orgánica (Figura 9).

Cuadro 9. Rendimientos de raíces reservantes estimados en respuesta a las fuentes de N, dosis de N y densidad de población.

Dosis de N (kg·ha ⁻¹)	Densidad de población (plantas·ha ⁻¹)	Rendimiento total (t·ha ⁻¹) por fuente	
		Orgánica	Inorgánica
0	12 000	9.53	9.53
	16 000	13.14	13.14
	20 000	14.50	14.50
	24 000	13.63	13.63
40	12 000	10.22	9.72
	16 000	13.83	13.33
	20 000	15.20	14.70
	24 000	14.33	13.83
80	12 000	10.27	9.95
	16 000	13.88	13.56
	20 000	15.25	14.92
	24 000	14.37	14.05
120	12 000	10.28	9.76
	16 000	13.89	13.37
	20 000	15.26	14.74
	24 000	14.39	13.86
160	12 000	10.26	9.16
	16 000	13.87	12.76
	20 000	15.23	14.13
	24 000	14.36	13.26

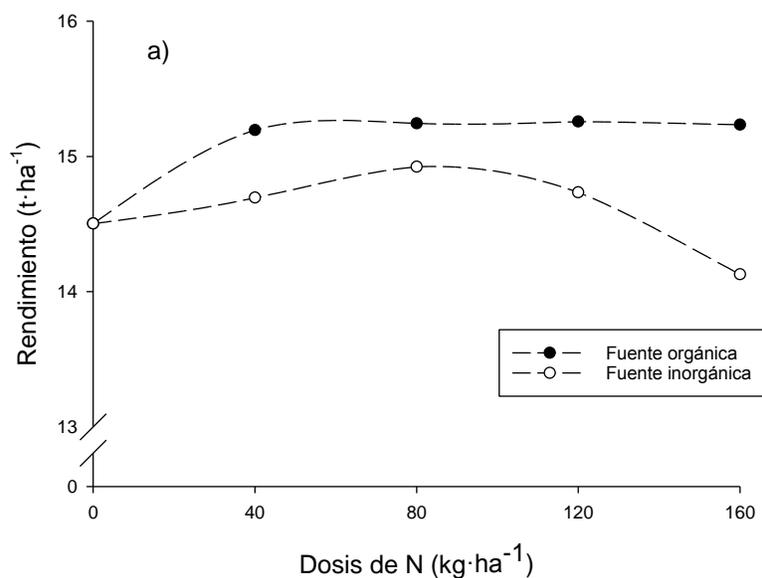


Figura 9. Rendimiento de raíces reservantes en función de las fuentes y dosis de N, a 20 000 plantas·ha⁻¹.

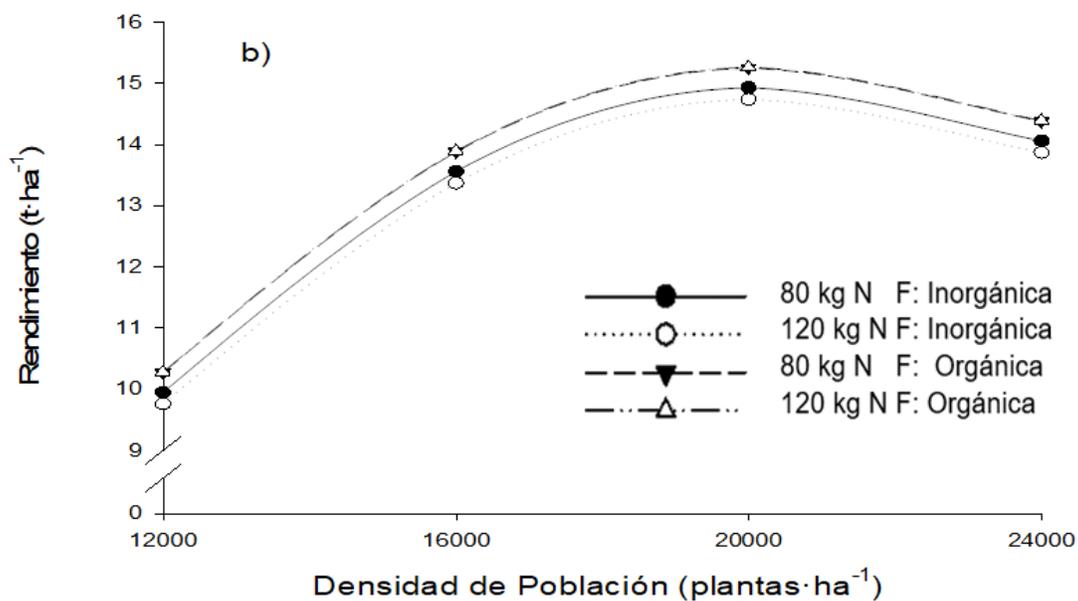


Figura 10. Rendimiento de raíces reservantes en función de las fuentes y dosis de N, y la densidad de población

La respuesta a la densidad de población sobre el rendimiento total , tanto con 80 kg N·ha⁻¹ para la fuente orgánica como con 120 kg N·ha⁻¹ para la fuente inorgánica, fue mayor a 20 000 plantas·ha⁻¹; e indica un incremento de 4.1 t ·ha⁻¹ entre 12 000 y 20 000 plantas ·ha⁻¹ (Figura 10), partiendo de esto, se aclara que en las siguientes gráficas presentadas para el resto de los variables dependientes se utilizará la densidad de 20 000 plantas·ha⁻¹ considera como óptima.

5.3 Rendimiento de raíces reservantes comerciales y no comerciales de camote.

El modelo de regresión para rendimiento de raíces reservantes comerciales en función de las fuentes de fertilización de N, y dosis de N, y la densidad de población fue el siguiente:

$$Y = - 20.35409 - 1.64929 F + 0.00921 N - 0.00005478 N^2 + 0.00474 FN - 0.00001392 FN^2 + 0.00332 D + 8.14064E-8 D^2$$

(Pr. F = <.0001, CME = 1.22, CV = 8.99 %, R² = 0.74)

Dónde: Y = Rendimiento de raíces reservantes comerciales de camote en peso fresco (t·ha⁻¹), F= Fuente de N (orgánico = 0, inorgánico =1), N = dosis de N (kg N·ha⁻¹), D = densidad de plantas (plantas·ha⁻¹), Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, R² = coeficiente de determinación múltiple.

El modelo de regresión indica que el rendimiento de raíces reservantes comerciales fu afectada por la fuente de N, dosis de N y densidad de población.

En el Cuadro 11 se presentan los rendimientos de raíces reservantes comerciales estimados en respuesta a la fuente de N, dosis de N y densidad de población, y en la Figura 11 se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

Adicionalmente en el Cuadro 11 se indica el rendimiento de raíces reservantes total, de raíces reservantes no comercial (diferencia entre el rendimiento total y comercial) el porcentaje de raíces reservantes comerciales y no comerciales.

La fuente orgánica de N presentó mayor rendimiento comercial que la fuente inorgánica, con un mayor rendimiento a partir de 80 kg N·ha⁻¹, de 13.76 a 13.55 t·ha⁻¹ con 20 000 plantas·ha⁻¹; en cambio, la fuente inorgánica prácticamente no presentó respuesta al N, con un rendimiento máximo de 12.30 a 12.72 t·ha⁻¹.

Cuadro 10. Rendimiento de raíces reservantes total, de raíces reservantes comerciales y no comerciales estimados en respuesta a la fuente de N, dosis de N y densidad de población.

		Rendimiento comercial (t·ha ⁻¹) por fuente									
Dosis de N (kg·ha ⁻¹)	Densidad de población (plantas·ha ⁻¹)	Orgánica					Inorgánica				
		TOTAL	RC	RNC	% C	% NC	TOTAL	RC	RNC	% C	% NC
0	12000	9.53	6.94	2.59	72.81	27.19	9.53	6.94	2.59	72.81	27.19
	16000	13.14	11.1	2.04	84.48	15.52	13.14	11.1	2.04	84.48	15.52
	20000	14.5	12.66	1.84	87.3	12.7	14.5	12.66	1.84	87.3	12.7
	24000	13.63	11.61	2.02	85.19	14.81	13.63	11.61	2.02	85.19	14.81
40	12000	10.22	8.04	2.18	78.71	21.29	9.72	6.58	3.14	67.74	32.26
	16000	13.83	12.21	1.62	88.26	11.74	13.33	10.75	2.58	80.62	19.38
	20000	15.2	13.76	1.44	90.55	9.45	14.7	12.30	2.4	83.7	16.3
	24000	14.33	12.72	1.61	88.74	11.26	13.83	11.26	2.57	81.39	18.61
80	12000	10.27	8.15	2.12	79.35	20.65	9.95	6.88	3.07	69.13	30.87
	16000	13.88	12.31	1.57	88.7	11.3	13.56	11.04	2.52	81.42	18.58
	20000	15.25	13.87	1.38	90.95	9.05	14.92	12.60	2.32	84.44	15.56
	24000	14.37	12.82	1.55	89.23	10.77	14.05	11.55	2.5	82.21	17.79
120	12000	10.28	8.08	2.2	78.6	21.4	9.76	7	2.76	71.7	28.3
	16000	13.89	12.24	1.65	88.14	11.86	13.37	11.16	2.21	83.47	16.53
	20000	15.26	13.8	1.46	90.43	9.57	14.74	12.72	2.02	86.28	13.72
	24000	14.39	12.75	1.64	88.62	11.38	13.86	11.67	2.19	84.2	15.8
160	12000	10.26	7.83	2.43	76.36	23.64	9.16	6.94	2.22	75.78	24.22
	16000	13.87	12	1.87	86.5	13.5	12.76	11.1	1.66	87.02	12.98
	20000	15.23	13.55	1.68	89	11	14.13	12.66	1.47	89.61	10.39
	24000	14.36	12.51	1.85	87.1	12.9	13.26	11.61	1.65	87.59	12.41

Dónde: RC = rendimiento comercial (t·ha⁻¹), RNC = rendimiento no comercial (t·ha⁻¹), %C = porcentaje de camotes comerciales respecto al rendimiento total, % NC = porcentaje de camotes no comerciales respecto al rendimiento total.

Los incrementos en los niveles de N reducen ligeramente el porcentaje de raíces reservantes no comerciales, con 0 N kg·ha⁻¹ se reporta 12.7 % de RNC, mientras que con 40, 80 y 120 N kg·ha⁻¹ el porcentaje de RNC se reduce a 9.5, 9.0 y 9.6 % respectivamente.

Mientras que, en la fuente inorgánica, la respuesta del porcentaje de RNC se incrementa ligeramente con los tratamientos 40, 80 y 120 N kg·ha⁻¹, pasando de 12.7 % con 0 N kg·ha⁻¹ a 16.30, 15.56 y 13.72 % de RNC respectivamente.

La respuesta a la densidad de población con 40 y 120 kg N·ha⁻¹, para ambas fuentes de fertilización, respectivamente, fue similar entre ellos, con un máximo con 20 000 plantas·ha⁻¹, observándose una diferencia de 1.04 t·ha⁻¹, a favor de la fuente orgánica (Figura 11).

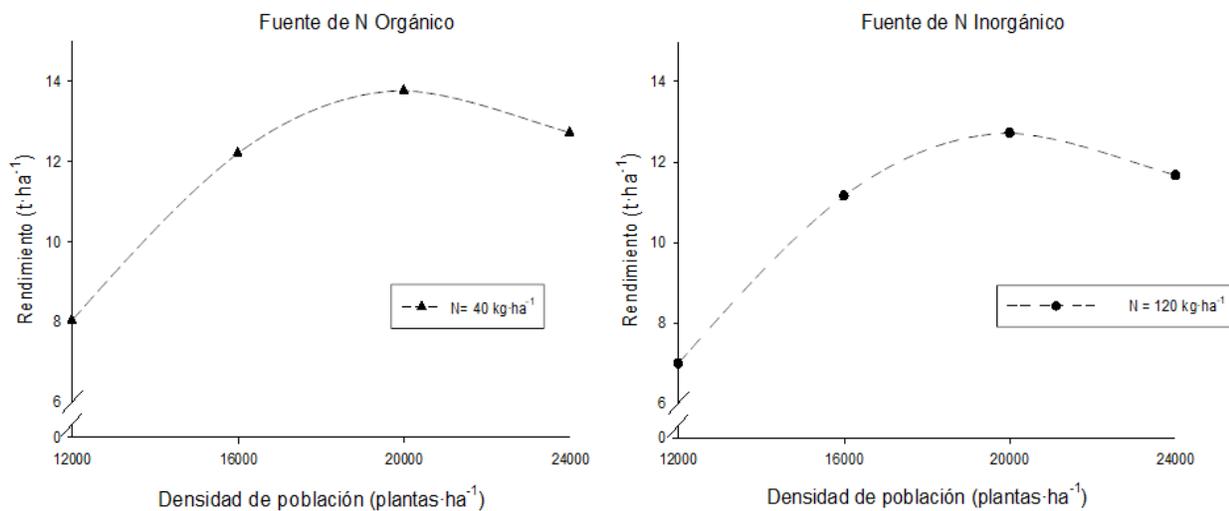


Figura 11. Rendimiento de raíces reservantes comerciales en función de la fuente de nitrógeno, y la densidad de población.

