

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE
AGRONOMÍA**



**ABONAMIENTO ORGÁNICO Y DENSIDADES DE SIEMBRA
EN EL RENDIMIENTO DE YACON (*Smallanthus
sonchifolius* Poepp & Endl.) H. Robinson EN CANAÁN
A 2750 msnm AYACUCHO.**

Tesis para obtener el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

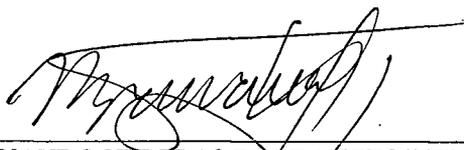
HOWER TACAS HUANCAHUARI

AYACUCHO - PERU

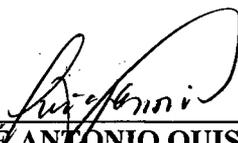
2010

**“ABONAMIENTO ORGÁNICO Y DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL
RENDIMIENTO DE YACON (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) H.
Robinson EN CANAÁN A 2750 msnm. AYACUCHO”**

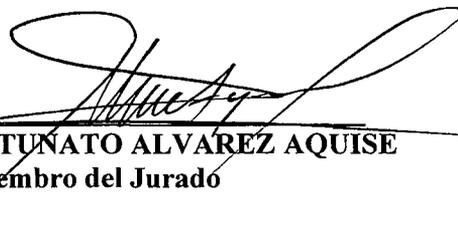
Recomendado : 09 de abril de 2010
Aprobado : 23 de abril de 2010



M.Sc. ING. FERNANDO NICOLAS BARRANTES DEL AGUILA
Presidente del Jurado



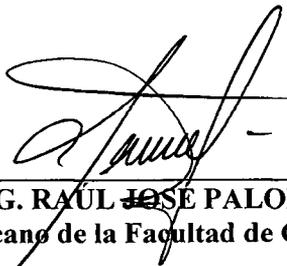
M.Sc. ING. JOSÉ ANTONIO QUISPE TENORIO
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. FORTUNATO ALVAREZ AQUISE
Miembro del Jurado



ING. ALEX LAZARO TINEO BERMÚDEZ
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. RAUL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

Con todo cariño y gratitud infinita a mis padres Ezequiel y Gertrudes y a mis hermanos por sus desvelos y sacrificio constante que supieron encaminarme haciendo posible en la culminación de mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, formadora de innumerables profesionales que hoy triunfan en diferentes partes del Perú y del mundo, dejando en alto el nombre de nuestra alma mater.

A la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a su plana de docentes, quienes contribuyeron en mi formación profesional para poner al servicio de la sociedad.

Al M.Sc. Ing. Fortunato Álvarez Aquisé, asesor del presente trabajo, quien me brindó su apoyo desinteresado en el inicio, desarrollo y conclusión del mismo.

A todos mis amigos por brindarme su apoyo material y moral en la culminación de mis estudios y ser hoy en día lo que soy.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
REVISION DE BIBLIOGRAFIA	
1.1 ORIGEN Y DOMESTICACIÓN DEL YACÓN.....	3
1.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO.....	4
1.3 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO.....	5
1.3.1 Ubicación taxonómica del yacón.....	5
1.3.2 Descripción botánica.....	5
1.4 MORFOTIPOS DE YACÓN.....	10
1.5 CONDICIONES AGRO ECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DE YACÓN.....	10
1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA RAÍZ.....	13
1.7 PROCESOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL YACÓN.....	14
1.8 LABORES AGRONÓMICAS.....	19
1.9 COSECHA Y RENDIMIENTO.....	22
1.10 POST COSECHA.....	22
1.11 ALMACENAMIENTO.....	23
1.12 COMERCIALIZACIÓN.....	23
1.13 IMPORTANCIA DEL ABONAMIENTO ORGÁNICO.....	24
1.14 GUANO DE ISLAS.....	26