5.4 Rendimiento de raíces reservantes de primera calidad

El modelo de regresión para rendimiento de raíces reservantes comerciales de primera calidad en función de las fuentes de fertilización nitrogenada, nitrógeno y densidad de población fue el siguiente:

$$Y = -2.10041 - 1.11139(F) + 0.02248(N) - 0.365038(N^{0.5}) + 0.01660(FN^{0.5}) + 0.09141(D^{0.5})$$

(Pr. F = 0.0002, CME = 1.280, CV = 11.790 %, R² = 0.667)

Dónde: Y = Rendimiento de raíces reservantes comerciales de camote en peso fresco (t·ha⁻¹), F = Fuente de N (orgánico = 0, inorgánico = 1), N = dosis de N (kg N·ha⁻¹), D = densidad de plantas (plantas·ha⁻¹), Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, R² = coeficiente de determinación múltiple.

El modelo de regresión indica respuesta de rendimiento de raíces reservantes de primera calidad a fuente de N, dosis de N y densidad de población, y en la Figura 12, se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

La fuente orgánica de N presentó mayor rendimiento que la fuente inorgánica; sin embargo, en ambas fuentes la respuesta fue negativa hasta la dosis de 40 kg N·ha⁻¹, posteriormente esta respuesta se hace ligeramente positiva a dosis de N mayores a 40 kg N·ha⁻¹.

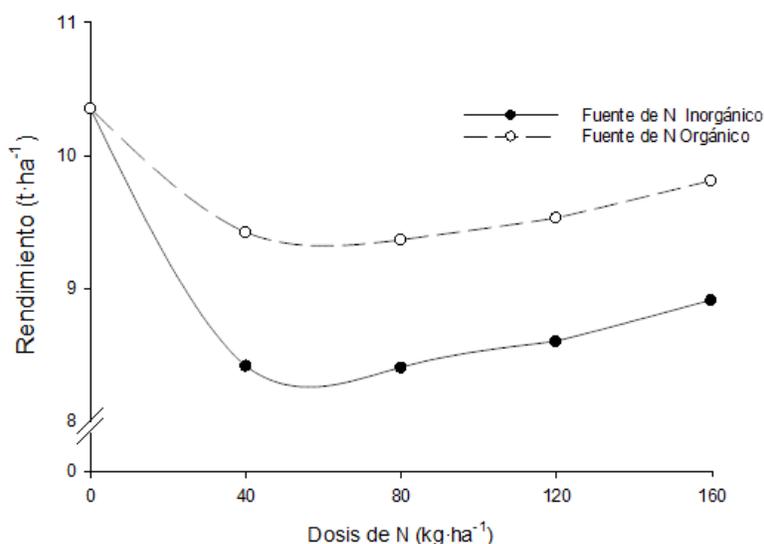


Figura 12. Rendimiento de raíces reservantes comerciales de primera calidad en función de las fuentes y dosis de N.

5.5 Rendimiento de raíces reservantes de segunda calidad

El modelo de regresión para rendimiento de raíces reservantes comerciales de segunda calidad en función de las fuentes de fertilización de N, dosis de N y densidad de población fue el siguiente:

$$Y = - 15.2564 - 0.78655 F - 0.01568 N + 0.00014854 N^2 + 0.03695 FN - 0.00026042 FN^2 + 0.00217 D - 0.002178 D^2$$

(Pr. F = 0.089, CME = 0.649, CV = 30.63 %, R² = 0.402)

Dónde: Y = rendimiento de raíces reservantes comerciales de camote en peso fresco (t·ha⁻¹), F= Fuente de N (orgánico=0, inorgánico=1), N = dosis de N (kg N·ha⁻¹), D = densidad de plantas (plantas·ha⁻¹), Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, R² = coeficiente de determinación múltiple.

El modelo de regresión indica respuesta de rendimiento de raíces reservantes de primera calidad a fuente de N, dosis de N y densidad de población, en la Figura 13, se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹. La fuente orgánica de N presentó un mayor rendimiento que la fuente inorgánica; sin embargo, en ambas fuentes la respuesta fue positiva hasta la dosis de 80 kg N·ha⁻¹, posteriormente esta respuesta se hace ligeramente negativa a partir de la dosis 120 N kg·ha⁻¹.

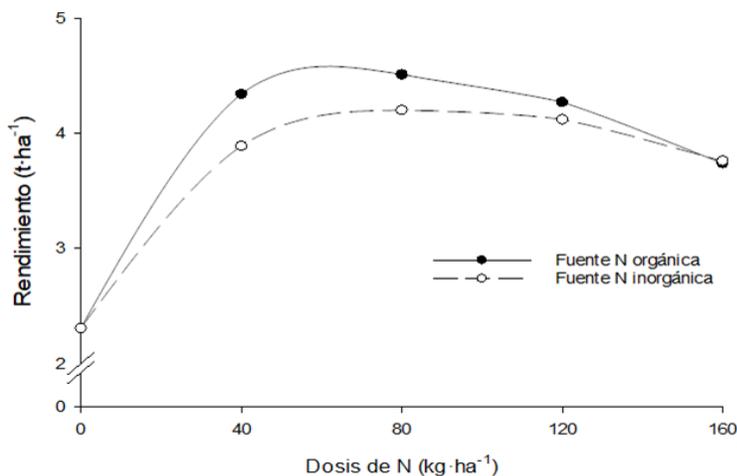


Figura 13. Rendimiento de raíces reservantes comerciales de segunda calidad en función de las fuentes y dosis de N.

Las dosis de N incidieron en el tamaño de raíces de primera y segunda calidad, de manera contraria el N favoreció la producción de un mayor número de raíces de segunda calidad en detrimento de la de primera.

5.6 Componentes de rendimiento y sus variables

5.6.1 Componentes del rendimiento

Se consideró como los principales componentes del rendimiento de raíces reservantes de camote: número de raíces comerciales·ha⁻¹ (NRC) y peso de raíces reservantes comerciales de primera calidad (PIPC) y segunda calidad (PISC).

De los componentes de rendimiento, el peso de raíz reservantes comercializable representa la fracción que genera los ingresos para el productor al ser vendida en el mercado.

En la localidad existen dos principales ventanas de comercialización para el productor; los pequeños mercados tradicionales que representa el 20 % de las ventas al menudeo y la venta a mayoreo con particulares que representa el 80 % de las ventas.

Sin embargo, los productores no aprovechan el camote no comercializable, cual podría significar un ingreso adicional si se comercializara como fuente para alimento animal (Peters *et al.* 2002, Jusuf y Peters 2005) o bien, en el aprovechamiento integral a largo plazo para uso industrial (obtención de harina y otros derivados) (Fonseca *et al.* 1993).

En el Cuadro 12 se presenta los modelos de regresión de los componentes del rendimiento de raíz reservante comercial del camote, en función de la fuente y dosis de N y densidad de población.

Cuadro 11. Modelos de regresión de los componentes del rendimiento de raíces reservantes comercial del camotee, en función de la fuente y dosis de N y densidad de población.

Modelo de regresión ^z	Pr. F	CME	CV%	R ²
NRC = -47944 -13712 F -305.10103 N + 0.89692 N ² +148.60162 FN -0.56715 FN ² + 14.56588 D - 0.00037748 D ²	0.045	142068213	16.745	0.445
PRPC = 8764.82516+13.36085 F + 0.16865 N -0.00243 N ² + 3.73436 N ^{0.5} - 3.66623 FN +14.76880 FN ^{0.5} +0.01743 FN ² + 1.00689 D -175.64389 D ^{0.5} -0.00000957 D ²	0.0145	679.669	10.635	0.538
PRSC = -558.00963-12.48872 F -0.69518 N+ 3.40421 N ^{0.5} + 0.00361 N ² + 3.32214 FN -0.01329 FN ² -15.60389 FN ^{0.5} -0.03483 D +9.44776 D ^{0.5}	0.008	389.195	19.330	0.653

^z NRC = número de raíces reservantes comerciales·ha⁻¹, PRPC = peso de raíces reservantes de primera calidad, PRSC= peso de raíces reservantes de segunda calidad, F= fuente de N (orgánico=0, inorgánico =1), N = dosis de N (kg·ha⁻¹), D= densidad de plantas (plantas·ha⁻¹). Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, R² = coeficiente de determinación múltiple.

5.6.2 Número de raíces reservantes comerciales (NRC)

El modelo de regresión indica respuesta del número de raíces reservantes comerciales en fuentes de N, dosis de N y densidad de plantas.

En el Cuadro 13 se presenta el número de raíces reservantes comerciales estimados en respuesta a la fuente de N, dosis de N y densidad de población, y en la Figura 13 se hace la representación gráfica para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹. Adicionalmente en el Cuadro 14 se indica peso de raíces reservantes de primera y segunda calidad en respuesta a la fuente de N, dosis de N y densidad de población.

La fuente orgánica de N presentó mayor NRC que la fuente inorgánica; sin embargo, en ambas fuentes la respuesta fue negativa a dosis de N, la disminución de NRC fue ligeramente mayor en la fuente inorgánica, pasando de 8 5525.6 raíces reservantes·ha⁻¹ con 0 kg N·ha⁻¹, a 6 2071 raíces reservantes·ha⁻¹ con 160 kg N·ha⁻¹.

Para la densidad de población como es lógico suponer, el número de NRC es mayor con 20 000 plantas·ha⁻¹ presentando 8 525 raíces comerciales con 0 kg N·ha⁻¹, y 65 633 raíces comerciales con 0 kg N·ha⁻¹ para a densidad de población de 12 000 plantas·ha⁻¹.

Cuadro 12. Componentes de rendimiento (número de raíces reservantes comerciales, peso de raíces de primera calidad y peso de raíces de segunda calidad) estimados en respuesta a la fuente de N, dosis de N y densidad de población.

Fuente de N	Dosis de N (kg N ha ⁻¹),	D (plantas·ha ⁻¹)	NRC	PRPC (g)	PRSC(g)
Orgánico	0	12000	65633.44	235.28	52.74
	40	12000	61720.47	255.08	58.48
	80	12000	53821.65	259.94	56.92
	120	12000	48792.96	254.75	64.83
	160	12000	46634.43	240.61	83.23
	0	20000	85525.60	241.51	75.26
	40	20000	81612.63	261.30	81.00
	80	20000	73713.81	266.17	79.44
	120	20000	68685.12	260.98	87.36
	160	20000	66526.59	246.84	105.75
Inorgánico	0	12000	65633.44	235.28	52.74
	40	12000	53045.10	243.08	58.92
	80	12000	48368.02	223.65	85.58
	120	12000	44746.20	240.94	88.69
	160	12000	42179.65	300.40	64.68
	0	20000	85525.60	241.51	75.26
	40	20000	72937.26	249.31	81.45
	80	20000	68260.18	229.88	108.10
	120	20000	64638.36	247.17	111.22
	160	20000	62071.81	306.62	87.21

Donde: D = densidad de población, NRC= número de raíces reservantes comercial, PRPC= peso de raíz reservante de primera calidad, PRSC= peso de raíz reservante de segunda calidad.

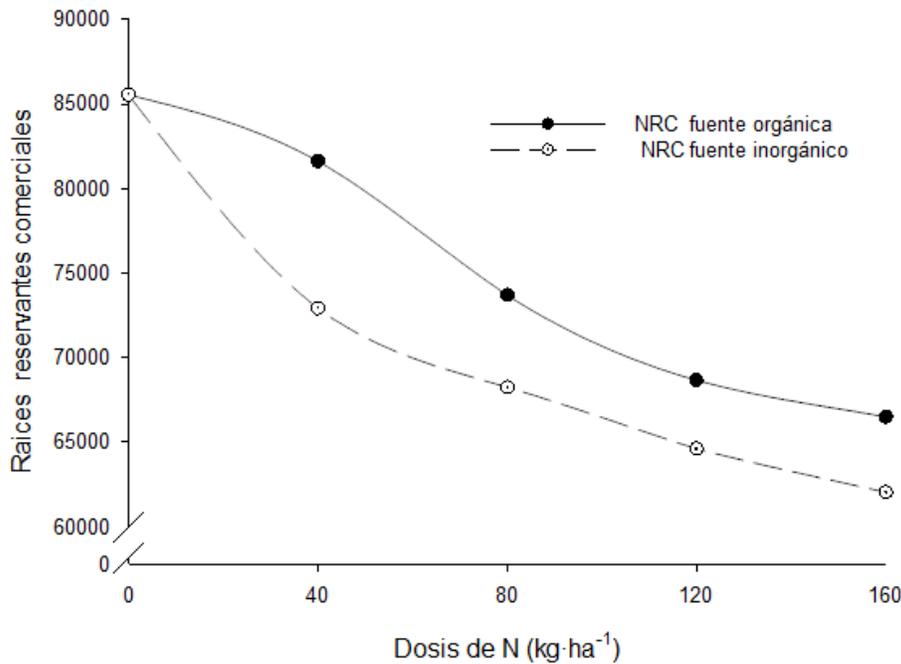


Figura 14. Número de raíces reservantes comerciales en función de las fuentes y dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

5.5.3 Peso de raíz reservantes de primera calidad (PRPC)

$$\text{PRPC} = 8764.82516 + 13.36085 F + 0.16865 N - 0.00243 N^2 + 3.73436 N^{0.5} - 3.66623 FN + 14.76880 FN^{0.5} + 0.01743 FN^2 + 1.00689 D - 175.64389 D^{0.5} - 0.00000957 D^2$$

(Pr. F = 0.0145, CME = 679.66, CV = 10.63 %, R² = 0.53)

El modelo de regresión indica respuesta del número de raíces reservantes de primera calidad a fuente de N, dosis de N y densidad de población.