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1	UBICACIÓN DEL TRABAJO.....	30
2.2	CLIMA.....	30
2.3	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	34
2.4	MATERIALES.....	34
2.4.1	Material genético.....	34
2.5	PLANEAMIENTO ESTADÍSTICO.....	35
2.5.1	Factores en estudio.....	35
2.5.2	Combinación de factores.....	35
2.5.3	Croquis del campo experimental.....	37
2.5.4	Diseño experimental.....	37
2.5.5	Características de la parcela experimental.....	39
2.6	VARIABLES EVALUADAS.....	39
2.7	CONDUCCIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	41
2.8	Análisis estadísticos.....	43

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1	ALTURA DE PLANTA.....	44
3.2	NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA.....	48
3.3	BIOMASA O PESO TOTAL DE LA PLANTA.....	51
3.4	PESO DE CORONA POR PLANTA.....	56
3.5	NÚMERO DE RAÍCES RESERVANTES POR PLANTA.....	58

3.6 RENDIMIENTO DE RAICES RESERVANTES EN kg.ha ⁻¹	64
--	----

CAPITULO IV

CONCLUSIONES.....	67
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	68
----------------------	----

RESUMEN.....	69
--------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	70
---------------------------------	----

ANEXO

INTRODUCCION

El yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) H. Robinson es uno de los cultivos nutraceuticos más valiosos para la humanidad que se cultiva por su raíces reservantes; éstas se comen crudas y tienen sabor dulce por la presencia de azúcar. En su composición contiene oligofructanos, cuyas propiedades contribuye a controlar el aumento de azúcar en la sangre en personas diabéticas (Mendieta, 2005).

En nuestro país el yacón es uno de los once tubérculos y raíces andinas que se encuentran mantenidos en custodia en el Banco Genético del Centro Internacional de la Papa (CIP); crece en distintas condiciones ecológicas del país, donde las condiciones ambientales son limitantes en el rendimiento de los diversos morfotipos (Espinoza, 2002).

El yacón constituye un valioso recurso alimenticio y es considerado como un cultivo alternativo con grandes potencialidades para la agricultura sostenible en la región andina.

En las tres últimas décadas el área de siembra anual de yacón fue mucho menor a 100 hectáreas en todo el país según la Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura (2000); la siembra comercial de yacón comienza a incrementarse a partir del año 2000 en diferentes

regiones del país. En el primer Curso Nacional de Yacón celebrado en Cajamarca en agosto de 2002, se estimó no menos de 600 hectáreas de superficie sembrada de yacón en los principales zonas de producción (Seminario, 2003).

Existen estudios preliminares que señalan la utilización de abonos orgánicos en el cultivo de yacón; es necesario el estudio de densidad de siembra, para obtener buenos resultados de producción y productividad de raíces reservantes de yacón.

Por estas condiciones se realizó el presente trabajo con los objetivos siguientes:

- Determinar la cantidad de guano de islas que optimice el rendimiento de raíces reservantes de yacón.
- Determinar la mejor densidad de siembra para la producción de raíces reservantes de yacón.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 ORIGEN Y DOMESTICACIÓN DEL YACÓN

Grau y Rea (1997) afirman que el yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl) H. Robinson, es una planta de origen andino desde los tiempos remotos de nuestros ancestros, al constituirse una planta alimenticia y medicinal, al igual que muchos cultivos andinos, fue domesticado y desarrollado por la sabiduría de los antiguos pobladores, donde florecieron en las culturas andinas de Sudamérica.

Arbizu y Hermann (1992) mencionan que el hombre precolombino cultivó y domesticó entre otras raíces y tubérculos pertenecientes a diferentes familias destacándose seis raíces (yacón, arracacha, achira, mauka, maca y ahipa) y cinco tubérculos (olluco, oca, mashua, papa y camote).

Valderrama (2005) menciona que las áreas de siembra fueron incrementadas en la época del Imperio de los Incas, su mayor área de cultivo de raíces reservantes esta en los Andes Centrales del Perú y de Bolivia, expandiéndose hacia el Ecuador, Colombia y Sur de Venezuela hasta el Norte de Argentina y Chile y las zonas comprendidas entre éstos países, es con el propósito de aprovechar su raíz reservante de yacón.