La fuente orgánica de N presentó mayor PRPC que la fuente inorgánica hasta 120 kg N·ha⁻¹ con 260.9 g; sin embargo, a partir de 160 kg N·ha⁻¹, la fuente inorgánica muestra un incremento hasta de 306.6 g siendo superior a los 246 g en la respuesta de la fuente orgánica con la misma dosis de N (Figura 15).

Por otra parte, la densidad de población dio mayor PRPC para 20 000 plantas·ha⁻¹ con valores medios de 255.33 g para la fuente orgánica y de 254.89 g para la fuente inorgánica, a la vez que para 12 000 plantas·ha⁻¹, los valores fueron similares para ambas fuentes de N de 249.13 y 248.67 g.

5.6.4 Peso individual de raíz reservante de segunda calidad (PRSC)

PRSC= -558.00963-12.48872 F -0.69518 N+ 3.40421 N^{0.5}+ 0.00361 N² + 3.32214 FN - 0.01329 FN² -15.60389 FN^{0.5} -0.03483 D +9.44776 D^{0.5}
(Pr. F = 0.008, CME = 389.19, CV = 19.3 %, R² = 0.65)

El modelo de regresión indica respuesta del número de raíces reservantes de segunda calidad a fuente de N, dosis de N y densidad de población y en la Figura 15 se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

La fuente orgánica de N presentó mayor PRSC que la fuente inorgánica , para la fuente de N orgánica hasta la dosis de 160 kg N·ha⁻¹, y para la fuente de N inorgánica la respuesta fue positiva hasta la dosis 120 kg N·ha⁻¹, donde posteriormente esta respuesta se hace ligeramente negativa a dosis de 160 kg N·ha⁻¹ con valores máximos de PRSC para la fuente orgánica se de 105.75 g y para la fuente inorgánica de 111.2 g.

Por otra parte, la densidad de población dio mayor PRSC para 20 000 plantas·ha⁻¹, con valores medios de 85.76 g para la fuente orgánica y de 92.64 g para la fuente inorgánica, y para 12 plantas·ha⁻¹ los valores fueron de 63.23 y 70.12 g respectivamente.

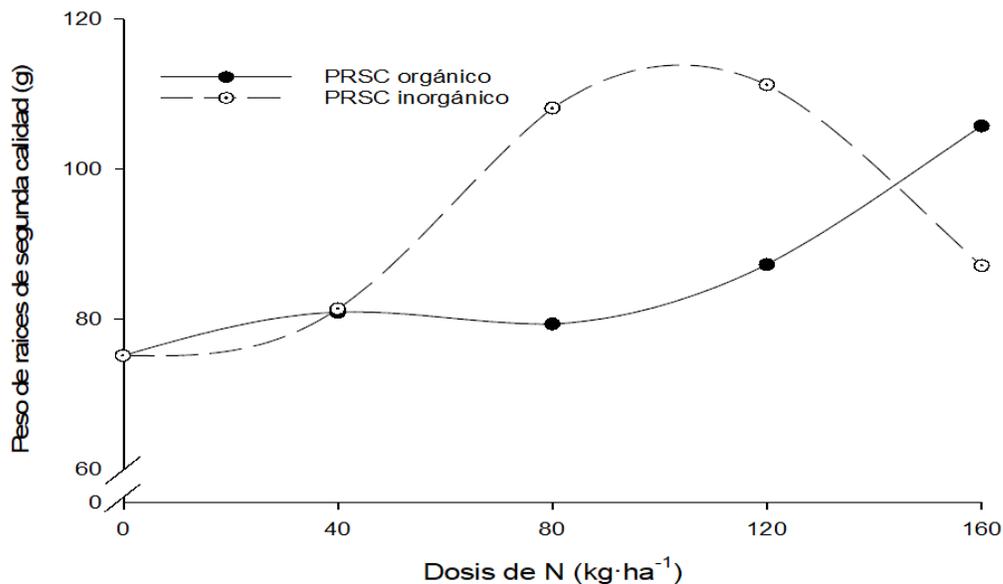


Figura 15. Peso de raíces reservantes de segunda calidad en función de las fuentes y dosis de dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas· ha⁻¹.

5.7 Dinámica de las variables de crecimiento de la planta de camote.

En el Cuadro 14 se presentan los modelos de regresión de peso fresco follaje (PFF), peso seco de follaje (PSF), acumulación de materia seca de follaje (CMSF), peso seco raíz reservante (PSR), acumulación de materia seca de raíz reservante (CMSRR), acumulación materia seca del follaje (AMSF) e índice de cosecha del cultivo (IC) de la dinámica de crecimiento de la planta de camote, en respuesta a las fuentes y dosis de N, y densidad de población.

Cuadro 13. Modelos de regresión de peso fresco follaje (PFF), peso seco de follaje (PSF), contenido de materia seca de follaje (CMSF), peso seco raíz reservante (PSR),

contenido de materia seca de raíz reservante (CMSRR), acumulación materia seca del follaje(AMSF) en función a la fuente de N, dosis de N y densidad de población.

Modelo de regresión ^z	Pr. F	CME	CV%	R2
PFF =26995-2425.08044 F+ 9.95137 N+ 0.05718 N ² + 16.91601FN - 0.02613FN ² - 1.19896D- 0.00003971 D ²	<.0001	1726137	7.144	0.764
PSF =3971.28920-260.91521 F+ 2.32657 N+ 0.00736 N ² + 5.35435 FN - 0.02020 FN ² -0.13963 D+ 0.00000520 D ²	<.0001	49528	6.857	0.791
CMSF =0.6888+0.00534 F+ 0.00020464 N -0.00000165 N ² -0.00018564 FN +0.00000138 FN ² -0.00001057 D +2.92587E-10 D ²	0.0401	4.317E-05	3.69	0.4411
PSRR =-2404.92517 -567.40621 F -12.19930 N+ 0.05249 N ² +18.38533 FN -0.09758 FN ² +0.68556 D -0.00001676 D ²	0.0002	13636	8.88	0.6785
CMSRR =-0.25315+0.00887 F -0.00007134 N -5.38644E-8 N ² + 0.00004737 FN -4.33481E-7 FN ² + 0.00000602 D ² -1.879E-10 D ²	0.0012	3.796E-05	2.069	0.6381
AMSF =-436.81630-613.90856 F -7.67136 N+ 0.05409 N ² + 21.52883 FN -0.11821FN ² + 0.80284 D -0.00001934 D ²	0.0003	166164	5.506	0.6569
IC = 0.11097-0.02047 F -0.00135 N +0.00000520 N ² + 0.00113 FN - 0.00000649 FN ² + 0.00004852 D -1.23155E-9 D ²	<.0001	0.0008809	5.32037	0.7541

^z PFF= peso fresco follaje (kg·ha⁻¹),PSF= peso seco de follaje (kg·ha⁻¹), CMSF= acumulación de materia seca de follaje, PSRR= peso seco raíz reservante (kg·ha⁻¹), CMSRR= contenido de materia seca de raíz reservante, AMSF= acumulación materia seca del follaje(kg·ha⁻¹), IC= índice de cosecha del cultivo. F= fuente de N (orgánico=0, inorgánico=1), N = dosis de N (kg N·ha⁻¹), D= densidad de plantas (plantas·ha⁻¹). Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, R² = coeficiente de determinación múltiple.

En el Cuadro 15 se concentran la respuesta estimada de peso fresco del follaje (PFF), peso seco del follaje (PSF), contenido de materia seca del follaje (CMSF), peso seco de raíces reservantes (PSRR), contenido de materia seca de raíces reservantes (CMSRR), contenido de materia seca del follaje(AMSF), e índice de cosecha (IC), del cultivo en función de las fuentes y dosis de N y densidad de población (D), para una densidad de población de 12 000 y 20 000 plantas·ha⁻¹

Cuadro 14. Respuesta de peso fresco del follaje (PFF), peso seco del follaje (PSF), contenido de materia seca del follaje (CMSF), peso seco de raíces reservantes (PSRR), contenido de materia seca de raíces reservantes, (CMSRR),acumulación materia seca del follaje(AMSF), e índice de cosecha (IC), en función de las fuentes y dosis de N y densidad de población (D), para una densidad de población de 12 000 y 20 000 plantas·ha⁻¹.

Fuente	N KG HA	DP	PFF	PSF	AMSF	PFRR	PSRR	CMSR	AMSF	IC
Orgánico	0	12000	17113.18	2914.07	0.19	6938.74	3124.65	0.33	6105.35	0.51
	40	12000	18815.26	3149.37	0.19	8044.14	3004.37	0.32	6191.99	0.47
	80	12000	19487.78	3277.76	0.19	8149.60	2768.35	0.32	6144.77	0.44
	120	12000	20343.28	3429.70	0.18	8079.76	2700.29	0.32	6270.64	0.43
	160	12000	21381.75	3605.20	0.17	7834.62	2800.21	0.31	6569.59	0.43
	0	20000	17687.26	3128.23	0.18	12658.71	4318.57	0.38	7577.03	0.58
	40	20000	19389.34	3363.53	0.18	13764.10	4198.29	0.37	7663.67	0.54
	80	20000	20061.86	3491.92	0.18	13869.56	3962.27	0.37	7616.45	0.51
	120	20000	20917.36	3643.86	0.18	13799.72	3894.21	0.36	7742.32	0.50
	160	20000	21955.83	3819.36	0.17	13554.58	3994.13	0.36	8041.27	0.51
Inorgánico	0	12000	17113.18	2914.07	0.19	6938.74	3124.65	0.33	6105.35	0.51
	40	12000	17025.01	3070.31	0.19	6583.89	3168.47	0.33	6250.10	0.48
	80	12000	18248.75	3315.91	0.19	6878.39	3663.96	0.33	6496.62	0.47
	120	12000	19571.85	3520.43	0.19	6997.60	4327.42	0.33	6537.96	0.45
	160	12000	20994.30	3683.86	0.19	6941.50	5158.84	0.33	6374.12	0.43
	0	20000	17687.26	3128.23	0.18	12658.71	4318.57	0.38	7577.03	0.58
	40	20000	17599.09	3284.47	0.18	12303.86	4362.39	0.38	7721.78	0.56
	80	20000	18822.83	3530.07	0.18	12598.35	4857.88	0.38	7968.30	0.54
	120	20000	20145.93	3734.59	0.18	12717.56	5521.34	0.38	8009.64	0.52
	160	20000	21568.38	3898.02	0.18	12661.46	6352.76	0.38	7845.80	0.50

Donde: PFF= peso fresco follaje (kg·ha⁻¹), PSF= peso seco de follaje (kg·ha⁻¹), AMSF= acumulación de materia seca de follaje, PSRR= peso seco raíz reservante (kg·ha⁻¹), AMSRR= acumulación de materia seca de raíz reservante (kg·ha⁻¹), AMSF= acumulación materia seca del follaje(kg·ha⁻¹), IC= +índice de cosecha. Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación (%), R² = coeficiente de determinación múltiple.

5.7.1 Peso de follaje fresco (PFF)

El modelo de regresión indica respuesta de PFF en respuesta a fuentes de N, dosis de N y densidad de plantas.

El modelo de regresión indica respuesta del número de raíces reservantes de segunda calidad a fuente de N, dosis de N y densidad de población y en la Figura 16 se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

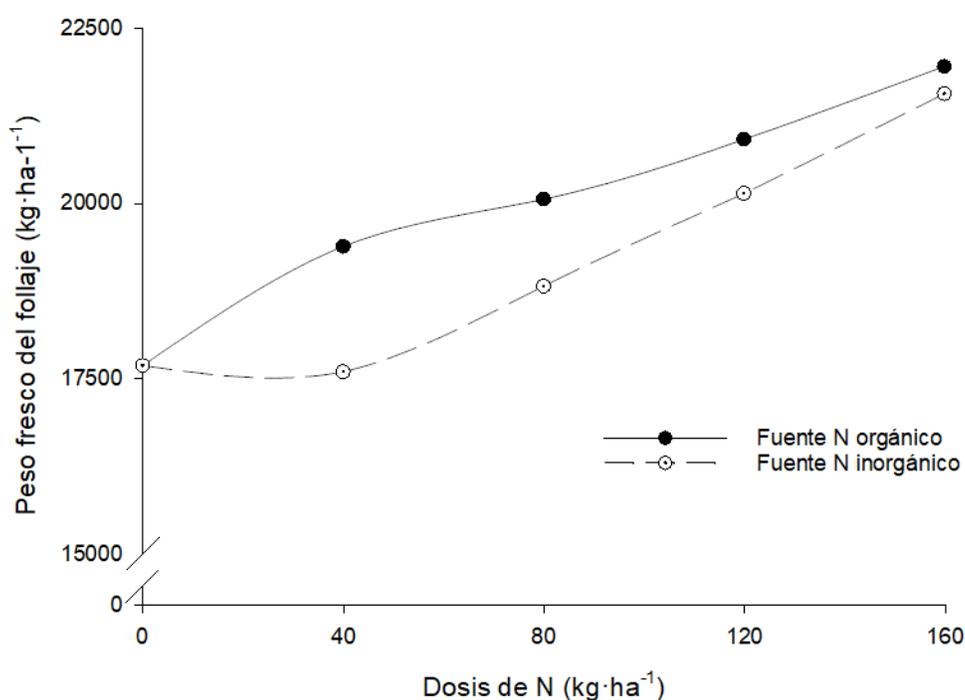


Figura 16. Respuesta en el peso de follaje fresco a la fuente de N, dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

La fuente orgánica de N presentó mayor PFF que la fuente inorgánica para ambas fuentes la respuesta fue positiva, hasta dosis de 160 kg N·ha⁻¹ con valores de 21 955.83 kg·ha⁻¹ con 20 000 plantas·ha⁻¹ para la fuente orgánica, y para la fuente inorgánica de 21 568.38 kg·ha⁻¹, y en la Figura 14 se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

Prácticamente no hay diferencia en el PFF por efecto de la densidad de población, a 20 000 plantas·ha⁻¹ con 21 955.83 kg·ha⁻¹ para la fuente orgánica y de 21 568.38 kg·ha⁻¹ para la fuente inorgánica con 160 kg N·ha⁻¹.