León (1964) informa que en Bolivia, se usa el nombre de “aricoma” solo en la Paz, lo que significaría que es de origen aymará. Algunos creen que el término “yacón”, es español. En el diccionario quechua de Lira, el sustantivo familiar para “agua”, es “uno” del mismo modo que “yacu” en tanto que la palabra “yakku” en sentido estricto, es un adjetivo que significa insípido. Con estos datos, creemos que la palabra “yacón”, es de origen quechua y significa “aguanoso-insípido”.

1.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

Valderrama (2005) indica que el yacón viene concitando el interés público debido a sus efectos benéficos potenciales para la salud humana. Las raíces del yacón contienen fructooligosacáridos (FOS), un tipo particular de azúcares de baja digestibilidad que aportan pocas calorías al organismo y pueden ser consumidos por personas diabéticos, por que no elevan el nivel de glucosa en la sangre.

Tapia (1997) manifiesta que raíces comestibles de pulpa crema o amarillo - naranja y algunas con estrías de color púrpura, muy jugosas y con un leve sabor a sandía. Las raíces almacenan azúcares bajo la forma de inulina, un polímero compuesto principalmente de fructosa y/o oligofruktanos, constituyendo de esa manera un alimento ideal para diabéticos principalmente, como también para los deportistas y ancianos.

Vietmeyer (1989) menciona que el yacón tiene un sabor agradable y refrescante, bajo en calorías y constituye, un potencial para producir golosinas industrialmente, cualquier planta con éstas características

tienden a tener un valor alto comercialmente como es la caña de azúcar, remolacha.

1.3 CARACTERISTICAS DEL CULTIVO

1.3.1 Ubicación taxonómica del yacón

Según León (1964), Mostocero y Mejía (1993), Grau y Rea (1997) y Tapia (1997), la taxonomía de la especie es:

División	:	Fanerógamas o Antofitas
Sub división	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledónea
Sub Clase	:	Metaclamidias o simpétalas
Orden	:	Campanulales
Familia	:	Compositae o Asteraceae
Sub familia	:	Asteroidea
Género	:	<i>Smallanthus</i>
Especie	:	<i>Smallanthus sonchifolius</i> (Poepp. & Endl.) H. Robinson.

Nombres comunes: Yacón, Llacón, Llacuma, Yacumi, Yacum – yacum (Quechua: Perú y Bolivia). Aricama (Aymara: Perú y Bolivia). Jiquima, Jiquimilla, Jicama (Ecuador y Colombia), Strawberry (Ingles), Poir de terre Cochet (Francés), Polimnia (Italiano), Erdbirne (Alemán).

1.3.2 Descripción botánica

Grau y Rea (1997) afirman que el *Smallanthus shonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. En la literatura científica se ha usado también *polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. y *Polimnia edulis* Wedd. para referirse al yacón. Originalmente el yacón había sido clasificado dentro del género *Polimnia* (Wells, 1965). Sin embargo, algunos años más tarde

Robinson (1978) determinó que muchas de las especies del género *Polimnia* entre las cuales se encontraba el yacón, en realidad pertenecían a un género que Mackensie (1933), había propuesto hacía algunos años: el género *Smallanthus*. Las diferencias entre los dos géneros se refieren al patrón de estrías en la superficie del fruto (aquenio), la presencia de un verticilo externo de brácteas, la ausencia de glándulas en el apéndice de la antera, entre otros. En la actualidad el género *Smallanthus* es el más usado entre los taxónomos para identificar al yacón.

LA RAIZ RESERVANTE

Espinoza (2002) menciona que la cuya epidermis es de diferente tonalidad que puede variar desde rosada, crema, moteado (jaspeado). Cuando se quiebra o se divide el interior de la raíz es de pulpa quebradiza y semividriosa, jugoso con bastante agua, de sabor dulce, que para consumir, hay que tritular bien o licuar como a una fruta. La pulpa es de color crema, crema amarillo, crema humo, crema blanca.

LA RAIZ NO RESERVANTE.

Espinoza (2002) menciona que las raíces delgadas y largamente expandidas sirven de vía nutritiva a la planta madre, esta llega a crecer hasta 1.00 m de longitud alrededor del tronco o cepa, cuando las plantas son grandes y frondosas.

LA CEPA O CORONA

Valderrama (2005) menciona que conforme se acerca a la cosecha, la planta forma entre los tallos y la raíces, una masa irregular de tejido de

reserva (parenquimático), con muchas yemas que dan lugar a brotes y se le llama “cepa” o “corona”. De este órgano se obtiene la “semilla” vegetativa en forma de porciones de cepa que son los propágulos para la siembra.

EL TALLO

León (1964) señala que el tallo engrosado es suculento en las primeras etapas, mas adelante se endurece hasta lignificarse, formando un cuerpo muy ramificado y superficial que alcanza gran tamaño como lo notó Fry; en esta etapa ofrece muy poca porción comestible.

LAS YEMAS

León (1964) indica que las yemas que formarán los vástagos aéreos brotan de los nudos de la parte subterráneo del tallo en porción opuesta; estas yemas, están cubiertas de escamas purpúreas, y cuando han crecido de 2 a 3 cm son claramente visibles las hojas nuevas.

LAS HOJAS

Nina (1996) citado por Espinoza (2002), menciona que son órganos laminares simples acorazonadas, anchas y grandes; palmitinervadas cordiforme y pubescentes en ambas superficies de la hoja y especialmente en el envés en donde la pelusa llega a medir hasta 15 mm.

León (1964) afirma que las hojas nacen del nudo del tallo en posición opuesta como se puede observar y en términos generales varían en su morfología, donde las hojas de la base son pinnapartidas y los superiores son triangulares y acorazonados.

LA INFLORESCENCIA

León (1964) indica que los botones florales del yacón se observan después de 4 a 5 meses de plantados siempre y cuando las condiciones de producción sean óptimas, caso contrario no llegan a emitir los botones florales. La inflorescencia es racimosa, con un promedio de 10 a 16 botones florales.

El yacón como es una planta compuesta, presenta dos clases de flores:

- a) Flores de los tallos laterales: son liguladas, de color amarillo anaranjado.
- b) Flores del tallo central: son tubulares de color amarillo intenso.

La rama floral es Terminal de ramificación dicásica, compuesta de inflorescencias llamadas capítulos o cabezuelas. Cada rama floral puede presentar entre 20 a 40 capítulos. Una planta puede producir 20 a 80 capítulos. Cada capítulo está formado por flores femeninas y masculinas.

LA FLOR FEMENINA

Seminario (2003) define que la corola de la flor femenina está formada por la fusión de cinco pétalos (corola simpétala). Tres de estos pétalos forman la lígula, que es ensanchada en la parte media y bi o tridentada en el ápice, a veces con dientes apenas visibles. Los otros dos pétalos están reducidos, formando un pequeño tubo en la parte basal de la lígula. Rodeando a la rama estigmática, en su parte externa y por encima del

ovario, se inserta el pappus o vilano, que son brácteas modificadas en pequeñas cerdas o pelos de color blanquecino.

LA FLOR MASCULINA

Seminario (2003) señala que las flores masculinas se abren por series, partiendo desde la periferia. La flor masculina posee gineceo no funcional. La corola está formada por cinco pétalos soldados formando un tubo penta dentado (5-lobular), con una densa pilosidad en la cara externa. Presenta cinco estambres de filamentos libres y anteras connadas a la parte apical del estilo (estigma). En la antesis, las anteras se rompen dejando visible el estilo, de color amarillo, que sobresale de la corola tubular.