5.7.2 Peso del follaje seco (PFS)

El modelo de regresión indica respuesta de PFS en función a fuentes de N, dosis de N y densidad de plantas.

La fuente inorgánica de N presentó mayor PFS que la fuente orgánica, para ambas fuentes la respuesta fue positiva hasta la dosis 160 kg N·ha⁻¹ con valores de 3 819.36 kg·ha⁻¹ con 20 000 plantas·ha⁻¹ para la fuente orgánica, y para la fuente inorgánica el máximo PFS fue de 3 898.02 kg·ha⁻¹. En la Figura 17 se hace la representación gráfica de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

El efecto de la densidad de población con 20,000 plantas·ha⁻¹ en el PFS es de 3 819.36 kg·ha⁻¹ para la fuente orgánica y de 3 898.02 kg·ha⁻¹ para la fuente inorgánica con 160 kg N·ha⁻¹.

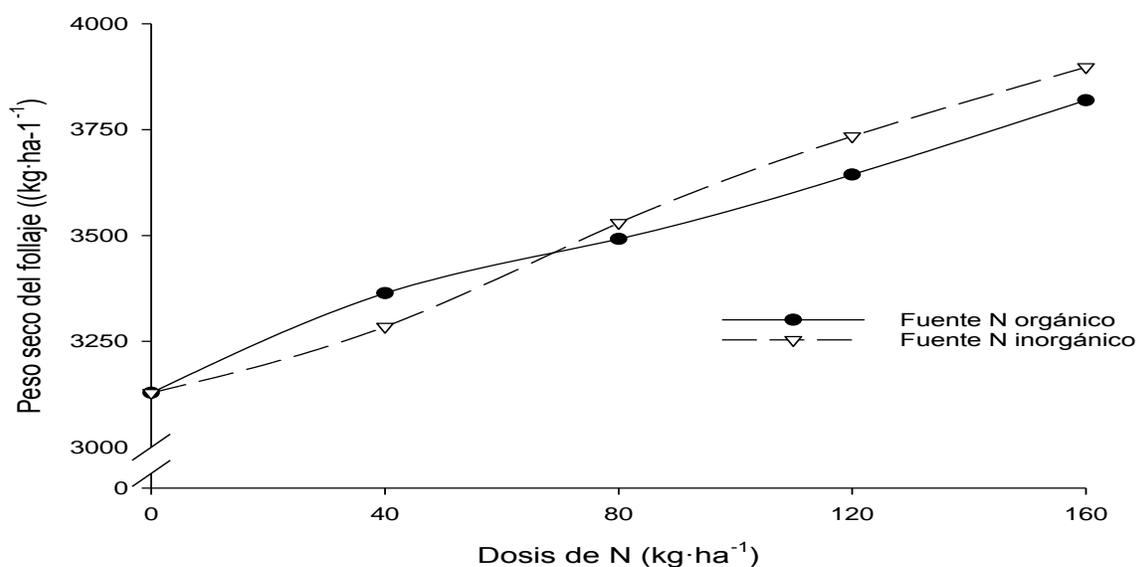


Figura 17. Respuesta en el peso de follaje seco en respuesta a fuentes y dosis de N con una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

5.7.3 Contenido de materia seca en el follaje (CMSF)

El modelo de regresión indica respuesta del CMSF a la fuente de N, dosis de N y densidad de plantas.

La respuesta en el CMSF para ambas fuentes de fertilización fue constante en la dosis 0 a 120 kg N·ha⁻¹ con 0.18; sin embargo, la fuente orgánica disminuye el CMSF a 0.17 y la fuente inorgánica permanece constante a 0.18 con 160 kg N·ha⁻¹.

No obstante, la respuesta al N en ambas fuentes fue escasa, 0.18 y 0.17 % respectivamente, para ambas fuentes. Por otro lado, la diferencia entre la fuente orgánica, en dosis altas de N (160 kg·ha⁻¹) y la fuente inorgánica fue de 0.01 %.

El efecto de la densidad de población con 20 000 plantas·ha⁻¹ en el CMSF es de 0.19 para la fuente inorgánica y de 0.17 para la fuente orgánica con 160 kg N·ha⁻¹ (Figura 18).

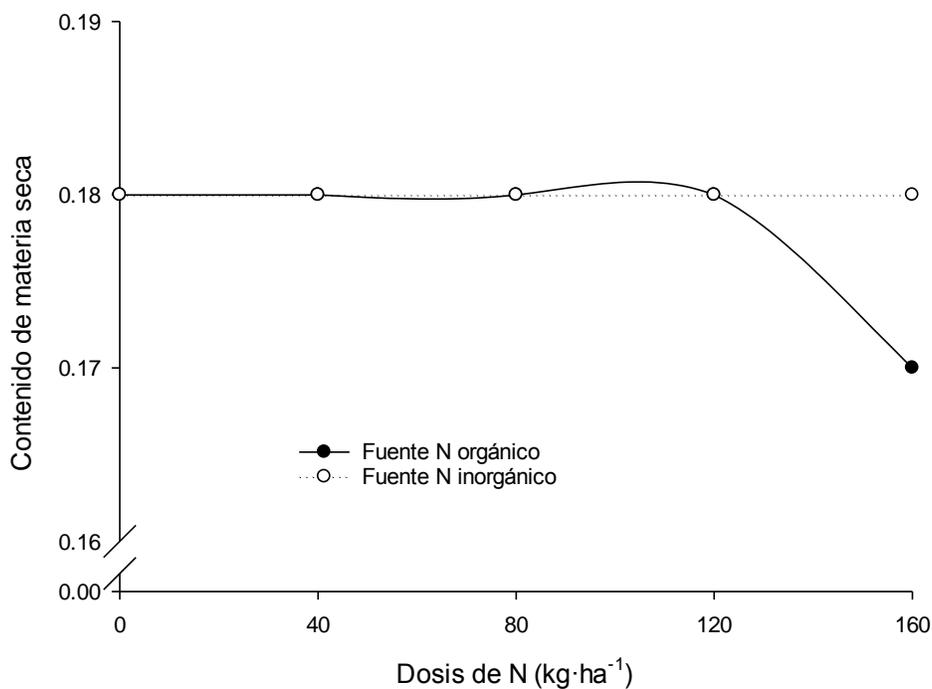


Figura 18. Respuesta en el contenido de materia seca en el follaje a fuentes de N, dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

5.7.4 Peso seco raíces reservantes (PSRR).

El modelo de regresión indica la respuesta del PSRR en función a fuentes de N, dosis de N y densidad de plantas, en la Figura 19 se realiza la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

La fuente inorgánica de N presentó mayor PSRR que la fuente orgánica, para la fuente inorgánica la respuesta fue positiva, y para la fuente orgánica la respuesta fue negativa, los valores máximos de PSRR para la fuente inorgánica se obtuvo con la dosis de 160 kg N·ha⁻¹ (6 352.76 kg·ha⁻¹) y para la fuente orgánica se obtuvo con la dosis 0 kg N·ha⁻¹ (4 318.57 kg·ha⁻¹).

Hay diferencias marcadas en el PSRR por efecto de la densidad de población, los máximos valores de PSRR se manifiesta en densidades de población de 20 000 plantas·ha⁻¹, mostrando valores medios de 4 073.50 kg·ha⁻¹ para la fuente orgánica, y 5 082.58 kg·ha⁻¹ para fuente inorgánica.

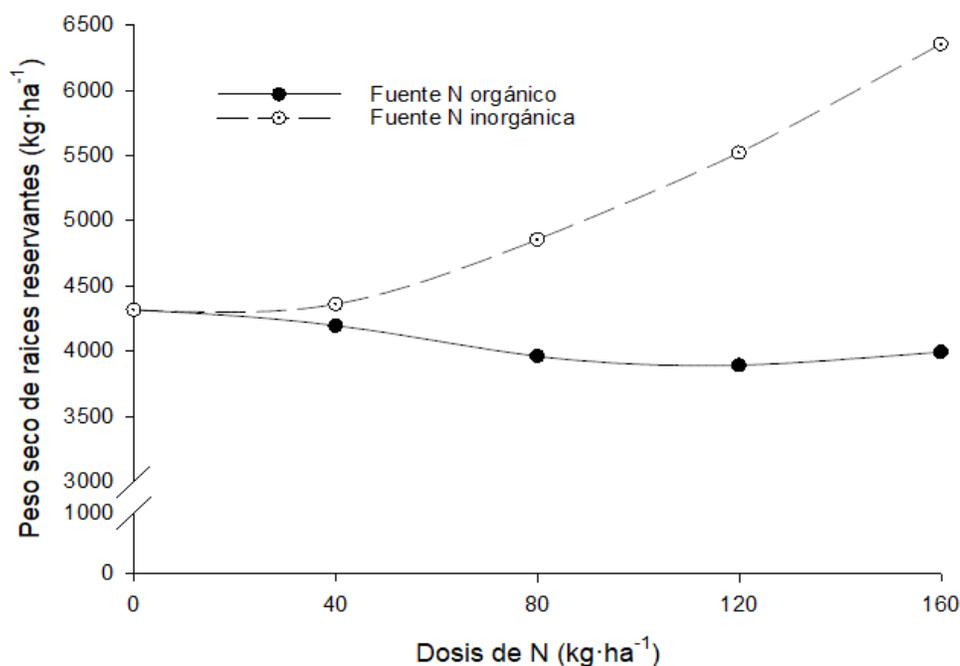


Figura 19. Respuesta del peso seco raíces reservantes a fuentes de N, dosis de N, con una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

5.7.5 Contenido de materia seca en raíces reservantes (CMSR)

El modelo de regresión indica respuesta de la CMSR en función a fuentes de N, dosis de N y densidad de plantas, y en la Figura 20 se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

La fuente inorgánica de N no tuvo respuesta a las dosis de N; sin embargo, presentó mayor CMSF que la fuente orgánica, con valores de 0.38, la fuente orgánica presentó un CMSF constante hasta el tratamiento 40 kg N·ha⁻¹, a con valores de 0.37, partir del cual muestra una respuesta negativa de 0.33 con el tratamiento 160 kg N·ha⁻¹

Hay diferencias en el CMSR por efecto de la densidad de población, los máximos valores de CMSF se manifiesta en densidades de población de 20,000 plantas·ha⁻¹, llegando a obtener 0.38 %, con el tratamiento 160 N kg·ha⁻¹ para la fuente inorgánica y 0.37 % para la fuente orgánica en el tratamiento 0 N kg·ha⁻¹.

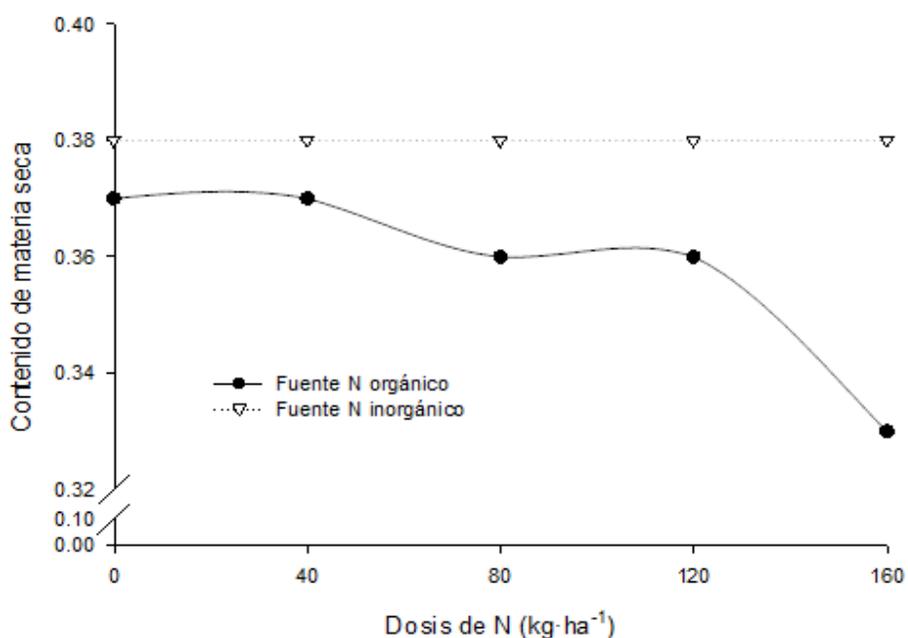


Figura 20. Respuesta en el contenido de materia seca de raíces reservantes a fuentes de N, dosis de N, con una densdad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

5.7.6 Acumulación de materia seca en follaje (AMSF)

El modelo de regresión indica respuesta de la AMSF en función a fuentes de N, dosis de N y densidad de plantas, y en la Figura 21 se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹ a 115 días después del trasplante.

La fuente inorgánica de N presentó mayor AMSF que la fuente orgánica, para ambas fuentes la respuesta fue positiva, hasta la dosis 160 kg N·ha⁻¹, con valores de 4152.03 kg·ha⁻¹ con 20 000 plantas·ha⁻¹ para la fuente inorgánica, y para la fuente orgánica de 3982.10 kg·ha⁻¹

La respuesta para ambas fuentes de N, a los ddt fue positiva, hay diferencias en la AMSR por efecto de ddt, los máximos valores de CMSF se manifiesta en los 115 ddt, que corresponde con la fecha de la cosecha, llegando a obtener 4152.03 kg·ha⁻¹ para la fuente inorgánica y 3982.10 kg·ha⁻¹, para la fuente orgánica hasta la dosis 160 N kg·ha⁻¹.

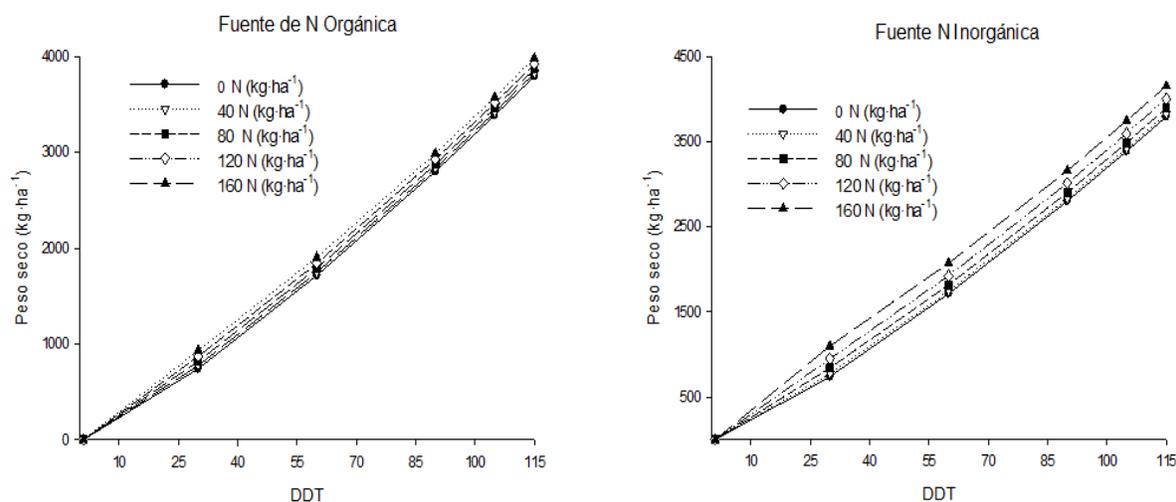


Figura 21. Respuesta del AMSR a fuentes de N, dosis de N y días después del trasplante(ddt) con una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

5.6.7 Índice de cosecha (IC)

El modelo de regresión indica respuesta del IC en función a fuentes de N, dosis de N y densidad de plantas y en la Figura 22 se hace la representación de la respuesta para una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

La fuente inorgánica de N presentó mayor IC que la fuente orgánica; sin embargo, en ambas fuentes la respuesta fue negativa, con un mayor IC en ambas fuentes en tratamiento 0 kg N·ha⁻¹, 0.58 con 20 000 plantas·ha⁻¹; sin embargo, la disminución del IC fue más marcada en la fuente inorgánica, pasando de 0.58 con 0 kg N·ha⁻¹, a 0.50 con 120 kg N·ha⁻¹.

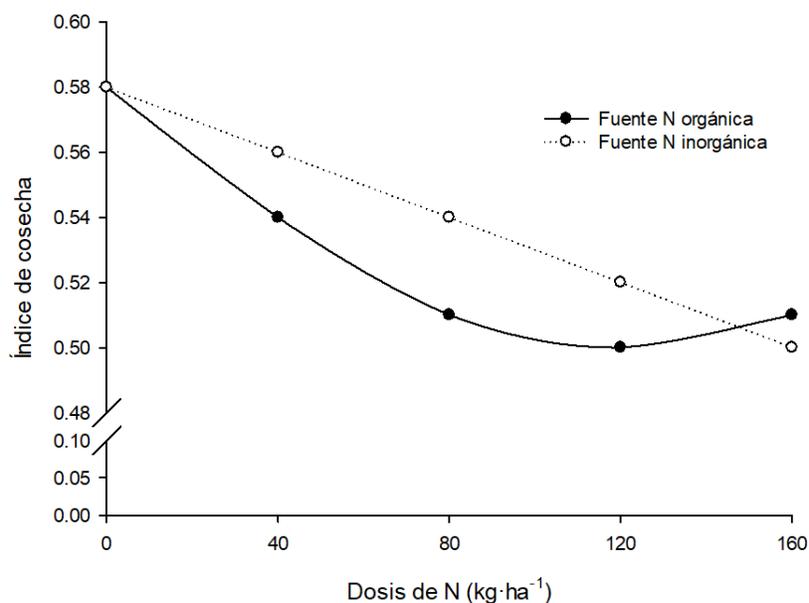


Figura 22. Respuesta en el índice de cosecha a fuentes de N y dosis de N con una densidad de población de 20 000 plantas·ha⁻¹.

5.7 Porcentaje de azúcares (°Brix)

El modelo de regresión para el porcentaje de azúcares en función de la fuente de N, dosis de N y densidad de población fue el siguiente:

$$Y = 16.56231 + 0.74723 F - 0.07984 N + 0.50176 N^{0.5} + 0.12218 FN + 0.00026179 N^2 - 0.96958 FN^{0.5} - 0.00032018 FN^2 - 0.00089016 D + 2.936792 \times 10^{-8} D^2$$

(Pr. F = <.0001, CME = 1.22, CV = 8.99 %, R² = 0.74)

Dónde: Y = porcentaje de azúcares de raíces reservantes de camote en grados Brix (°Brix), F= fuente de N (orgánico=0, inorgánico=1), N = dosis de N (kg N·ha⁻¹), D= densidad de plantas (plantas·ha⁻¹). Pr. F = probabilidad de F, CME = cuadrado medio del error, CV = coeficiente de variación, R² = coeficiente de determinación múltiple.

La fuente inorgánica de N presentó mayor porcentaje de azúcares que la fuente orgánica, donde para la fuente inorgánica la respuesta fue positiva, y para la fuente orgánica la respuesta fue ligeramente negativa. Los valores máximos de porcentaje de azúcares se obtuvieron con la dosis 160 kg N·ha⁻¹, para la fuente inorgánica se obtuvo valores de 19 ° Brix y para la fuente orgánica fue de 11 °Brix. En la Figura 23 se hace una representación gráfica de la respuesta de porcentaje de azúcares a función de la fuente de N, dosis N y densidad de población

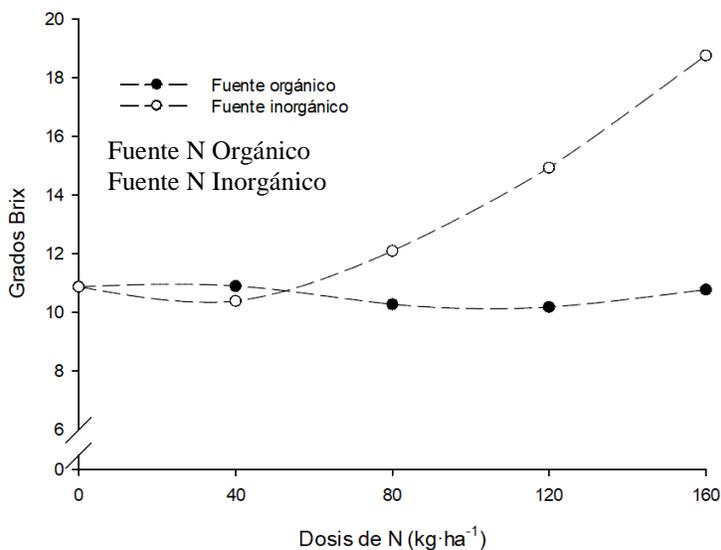


Figura 23. Respuesta en la concentración de azúcares en función de la fuente de N, dosis de N y densidad de población.

Hay diferencias en el porcentaje de azúcares por efecto de la densidad de población, los máximos valores de Brix se manifiesta en densidades de población de 20,000 plantas·ha⁻¹,

mostrando máximos valores medios de 10.60 brix para la fuente orgánica, y 11.71 brix para fuente inorgánica.

5.8 Análisis bromatológico de la parte aérea y raíz reservante de camote.

La materia seca fue similar entre la raíz y la parte aérea con valores medios de 94.5 y 95.2 % respectivamente sin observarse efecto de la fuente de N y de la dosis de N.

El extracto etéreo fue mayor en el follaje que en la raíz, con valores medios de 0.8 y 2.2 %, respectivamente. Sin observarse efecto de la dosis de N.

Así para proteína, cenizas y fibra cruda se observó mayores valores en follaje que en la raíz, a la vez que para sin aplicaciones de N, excepto para la proteína en el follaje, sin embargo, no se realizó el análisis estadístico como para determinar si las diferencias son significativas (Cuadro16).

Cuadro 15. Análisis bromatológico de raíz reservante y follaje de camote de dos fuentes de fertilización.

Fuente	Estructura	Nitrógeno (kg·ha ⁻¹)	Materia seca %	Extracto etéreo %*	Proteína %*	Cenizas	Fibra Cruda % *
Control	Raíz	0	94.5	0.9	4.7	3.9	4.9
		0	95.2	2.4	13.8	16.7	19
Inorgánica		160	94.5	0.8	5.8	4.1	6.1
		160	95	1.9	14.6	24.4	20.3
Orgánica	Follaje	160	94.4	0.8	5.7	4.4	6.1
		160	95.5	2.2	13.8	24.1	23.5

* Base Seca

5.9 Análisis económico

El modelo de regresión de rendimiento comercial de raíces reservantes indicó un efecto positivo de la densidad de población y dosis de N.

Con la densidad de población de 12 000 plantas ha⁻¹ que es la densidad real de los productores de la región se obtuvieron los rendimientos más bajos para los tratamientos con fuente

orgánica ($6.94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y fuente inorgánica ($6.54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), los mayores rendimientos comerciales de raíces se alcanzaron con una densidad de población de $20\ 0000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$, para el caso de los abonos orgánicos el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ con ($13.87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y en el tratamiento $120 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($12.72 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) con fuente inorgánica.

Considerando que los mayores rendimientos de raíces comerciales se obtuvieron con la fuente orgánica, además es la fuente de N más económica en la región de estudio, a continuación, en el Cuadro 17 se presenta el análisis económico para el rendimiento comercial de camote con fuente orgánica de N, en función de las dosis de N, y dos densidades de población en la región de estudio.

Cuadro 16. Análisis económico para el rendimiento comercial de camote en función a la respuesta estimada a N y densidad de población de la fuente de N orgánica.

FUENTE	DN	D	RC	IT	CVN	CF	CT	IN	RBC
	($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)		($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	($\text{\$}\cdot\text{ha}^{-1}$)					
ORGÁNICA	10	20000	13.57	34874.42	106.2	14950	15056.2	19818.22	1.32
	0	20000	13.48	34627.55	0	14950	14950	19677.55	1.32
	30	20000	13.71	35274.49	318.6	14950	15268.6	20005.89	1.31
	20	20000	13.65	35090.07	212.4	14950	15162.4	19927.67	1.31
	50	20000	13.81	35549.67	531	14950	15481	20068.67	1.3
	40	20000	13.76	35427.69	424.8	14950	15374.8	20052.89	1.3
	60	20000	13.84	35640.41	637.2	14950	15587.2	20053.21	1.29
	70	20000	13.86	35699.94	743.4	14950	15693.4	20006.54	1.27
	80	20000	13.87	35728.24	849.6	14950	15799.6	19928.64	1.26
	90	20000	13.87	35725.32	955.8	14950	15905.8	19819.52	1.25
	100	20000	13.86	35691.17	1062	14950	16012	19679.17	1.23
	110	20000	13.83	35625.79	1168.2	14950	16118.2	19507.59	1.21
	120	20000	13.8	35529.2	1274.4	14950	16224.4	19304.8	1.19
	130	20000	13.75	35401.37	1380.6	14950	16330.6	19070.77	1.17
	140	20000	13.7	35242.33	1486.8	14950	16436.8	18805.53	1.14
	150	20000	13.63	35052.06	1593	14950	16543	18509.06	1.12
160	20000	13.55	34830.56	1699.2	14950	16649.2	18181.36	1.09	

DN= Dosis de N($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), D = densidad de población ($\text{plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$), IT = ingreso total ($\text{\$}\cdot\text{ha}^{-1}$), CVN = costo variable de nitrógeno ($\text{\$}\cdot\text{ha}^{-1}$), cf= costo fijo ($\text{\$}\cdot\text{ha}^{-1}$), CT = Costo total ($\text{\$}\cdot\text{ha}^{-1}$), IN = ingreso neto ($\text{\$}\cdot\text{ha}^{-1}$), y RBC = Relación beneficio costo.