EL FRUTO

Seminario (2003) indica que el pericarpio es delgado y seco a la madurez, externamente presenta estrías longitudinales que forman surcos paralelos. La semilla se encuentra unida al pericarpio solamente por el funículo (unión del saco embrionario con el ovario). El aquenio es piramidal con ángulos no bien definidos y redondeados, de ápice truncado y base ensanchada, en la cual lleva una pequeña cicatriz (en la unión con el receptáculo floral). En promedio, mide alrededor de 3.7 mm de largo y 2.2 mm de ancho.

Perea (2008) Nina (1996) citados por Espinoza (2002), señala que el fruto del yacón maduro es un aquenio en forma elipsoidal de color café oscuro con epidermis lisa, endocarpio sólido caracterizándose por el libre

desprendimiento del pericarpio con un ligero frotamiento se pudo constatar que algunos ecotipos no producen semillas y si los produce no son viables.

1.4 MORFOTIPOS DEL YACON

Espinoza (2002) menciona que hay autores que indican como ecotipos por ejemplo como rosado, blanco, amarillo, moteado, siempre diferenciándolos con las observaciones de sus colores morfológicas, pero en la región de Huánuco encontramos los clones que denotan diferencias en las epidermis de sus raíces reservantes, que representan a los clones de morfotipos de colores rosado, blanco y amarillo respectivamente.

1.5 CONDICIONES AGROECOLOGICAS PARA EL CULTIVO DEL YACON

Seminario (2003) señala las mejores condiciones para el desarrollo del yacón se encuentran entre el piso alto de la región yunga y el piso medio de la región quechua, según la clasificación de PULGAR VIDAL (1996) en el rango altitudinal de 1100 a 2500 msnm. Sin embargo, el yacón ha demostrado ser un cultivo con bastante adaptación, pudiendo sembrarse en varios lugares de la costa y la selva del Perú. En el norte peruano no soporta ambientes arriba a los 3000 msnm, pero su cultivo se extiende hacia la ceja de selva de los departamentos de Cajamarca, Amazonas, San Martín y Junín.

LUZ SOLAR

Valderrama (2005) señala tiene un comportamiento indiferente a la longitud del día y a la intensidad de la luz; pero en términos generales, el

cultivo debe recibir como mínimo nueve horas de luz, crece bien bajo sombra de árboles frutales y otros arbustos, y también a pleno sol; del mismo modo, desarrolla bien asociado con maíz, hortalizas y otros cultivos.

Grau y Rea (1997) relación al foto periodo, mencionan que al yacón se ha descrito como un cultivo de día neutral para el tallo y para el proceso de tuberización de la raíz.

PRECIPITACION

Espinoza (2002) menciona que el yacón como una planta frondosa, de morfología carnosa suave, de hojas amplias, necesita mayor cantidad de humedad, la cual es importante para el intercambio metabólico y actividad fisiológica en la formación de los tubérculos voluminosos y de follaje frondoso, con gran capacidad de almacenamiento de agua y carbohidratos.

Valderrama (2005) señala requiere de 550 a 1200 mm de humedad de lluvia anuales. Sin embargo, es importante que en los cinco primeros meses después de la siembra, no le falte una dotación de agua uniforme y frecuente. A partir de la floración, el suelo debe mantener la humedad suficiente para favorecer la tuberización y un buen desarrollo de la planta.

ALTITUD

Espinoza (2002) menciona si bien es cierto que el yacón crece desde el nivel del mar hasta 3600 msnm., su hábitat normal de producción es de 2500 a 3200 msnm., sin embargo, en los extremos críticos de altitud,

puede lograrse la producción con mayores esfuerzos de asistencia agronómica. A nivel del mar (nuestra costa) hay que sembrar coincidiendo con los meses de mayor frío (invierno) y en la parte más alta hay serios problemas por la presencia de heladas y por lo que la siembra debe iniciarse en los meses de primavera.