Con una densidad de población de $20\ 000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$, en todos los tratamientos con fuentes orgánicas la RBC es superior a 1.00, los mayores RBC fueron de 1.32 y se estimaron con dosis de 0 y $10 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, es decir que, por cada peso invertido, se recupera la inversión y se tiene una ganancia de 32 centavos.

Una de las razones de la RBC resulte bajo se debe a los bajos precios de venta del producto, ya que los compradores en mayoreo ofertan entre \$1.50 a \$3.00 por kg de camote comercial, es un precio muy por debajo de lo reportado por el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIM, 2018) de la Secretaría de Economía, donde la media nacional en los precios del 2018 en los mercados fue \$15.59 por kg de camote, y llegando a ofertarse en las tiendas de conveniencia al menudeo hasta en \$50.00 por kg. (SNIM, 2018).

6. DISCUSIÓN

Uno de los aspectos más relevantes en el rendimiento es la densidad de población, tal es que refleja una respuesta positiva incrementando el rendimiento en valores superiores a los 14 t·ha⁻¹, al respecto la densidad de población media de los productores de la región es de 12 500 plantas·ha⁻¹, con un rendimiento medio de 9·ha⁻¹ (SIAP, 2018). Esto es debido a que al momento del trasplante los productores establecen una densidad de 25 000 plantas·ha⁻¹, a los 7 ddt presentan una mortandad del 40 %, causado por problemas con el uso de esquejes de mala calidad, técnica de trasplante inadecuada, y a los problemas fitosanitarios en campo.

En condiciones de campo, los rendimientos totales de raíces reservantes con fuente orgánica e inorgánica alcanzarían valores de 14.92 y 15.26 t·ha⁻¹ respectivamente, En el ciclo agrícola 2014-2015, las estadísticas reportan que el rendimiento promedio nacional de camote fue de 17.46 t·ha⁻¹ (SIAP, 2018). Aún hay una brecha considerable en la producción regional (9 t·ha⁻¹) para alcanzar los rendimientos de la media nacional.

Por otra parte, los macronutrientes contenidos en el suelo no fueron suficiente para expresar el potencial del rendimiento con los niveles de N evaluados, lo cual indicaría, que el fósforo y el potasio son nutrientes claves para estimular el crecimiento, desarrollo y llenado de las raíces tuberosas en las plantas de camote (Rodríguez, 2014).

En general, las plantas tienen un alto requerimiento de N con respecto a otros nutrientes y su deficiencia rápidamente inhibe el crecimiento (Taiz y Zeiger. 2010). Bajo las condiciones marginales establecidas por los menores niveles de fertilización de N, en el experimento (0 y 40 kg N·ha⁻¹), los parámetros de rendimiento evaluados PFRR, PSRR y AMSR disminuyeron, independientemente del nivel de fertilización de P y K.

Por otro lado, cultivos que producen tubérculos y raíces, altas dosis de fertilización nitrogenada estimulan el crecimiento de hojas y tallos y menor crecimiento de raíces tuberosas (Rodríguez *et al.* 1991. 2001), y menor crecimiento de raíces adventicias y tuberosas en el camote (Villordon *et al.*, 2013). En el experimento, esta situación se refleja con el tratamiento

de $160 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con fuente de N inorgánico, pero para los tratamientos con fuente orgánica no se llegó a esta situación con las dosis de N aplicados.

Los rendimientos de raíces reservantes comerciales máximos obtenidos son ligeramente inferiores a la media nacional ($15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) y una causa posible de esto es que puede existir deficiencias de algunos nutrimentos en el suelo, y que aun en los tratamientos de fuente orgánica no se proporcionaron en las cantidades requeridas por el cultivo por el alto $\text{pH} = 8.5$ del suelo.

Por otra parte Zero y Lima (2005), Rós *et al.* (2013), Castillo *et al.* 2014; afirman que algunas raíces y tubérculos cultivadas a distancias reducidas (10 a 25 cm entre plantas), el aumento de la densidad de población influye significativamente en el crecimiento de la raíz tuberosa, afectando el peso, tamaño (engrosamiento y elongación de la raíz reservantes) y la máxima acumulación de las sustancias de reserva; esto se ve reflejado al comparar los rendimientos reales de los productores de $9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ el cual es obtenido con una densidad real de 12 500 plantas ha, (40-50 cm entre plantas) con los rendimientos potenciales al establecer una densidad de 20 000 plantas $\cdot\text{ha}^{-1}$, el cual supera los $13 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de raíces comerciales.

Respecto al rendimiento comercial de raíces reservantes resultados similares fueron reportados por Castillo *et al.*, (2014), quienes, al evaluar el rendimiento comercial de 13 genotipos de camote, reportaron un rendimiento de raíces reservantes comerciales entre 12 a $17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ellos sugieren que el tiempo de maduración hasta cosecha es un factor importante, ya que las raíces reservantes de camote continúan su crecimiento, aún después de alcanzar un tamaño comercial.

Se obtuvo mayores rendimientos comerciales con la fuente de N orgánica, esto puede deberse a las ventajas de los abonos orgánicos como lo reporta Martínez y Ramírez (2000). La importancia de los abonos orgánicos radica en que mejora diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, disminuyen la erosión hídrica y eólica; aumentan la retención de agua en el suelo. Las propiedades químicas de los abonos orgánicos aumentan el efecto amortiguador del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH ; aumentan la capacidad de intercambio catiónico, con lo que se aumenta la fertilidad. Las propiedades

biológicas de los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios; los abonos orgánicos constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente, y es la suma de todos estos factores que pueden aprovechar de forma más eficiente el N aportado por los abonos orgánicos y el disponible en el suelo. Esto no se manifestó de manera significativa en el experimento porque son procesos que ocurren en el mediano y largo plazos.

Sin embargo el exceso de la fertilización nitrogenada en ambas fuentes de N afectó el rendimiento comercial al estimular el crecimiento vegetativo con un desarrollo exuberante de la masa foliar en detrimento de la raíz. Esto se refleja en los resultados del tratamiento 160 N kg·ha⁻¹ con fuente inorgánica cuyo rendimiento de raíces comerciales fue de 12.66 t·ha⁻¹, rendimiento similar a la dosis 0 kg N·ha⁻¹. El CIP (1991), menciona que altas dosis de nitrógeno sin una adecuada disponibilidad de los demás nutrientes provoca en la mayoría de genotipos de camote un desarrollo exuberante de la masa foliar en detrimento de la raíz. Además, en forma general el cultivo de camote responde a la aplicación de nitrógeno dependiendo del grado de disponibilidad en el suelo y del equilibrio nutricional, en especial el relacionado con la disponibilidad del fósforo y potasio.

Locascio *et al.* (1986) afirman que N y el potasio K son los nutrimentos más importantes para el crecimiento del camote; no obstante el N es el elemento más difícil de optimizar, debido a la susceptibilidad a lixiviarse, desnitrificarse y volatilizarse. Andersen *et al.* (1999) y Thompson *et al.* (2003) señalan eficiencias de utilización menores de 30% en cultivos en general.

En el sitio experimental el ciclo anterior se cultivó maíz, y todo el rastrojo producido se incorporó al suelo, Keeney *et al.* (1982) mencionan que la acción microbiana puede mineralizar o inmovilizar el nitrógeno. Los microorganismos utilizan el nitrógeno para construir sus propias estructuras y como fuente de energía. Cuando se incorporan los rastrojos y restos de cultivo o se agregan abonos orgánicos, se produce un abatimiento del contenido de N inorgánico de la solución del suelo, ya que los microorganismos para aprovechar la energía contenida en los restos orgánicos y sintetizar sus propias estructuras necesitan más N

que el que contienen los residuos. Las pajas de cereales con relaciones C/N de 60-100/1 deben transformarse en estructuras microbianas con relaciones de 8-12/1, es decir deben enriquecerse en N, y esto se produce a expensas del N de la solución, provocando una inmovilización microbiana de este elemento. La inmovilización ira desapareciendo a medida que las poblaciones microbianas disminuyan a causa de la degradación de la fuente energética.

Por lo tanto, cuanto mayor es la relación C/N del material incorporado al suelo, más largo será el periodo de inmovilización. Las relaciones C/N superiores a 30 como el caso del maíz, dan como resultado una disminución de las reservas de nitrógeno mineral debido a la inmovilización. Este proceso trae como consecuencia déficit temporario de nitrógeno, principalmente en el estado inicial de cultivos cuando el barbecho ha sido corto y existe gran parte del rastrojo del cultivo anterior sin descomponer. (Keeney *et al.*,1982).

Wubanechi (2014) indica que el número de raíces reservantes es un factor importante en el rendimiento de camotes si y solo si estas raíces tengan tamaño y peso de calibre comercial, Morales (1987) señala que el número de raíces tuberosas por planta se ve muy poco influenciado por el ambiente.

El número de raíces reservantes comerciales totales puede ser relativo al rendimiento, ya que se puede presentar situaciones en donde el número de raíces pequeñas sea mayor y con pesos menores corresponderá a menores rendimientos; pero sí, el número de raíces reservantes con mayor tamaño y con pesos mayores es superior por lo tanto el rendimiento será mayor.

Peñarrieta (2001), señala que el distanciamiento óptimo entre plantas para obtener peso, números de raíces y diámetros adecuados es de 0.15 m, en condiciones óptimas de climas tropicales. En la región el camote se trasplanta a 0.30 m, para obtener un tamaño comercial con peso mayor a 200 g, que son las raíces de interés comercial.

Un estudio realizado por Zamudio (2013), muestra que uno de los factores que reducen el tamaño de raíces comerciales es no cosechar adecuadamente en el tiempo establecido ya que este factor influye directamente en el peso de camotes. Él recomienda que para determinar la fecha de cosecha adecuada, se debe realizar a los 90 días después del trasplante muestreos

de rendimientos con el objetivo de conocer la tasa de ganancia de peso y las proporciones en tamaños de las raíces reservantes (determinadas por el comprador) y rendimientos. También Ehisianya *et al.* (2011) coinciden con lo anterior, ya que determinaron que el tiempo de cosecha afecta significativamente el rendimiento, así como los componentes de rendimiento y contenido de materia seca del camote. Además, afecta la composición y calidad nutricional de la raíz reservante (Chattopadhyay *et al.*, 2006).

(Ardón *et al.* 2013) mencionan que un gran porcentaje de raíces reservantes no comercializables no es causado necesariamente por problemas de manejo, sino más bien producto de prácticas deficientes durante la cosecha y postcosecha. Por esta razón, es necesario buscar el asesoramiento técnico al llegar a esta actividad. La cosecha se puede realizar manual o mecánicamente; es decir que el peso de camote depende de gran parte a las prácticas de cosecha, además de su época de siembra hasta su establecimiento.

Por otra parte, Manrique (1998) y Montaldo (1991) mencionan que el espaciamiento entre plantas es una manera de controlar el tamaño de la raíz. Altas distancias entre plantas e hileras son recomendadas si se desean obtener raíces de mayor tamaño; en cambio plantas a poca distancia son usualmente usadas para obtener altos rendimientos para el procesamiento en la alimentación animal.

Como se ha mencionado antes, la densidad de población es un factor que determina el tamaño de las raíces reservantes, las densidades de población menores ($12\ 000\ \text{plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$) reducen el tamaño de las raíces comerciales; esto coincide con Peñarrieta (2001), quien señala que el espaciamiento entre plantas es una manera de controlar el tamaño de la raíz. Distancias largas entre plantas e hileras son recomendadas si se desean obtener raíces de mayor tamaño; en cambio plantas a poca distancia son usualmente usadas para obtener altos rendimientos para el procesamiento en la alimentación animal.

La respuesta a las fuentes N en el peso fresco del follaje fueron positivas, para ambas fuentes de N. En forma general el cultivo de camote responde a la aplicación de nitrógeno dependiendo del grado de disponibilidad en el suelo de dicho elemento y del equilibrio nutricional, en especial el relacionado con la disponibilidad del fósforo y potasio; sin embargo,

altas dosis de nitrógeno sin adecuada disponibilidad de los demás nutrientes han provocado en la mayoría de las variedades y clones de camote, un desarrollo exuberante de la masa foliar en detrimento de la producción de raíces reservantes (CIP,1991).

La respuesta en la producción de materia seca del follaje en los tratamientos con fuente de N orgánico fue negativa, esto puede deberse al efecto de la inmovilización del nitrógeno por la actividad microbiana del suelo (Keeney et al, 1982).

La respuesta en la producción promedio de materia seca en las raíces reservantes de camote en ambas fuentes de N es de aproximadamente 30 % con una variación similar a los reportados por Teow *et al.* (2007) quienes encontraron variaciones entre 26.8 % y 33.5 %. Bengtsson *et al.* (2008) encontraron que el contenido de materia seca en siete variedades africanas varió de 30.3 % a 35.0 %. Por su parte, Kapinga *et al.* (2007) mencionan que las variedades de camote cultivadas en los países del África Subsahariana varían en su contenido de materia seca entre el 21 % y 34.9 %, y resultados similares han sido descritos por Islam *et al.* (2002), Yeng *et al.* (2012).

El contenido de materia seca varía ampliamente debido a factores como la variedad, la localidad, el clima, la duración del día, el tipo de suelo, la incidencia de plagas, enfermedades y las prácticas de cultivo (Vimala *et al.* 2011; Laurie, 2010; Yeng *et al.* 2012).

Ninaquispe (1998) encontró que variedades de camote tienen diferente porcentaje de materia seca, teniendo como promedios 29.12% para el camote amarillo, 31.20% para el morado y 32.05% para el camote blanco. La variedad empleada en el presente estudio es del tipo amarillo.

Según Salinas y Vásquez (2010), el porcentaje de materia seca del camote es importante, debido a que cerca del 70% de ese total es almidón y se ha demostrado su rentabilidad dado que puede ser utilizado como aditivo o materia prima principal en productos industriales.

Otro factor importante en el contenido de materia seca es el tiempo de la cosecha. Al respecto, Mannan (1992), menciona que en el camote la materia seca total disminuye en la parte aérea

de la planta (hojas y tallo) con el tiempo, pero a la vez la materia seca en las raíces reservantes se incrementa.

La respuesta en la acumulación de materia seca del follaje a las fuentes de N, dosis de N y días después del trasplante fue positiva, de acuerdo a Villareal (1982), el desarrollo del peso del follaje de una planta de camote es ascendente desde el mismo día de la plantación, hasta los 80 a 100 días después, en dependencia de la época del año y del clon de que se trate. La velocidad de crecimiento de las ramas de una planta en ese período, es superior a la velocidad de envejecimiento de la parte basal. A partir de los 80 a 100 días la velocidad de crecimiento de las ramas es inferior a la velocidad de envejecimiento, lo que explica la disminución del peso del follaje.

El aumento del peso seco total del follaje es un modelo sigmoideal (Oswald *et al.*, 1994). Basado en la distribución de la materia seca, el camote generalmente es un cultivo que exhibe tres fases de crecimiento. En la fase inicial, domina el crecimiento de la parte aérea, con una gran proporción de la materia seca dirigida hacia los ápices, La segunda fase de constante partición de la materia seca entre la parte aérea y el crecimiento de la raíz tuberosa. Durante la fase final, una mayor proporción de la materia seca es particionada hacia las raíces tuberosas (Oswald *et al.* 1994).

La respuesta en el IC de en ambas fuentes de N resultaron similares, a mayores dosis de N se presenta menor índice de cosecha, debido a la estimulación del crecimiento de hojas y tallos y menor crecimiento de raíces tuberosas (Rodríguez *et al.* 2001) lo que reduce el valor del índice de cosecha.

Yeng *et al.* (2012) encontraron que el mayor peso fresco del follaje en el momento de la cosecha tiende a disminuir el rendimiento de la raíz y posteriormente a disminuir IC y esto podría atribuirse a una alta partición de los asimilados a la biomasa vegetativa a expensas de las raíces.

Por otra parte, Hartemink *et al.* (2003) han observado que un alto crecimiento vegetativo produce un bajo rendimiento de la raíz reservante y, posteriormente un menor IC.

En un trabajo de evaluación de dosis de N inorgánico combinado con abonos orgánicos sobre el rendimiento de camote, Yeng *et al.* (2012) encontraron valores entre 0.49 a 0.61 para IC, en el presente trabajo se encontraron valores similares (0.50 - 0.58) dentro del intervalo reportado por este autor.

La curva de respuesta de la fuente orgánica de N en el porcentaje de azúcares se mantiene con valores constantes entre 10.20 y 10.90 °Brix; sin embargo, la respuesta de los niveles de N en la fuente inorgánica manifiesta una respuesta positiva con mayores incrementos a partir de 80 N kg · ha⁻¹ (12.10 °Brix) hasta los 18.76 °Brix con 160 N kg · ha⁻¹, Rodríguez (1982) menciona que el nitrógeno participa en la formación de aminoácidos, que entran en la síntesis de prótidos y proteínas vegetales, constituyendo un elemento plástico por excelencia, por lo que el nitrógeno es considerado clave para la producción de proteínas, azúcares, grasas y vitaminas.

Los valores estimados de contenido de azúcar fueron superiores a los reportados por Huaman (2001), quien empleando tres genotipos de camote y cuatro niveles de fertilización nitrogenada: 0, 50, 100-150 Kg · ha⁻¹ obtuvo 6, 13, 6.25, 6.75 y 6.80 °Brix de azúcar respectivamente, y para los tres clones de camote: LM 93.868, Jewel y SR 92.653.20, 6.15, 6.59 y 6.78 °Brix de azúcar, respectivamente.

Los tratamientos con fuente inorgánica tuvieron valores mayores en la concentración de azúcares, debido a que estos tratamientos tuvieron una fertilización complementaria fosfatada y potásica de 60 y 80 Kg · ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O. Los tratamientos con fuente orgánica solo tuvieron aportaciones de P y K contenido en el mismo abono y el administrado por el suelo.

Por otro lado, la deficiencia de K en las plantas produce retardo en el crecimiento, entrenudos cortos y, por lo tanto, tallos cortos (Barker y Pilbeam. 2007). Esto se observó en las plantas cultivadas con el tratamiento 120-60-40 de N, P₂O₅ y K₂O. El K es un nutrimento necesario en la producción de raíces tuberosas George *et al.* (2002) mencionan que el K influye en la división celular, inicio en la formación de raíces tuberosas, fotosíntesis, síntesis de carbohidratos y translocación de azúcares. También el K es importante para estimular el

crecimiento, debido a que es un activador de muchas enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración, y también activa enzimas que son necesarias para formar almidón y proteínas. Este nutrimento es uno de los contribuyentes más importantes al potencial osmótico de las células y, por consiguiente, a su presión de turgencia, siendo a la vez fundamental en el balance de las cargas negativas de ácidos orgánicos y de aniones tales como el sulfato y nitrato absorbidos por las raíces del medio externo y manteniendo la electro-neutralidad de las células (Taiz y Zeiger, 2010).

Los cultivos que producen tubérculos y raíces requieren menos nitrógeno y más potasio. El potasio tiene un rol importante en la formación, crecimiento y desarrollo de raíces tuberosas (Rodríguez *et al.*, 2001), la deficiencia de potasio provoca un desarrollo pobre de raíces tuberosas en camote, y la falta de potasio induce un pobre desarrollo de las raíces y estolones (Rodríguez *et al.*, 2001).

En un ensayo realizado con cuatro niveles de potasio, Denilio (2017) encontró que el sulfato de potasio es la fuente potásica que incrementó los sólidos solubles, y es el fertilizante que ayuda en el proceso enzimático y la formación de carbohidratos.

Los valores críticos de N, P, y K varían dependiendo del tipo de cultivo, estado de crecimiento y parte de la planta de importancia económica. El P y el K son importantes para la formación, crecimiento y desarrollo de raíces tuberosas; la deficiencia de estos dos nutrientes provoca un pobre crecimiento y desarrollo de raíces tuberosas en camote (Rodríguez *et al.*, 1991; Terry, 1992).

La fertilización con N, incrementan la calidad nutrimental de la raíz reservante y del follaje, tanto para consumo humano como para consumo animal. El follaje del camote se utiliza generalmente como forraje verde en alimentación del ganado lechero (vacas) y animales menores (conejos, cuyes y cerdos). La raíz reservante del camote también se incorpora a la ración de animales de engorde (vacunos, porcinos y conejos) por sus propiedades alimenticias, lo que, al mejorar la alimentación de estos animales, también se mejora la calidad de los alimentos que son para consumo humano.

Los resultados del análisis económico sugieren que aplicar cantidades superiores a 50 kg N·ha¹ reduce las ganancias del productor debido a que se incrementan los costos de producción, altas dosis de N incrementan rendimientos de raíces comerciales; sin embargo, no sucede lo mismo con el ingreso neto del productor. Es necesario buscar nuevas ventanas de comercialización y buscar darle valor agregado a las raíces cosechadas para mejorar los ingresos de los campesinos de la región.

7. CONCLUSIONES

Los resultados indican que la densidad de población adecuada para obtener mayores rendimientos totales (mayor a $14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) es de $20\ 000 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$, para las dos fuentes de fertilización de N orgánica e inorgánica.

El rendimiento de raíces reservantes comerciales fue incrementado por la dosis de N y la densidad de población. Los mayores rendimientos comerciales se obtuvieron con la fuente de N orgánica, con el tratamiento $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, el mayor crecimiento de follaje se obtuvo con los niveles más altos de $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ con la fuente de fertilización inorgánica.

La fertilización nitrogenada incrementa el contenido de proteínas, cenizas, fibra cruda en raíces reservantes y en el follaje, mejora la calidad nutrimental del camote tanto para consumo humano como para consumo animal.

La variedad nativa “gu naxhi” está adaptada a las condiciones edáficas y climáticas del sitio de estudio, a pesar que el suelo presenta un pH de 8.5, lo que dificulta la asimilación de micronutrientes, la planta muestra respuesta a la aplicación de N.

Con la dosis de 0 y $10 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ de la fuente de fertilización orgánica, se obtuvo la mayor relación beneficio/costo de 1.30.

8. LITERATURA CITADA

- Andersen, P., C., S. Rhoads, and B. V. Brodbbeck. 1999. Relationships of nitrogenous compounds in petiole sap of tomato to nitrogen fertilization and the value of these compounds as a predictor of yield. *HortScience* 32: 254-258.
- Anderson, J.P. 1982. Soil respiration. p. 831-871. *In* A.L. Page, R H. Miller and D.R. Keeney (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd ed. Soil Science Society of America Number 9. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Austin, D.F. 1988, The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweetpotatoes and related wild species. *En* :Gregory P. (ed.). *Exploration, maintenance, and utilization of sweetpotato genetic resources.* CIP, Lima, Peru. pp. 27-60.
- Barker, A., and D. Pilbeam. 2007. *Handbook of Plant Nutrition.* CRC Press. EEUU.
- Belehu, T., P. S. Hammes, And P. Robbertse. 2004. The Origin and structure of adventitious roots in sweetpotato (*Ipomoea batatas*). *Aust. J. Bot.* 52:551-558.
- Bonilla, J. 2009. *Manual del cultivo de camote.* Chemonics International Inc Nicaragua. 19 p.
- Borlaug, N.E. and Dowsell, C.R. 1994. Feeding a human population that increasingly crowds a fragile planet. Supplement to *Transactions, 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico, July 1994.* International Society of Soil Science. 15 pp.
- Byju, G & George, J. (2005). Potassium nutrition of sweet potato. *Advances in Horticultural Science.* 19. 221-239.
- Carey, E., E. Chujoy, T. Dayal, H. Kidanemariam, and H. Mendoza. 1992. Helping meet varietal needs of the developing world: the International potato Center's strategic approach to sweetpotato breeding. *En: Sweetpotato for the 21st Century Technology.* Alabama, USA pp 521-532.
- Castillo M., R., A. Brenes, P. Esker, and L. Gómez. 2014. Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L). *Agronomía costarricense.* San José. CR. 16 p.
- Castillo, R., A. Brenes, A. Esker, and L. Gómez. 2014. Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agron. Costarricense* 38(1):67-81.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). 2009. *Mejoramiento de la papa y camote en el mundo. Informe anual.* Lima, Perú. 255 p. colección FAO alimentación y nutrición N -24. 14.
- Chattopadhyay, A., I. Chakraborty and M. K. Nanda. 2006. Uncontrolled storage behaviour of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam). *Journal of Food Science and Technology.* 43. 41-45

- CIP. (1991). Memorias sobre el mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas* L) en Latinoamerica. Memoria del seminario sobre el mejoramiento de la batata en Latinoamerica. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú.
- CONAGUA. 2018. Estadísticas del agua en México, 2018, México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Denilio, M. 2017. Evaluación de fuentes de potasio sobre rendimiento de camote. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Ehisianya, C., A. Ukeh, and S. Odidika. 2013. Field Efficacy of Neem Seed Oil and Diazinon in the Management of Sweetpotato Weevil, *Cylas puncticollis* (Boh.) in South-eastern Nigeria. *Journal of Plant Studies*. 2. 135. 10.5539.
- FAO. 2005. Guía de producción de camote (*Ipomoea batata*). Documento
- FAO. 2009. Anuario. Producción. Batatas. Colección FAO. Estadística 142 del 8 al 9 de marzo 2005.
- FAO. 2004. Guía de Producción de Camote (*Ipomoea batata* L). Documento
- FAOSTAT. 2010. Anuario. Producción. Batatas. Colección FAO. Estadística.
- Firon, N., D. LaBonte, A. Villordon, Y. Kfir, and J. Solis. 2013. Transcriptional profiling of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) roots indicates down-regulation of lignin biosynthesis and up-regulation of starch biosynthesis at an early stage of storage root formation. *BMC Genomics*. 2013, 14: 460-483. 10.1186/1471-2164-14-460.
- Folquer, F. (1978). La batata (camote): estudio de la planta y su producción comercialización (Vol. 13). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Fonseca, C., P. Molina, y E. Carey. 1993. Selección de nuevas variedades de camote (Batata) con la participación de agricultores. Guía de Investigación CIP 5. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 28p.
- Fonseca, C., R. Zuger., T. Walker y J. Molina. 2002. Estudio de impacto de la adopción de las nuevas variedades de camote liberadas por el INIA, en la costa central, Perú. Caso del valle de Cañete. Centro Internacional de la Papa. Lima. 24 p.
- Furlani, P. R. 2003. Nutrición mineral de plantas en sistemas hidropónicos, pp 63-73. In: Hidroponía 2003, lo más cerca del futuro. NEVÁREZ, G (ed.). Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- Gao, F., Y. Gong, and P. Zhang. 2000. Production and development of sweetpotato in China. *Crop Production* 19:105-111.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246 p.