TEMPERATURA

Según Espinoza (2002) el yacón se desarrolla bien en la sierra y en los valles interandinos; con temperaturas medias anuales de 14 a 20°C las temperaturas menores a 10°C retardan su crecimiento y alargan el periodo vegetativo, mermando los rendimientos, hasta el 80 % de formación de tubérculos para el periodo de maduración, llenado de raíces se necesita una temperatura de 20 a 28°C casi constante. Si la temperatura excede los 28°C y la humedad del suelo es insuficiente, la planta se estresa y marchita excesivamente, afectando su normal desarrollo. El yacón es muy susceptible a las heladas, pero esta limitante se compensa con una excelente capacidad de rebrote. El cultivo desciende hasta la costa, sin mayor problema; sin embargo, hay evidencias que en estas altitudes, la tuberización no es del todo eficiente.

SUELO

Grau y Rea (1997) indican que el yacón se adapta a una gran variedad de tipos de suelo, pero son recomendables los suelos fértiles, con buena estructura y con buena profundidad de la capa arable, excepto suelos pobres y pesados. Crece muy bien en suelos húmosos y ricos en

contenido mineral (suelos habilitados y con quema de bosques). También se obtienen buenas cosechas en suelos arenosos de origen aluvial.

pH

Espinoza (2002) menciona que el pH ideal se ubica entre los 6 y 7.5, aunque tolera también suelos medianamente ácidos de preferencia evitar suelos con alta salinidad.

MATERIA ORGANICA

Según Espinoza (2002) los suelos donde se cultiva el yacón debe tener buena cantidad de materia orgánica natural, comprobada mediante el análisis de suelo, puede incorporar hasta 3 tn.ha⁻¹ caso contrario, se planificará incorporar de 5 tn.ha⁻¹ a más.

1.6 COMPOSICION QUIMICA DE LA RAIZ

Ohyama *et al.* (1990) Asami *et al.* (1991), Nieto (1991) citados por Seminario (2003) señalan que el yacón es una de las raíces reservantes comestibles con mayor contenido de agua, y contiene entre 83 y 90 % del peso fresco de las raíces es agua. En términos generales, los carbohidratos representan alrededor del 90 % del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre 50 y 70 % son fructooligosacáridos (FOS). El resto de carbohidratos lo conforman la sacarosa, fructuosa y glucosa; sin embargo, la composición relativa de los diferentes azúcares varía significativamente debido a diferentes factores como el cultivar, la época de siembra y cosecha, tiempo y temperatura en postcosecha, entre otros.

Tabla 1: Composición química promedio de 10 entradas de yacón procedentes de Perú, Bolivia, Ecuador y Argentina (en relación a 1 kg de materia comestible de raíz (fresca)).

Variable	Promedio	Rango
Materia seca (g)	115	98 - 136
Carbohidratos totales (g)	106	89 - 127
Fructanos (g)	62	31 - 89
Glucosa libre (g)	3.4	2.3 - 5.9
Fructosa libre (g)	8.5	3.9 - 21.1
Sacarosa libre (g)	14	10 - 19
Proteína (g)	3.7	2.7 - 4.9
Fibra (g)	3.6	3.1 - 4.1
Lípidos (mg)	244	112 - 464
Calcio (mg)	87	56 - 131
Fósforo (mg)	240	182 - 309
Potasio (mg)	2282	1843 - 2946

Fuente: Hermann *et al.* (1999).

1.7 PROCESO PARA LA PRODUCCION DEL YACON

EPOCA DE SIEMBRA

Espinoza (2002) menciona acuerdo a los variables intervinientes, en función cronológica y secuencial de los procesos operacionales que se ejecutan durante la instalación, la etapa vegetativa y productiva, cosecha y post-cosecha del yacón.

En la sierra del Perú

Cuando el cultivo es conducido en seco, se recomienda la siembra al inicio de las lluvias, comprendido entre los meses de septiembre, octubre y noviembre, para cosechar en los meses de junio, julio y agosto del

siguiente año. No es aconsejable excederlos de los meses indicados, porque su cultivo debe coincidir con los meses de mayor precipitación de la campaña agrícola y en la finalización de ella. En los meses de junio a agosto hay presencia de heladas, que puede ocasionar la muerte de las plantas. En climas templados, donde las heladas no repercuten daños se puede cultivar todo el año siempre que exista agua abundante para el riego y que genere la humedad relativa adecuada.