- George, S., G. Lu., and W. Zhou. 2002. Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Field Crop Res.* 77: 7-15.
- Hartemink, E. 2003 Integrated nutrient management research with sweet potato in Papua New Guinea. *Outlook Agric.* 32:173-182.
- Hernández, M., J. Torruco, L. Chel, and D. Betancur. 2006. Caracterización físico-química de los almidones de tubérculos cultivados en el estado de Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 28:718-726. Holm. J., I. Bjorck, A. Drews, y N. Asp. 1986.
- Horton, D. 1989. Constraints to sweetpotato production and use. In *Improvement of sweetpotato (Ipomoea batatas) in Asia. Report of the Workshop on Sweetpotato Improvement in Asia, October 24–28, 1988, ICAR, India. Lima, Peru: International Potato Center (CIP).*
- Huaman, H. 2001. Rendimiento de tres clones de camote, en cuatro niveles de fertilización nitrogenada en Tulumayo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 99 p.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2018) Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Blas Atempa, Oaxaca. http://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20124.pdf
- Islam, J., Z. Haque, K. Majunder, M. Haque, and F Hossain. 2002. Growth and Yield Potential of Nine Selected Genotypes of Sweet potato. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 5(5):537-538.
- Kapinga, R., P. Ewell, S. Jeremiah, R. Kileo. 1995. Sweetpotato in Tanzania Farming and food system. Implications for Research. Working paper for International Potato Center (CIP), Nairobi, Kenya and Ministry of Agriculture, Dar es Salaam, Tanzania.
- Kareem, I. 2013. Growth, yield and phosphorus uptake of sweet potato (*Ipomoea batatas*) under the influence of phosphorus fertilizers. *Res. J. Chem. Env. Sci.* (3): 50-55.
- Kays, S. 2006. Flavor, the key to sweet potato consumption. *Acta Horticulturae* 703:97-105.
- Keeney, D. R and Nelson D. W. 1982. Nitrogen in organic forms. Pages 645-698. In: A L Page eds. *Methods of soil analysis. Part 2 Agronomy N° 9.* American Society of Agronomy. Madison.
- Kriegner, A., J. Cervantes, K. Burg, R. Mwanga, and P. Zhang. 2003. A genetic linkage map of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) based on AFLP markers. CIP Program Report 1999-2000, Lima, Peru pp. 303-313.
- Kuo, G., and C. Huei-Mei. 1992. Source and sink relationships of sweetpotatoes. *Sweetpotato technology for the 21 st century.* W.A. Hill, C.K. Bonsi and P.A. Lorentan (Eds.). Pp 282-295. Tuskegee University, Tuskegee, Alabama.
- Lardizabal, R. 2003. Manual de Producción de camote. Fintrac CDA. Corles. Honduras. 23 p.

- Larnaudie, V. 2013. Alcohol production from sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genotypes in fermentative medium. *Acta Agron.*, Volumen 67, Número 2, p. 231-237, 2018. ISSN electrónico 2323-0118. ISSN impreso 0120-2812.
- Laurie, S., and M. Magoro. 2008. Evaluation and release of new sweet potato varieties through farmer participatory selection. *African Journal of Agricultural Research*. 3(10):672-676.
- Linares, E., R., D. Rosa-Ramírez, y R. Pereda-Miranda. 2008. El camote. *CONABIO. Biodiversitas* 81:11-15.
- Locascio, S. J, Dangler JM (1986) Starch and mineral nutrient accumulation by sweet potato cultivars. In: Smith VH (ed) *Biomass energy development*. Plenum Press, New York, pp 197–205.
- Loebenstein, G. (2009) Origin, Distribution and Economic Importance. In: Loebenstein G., Thottappilly G. (eds) *The Sweetpotato*. Springer, Dordrecht.
- López, M., E. Vásquez y R. López. 1990. Raíces y tubérculos. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. Pp 180 - 244.
- Maffioli, A. 1986. Efecto de poda sobre el crecimiento y rendimiento de raíces y forrajes en camote (*Ipomoea batatas* L.) LAM). Tesis Magister Scientiae, Turrialba, Costa Rica, CATIE, 77 p.
- Mannan, M. A., R. Bhuiyan, A. Quasem, M. Rashid, and M. A. Siddique. 1992. Studies on the growth and partitioning of dry matter in sweetpotato, *J. Root Crops* 18:1-5.
- Manrique, L. 1998. Sweet potato. Production principles. Hawaii. US. 169 p.
- Marín, M., y M. Suni. 2000. Caracterización anatómica del desarrollo de la raíz reseñante de camotes peruanos (*Ipomoea batatas* (L.) Lam. Convolvulaceae). *UNMSM. Revista Peruana de Biología* 7 (2): 103-114.
- Martínez, C. y L. Ramírez 2000. *Lombricultura V Agricultura Sustentable*. Edición única. Editorial futura, México. 236 págs.
- Montaldo, A. 1991. Raíces y tubérculos tropicales. 3ra Reimpresión. IICA-CIDIA. San José, Costa Rica. 407 p.
- Morales, A. 1987. Estudio de algunos parámetros genéticos y de estabilidad en clones de boniato en la República de Cuba. Tesis PhD. Universidad de Godollo, Hungría.
- Mosha, T., R. Pace, S. Adeyeye, H. Laswai, and K. Mtebe. 1997. Effect of traditional processing practices on the content of total carotenoid. p-carotene. a-carotene and vitamin A activity of selected Tanzanian vegetables. *Plant Foods for Human Nutrition* Vol 50 (3): 189-201.
- Ninaquispe, P. 1998. Determinación de las condiciones óptimas de fermentación en el proceso de enriquecimiento proteico del camote Amarillo (*Ipomoea batatas* L.). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbóte, Perú. 110 p.

- Oswald, A., J. Alkamper and J. Midmore. 1994. The effect of different shade levels of growth and tuber yield of sweetpotato: I. Plant development. *J. Agronomy & Crop Science* 173:41-52.
- Peñarrieta, C. 2001. Evaluación de dos sistemas de producción de camote bajo condiciones de El Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano. HN. 36 p.
- Pérez, M. 2014. Cultivo de camote (*Ipomoea batatas* L) San Salvador, SV. 12 p.
- Rajendran, P. 1990. Breeding methods in sweet potato. Second international training course on sweet potato production. India pp. 4-13.
- Richards, L. A. 1990. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6a ed. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. Limusa. México, D.F.
- Rivas, Y., C. Oyarzun, and E. Valenzuela. 2009. Mineralización del nitrógeno, carbono y actividad enzimática del suelo en un bosque de *Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst y una plantación de *Pinus radiata* D. Don. del centro-sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 82(1), 119-134.
- Rodríguez, A., A. Posadas, C. Leon-Velarde, and V. Mares. 2012. Effect of water and salt stress on the proline and total chlorophyll content and nutrients uptake on two sweet potato cultivars grown on soilless culture. *Acta Hort.* 947:55-02.
- Rodríguez-Delfín, A., A. Posadas, y R. Quiroz. 2014. Rendimiento y absorción de algunos nutrientes en plantas de camote cultivadas con estrés hídrico y salino. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(1), 19-28.
- Rodríguez-Delfín, A., D. Gómez, E. Fernández, and M. Chang. 2001. Effects of N, P and K nutrition on growth, yield and nutrient uptake of mashua plants grown in sand. In: Proc. ISOSCCongress2000. ISHS. *Acta Hort.* 554: 131-137.
- Rodríguez-Delfín, A., L. Miranda, y G. Zolla. 1991. Nutrición mineral en camote (*Ipomoea batatas* Lam.). *Revista Agronomía*. 39 (2): 9-15.
- Rós, A., J. Tavares, and G. Moraes. 2013. Rendimiento de la batata en diferentes sistemas de manejo de suelo. *Bragantia* 72:140-145.
- Salinas, F., and M. Vasquez. 2010. Proyecto de diseño para la instalación de una planta procesadora de almidón de camote (*Ipomoea batata*). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbóte, Perú. 145p.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 2003. Fisiología de las plantas 1. Células: agua. Soluciones y superficies. Paraninfo, Thomson Learning. España.
- Sangronis, E., P. Teixeira, M. Otero, M. Guerra, y G. Hidalgo. 2006. Manaca, batata y ñame: posibles sustitutos del trigo en alimentos para dos etnias del Amazonas venezolano. *ALAN* 56:122-128.

- SIAP, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. 2018. Producción Agropecuaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-producción-anual/> (noviembre 2018).
- Smith, T., and A. Villordon. 2009. Nitrogen management in Louisiana Sweet potatoes. Louisiana State University Agricultural Center. EEUU. 4 p.
- Spence, A., and C. Humphries. 1972. Effect of Moisture Supply, Root Temperature, and Growth Regulators on Photosynthesis of Isolated Rooted Leaves of Sweet Potato (*Ipomoea batatas*). *Ann. Bot.* 36. 10.1093/oxfordjournals.aob.a084564.
- Spence, T., and I. Ahmad. 1967. Plant nutrient deficiencies and related tissue composition of the sweet potato. *Agr. J.* 59 (1): 59-62.
- Stoddard, C., R. M. Davis, and M. Cantwell. 2013. Sweet potato production in California. University of California Vegetable Research and Information Center. EEUU.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2010. *Plant Physiology*. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA. 782 p.
- Teow, C. V. Truong, R. McFeeters and R. L. Thompson. 2007. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene content of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem* 103: 829-838.
- Terry, C. 1992. Nutrición mineral en plantas de camote (*ipomoea batatas* (L.) Lam.). Tesis Biol. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. 117 p.
- Vilaró, F. 2011. Phenotyping sweet potatoes for adaptation to drought. In Monneveux P, Ribaut JM editors. *Drought phenotyping in crops: From theory to practice*. Generation Challenge Programme. CIMMYT. México; pp 415-427.
- Villareal, R. 1982 Sweet potato in the tropics: progress and problems, In: *Sweet Potato Proceedings of the First International Symposium*. pp. 3-16. AVRDC, Shanhua, China.
- Villordon, A., D. La-Bonte, N. Firon, and Y. Kfir. 2009. Characterization of adventitious root development in sweetpotato. *HortScience* 44 (3): 651-655.
- Villordon, A., Labonte, D. Firon, N., and E. Carey. 2013. Variation in nitrogen rate and local availability alter root architecture attributes at the onset of storage root initiation in Beauregard sweet potato. *Hortscience* 48(6): 808-815.
- Vimala, B., A. Sreekanth, H. Binu, and G. Wolfgang. 2011. Variability in 42 Orange-Fleshed Sweet Potato Hybrids for Tuber Yield and Carotene y Dry matter Content. 40:190-200.
- Wubanechi S. 2014. Effect of Planting Density on Growth and Yield of Sweet Potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam) Varieties in Habru District, Northern Ethiopia. M.Sc. Thesis Sch. of Plant Sci., Harmaya Univ., Ethiopia, 82 pp.

- Yen, D. E. 1991. Domestication: The lessons from New Guinea. In A. Pawley, (ed.) *Man and a Half: Essays in Pacific Anthropology and Ethnobiology in Honour of Ralph Bulmer*. The Polynesian Society, Auckland, pp. 558–569.
- Yeng S., H. Agyarko, W. Dapaah, and J. Adomako. 2012. Growth and yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as influenced by integrated application of chicken manure and inorganic fertilizer.
- Zamudio, N. 2013. Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina). Ed. Cusumano. ed. Tucumán, AR. Ediciones INTA. 47 p.
- Zero, V.M., and L. Lima. 2005. Manejo y productividad del cultivo de la batata (*Ipomoea batatas*). *Energ. Agric.* 20:94-117.
- Zhang, D., M. Ghislain , and Z. Huamán. 1998. RAPD variation in sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivars from South America and Papua New Guinea. *Genetic Resources and Crop Evolution* (1998) 45: 271.
- Zhang, D., G. Rossel, and A. Kriegner. 2000. From Latin America to Oceania: the historic dispersal of sweetpotato re-examined using AFLP. CIP Program Report 1999-2000, Lima, Perú pp. 315-321.
- Zhang, D., J. Cervantes, Z. Huaman, and E. Carey. 2000. Assessing genetic diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars from tropical America using AFLP. *Genetic Resources and Crop Evolution* 47: 659-665.