En la costa y en otras zonas

El suministro de la humedad, a condiciones constantes esta garantizado en algunas valles de la costa, donde hay disponibilidad de agua y obras de infraestructura de riego; sin embargo se tiene que sembrar al inicio de los meses (noviembre a enero) de bajas temperaturas, para satisfacer con los requerimientos de la planta durante el periodo vegetativo y coincidir con la cosecha en meses de días largos y calurosos.

a) Selección y clasificación de la planta madre

Se tiene que ir seleccionando durante el desarrollo vegetativo del cultivo, a través de una marca o señal, utilizando objetos visibles se elige toda planta que tenga las siguientes características: vigorosas, muestran uniformidad, buen porte y bien formados, resistentes a problemas de plagas y enfermedades, mayor número de tallos brotados y en desarrollo. Se complementa con las actividades de clasificación de plantas en función a otras características morfológicas y fisiológicas como es el color, Buena profundidad, para favorecer el desarrollo de las raíces reservantes

y de tallo, hojas, mayor número de raíces reservantes, tamaño grande de raíces, color de las pulpas y de su epidermis.

b) Preparación de semilla vegetativa

Espinoza (2002) menciona que las plantas seleccionadas y marcadas, se cosechan por separado. Después de separar las raíces reservantes, a las cepas madres se maneja tratándolas de tal manera que continúe su proceso de dormancia, para ello se le entierra en camas de almácigo, toda la cepa seleccionada y clasificada por un tiempo determinado (uno a dos meses), hasta que se observe la emergencia de nuevos tallos.

Si la cepa madre tiene rebrotes, se secciona dividiendo en cepas pequeñas, con dos a tres rebrotes o nuevos tallitos (vástagos), con la ayuda de la navaja, desinfectando constantemente con la solución: agua y jabón o cal o ceniza (polvo) las yemas separadas deben tener tamaño uniforme, de buen diámetro: 0.8 a 10.0 cm y de 5 a 8 cm de longitud. La preparación de la semilla vegetativa se realiza dos días antes de la siembra, de tal modo que la herida efectuada por el corte se seque, con la ayuda de los rayos del sol.

c) Desinfección de la semilla vegetativa

La desinfección de la semilla asexual es a través de la técnica de inmersión, (5 minutos de remojo) para controlar la presencia de hongos como la chupadera fungosa, para la cual se usa Benlate en polvo mojable en una cantidad de 100 g para 100 kg de semilla en 25 a 30 litros de

agua. También se puede usar Menecerén CA 70WS 500 g en un cilindro de agua, para 500 kg de semilla.

d) Propagación

La planta de yacón es propagada por sus diversos órganos vegetativos ya sea de su tallo principal, laterales, brotes, cepas, raíces, semilla botánica.

e) Insumo de fertilización

Materia orgánica

Espinoza (2002) lo estimó incorporar 2 tn.ha^{-1} como mínimo en suelos fértiles en materia orgánica natural, en terrenos pobres en materia orgánica estima a dosificar con más de 5 tn.ha^{-1} consistente en estiércol de lombriz, estiércol podrido, compost, abono verde, guano de islas, etc. con la finalidad de mantener la humedad constante en la zona de la raíz, para dotar la posibilidad de nutrientes requeridas por la planta.

f) Análisis de suelo

Es importante realizar el muestreo de las áreas acotadas y divididas, para realizar el correspondiente análisis de rutina de fertilización, ella nos va permitir conocer la deficiencia nutritiva del suelo y desde esta perspectiva formular el nivel de fertilización del cultivo y el mecanismo de dosificar las enmiendas y la incorporación de materia orgánica.

g) Preparación del terreno

Espinoza (2005) menciona que las primeras roturaciones de terreno se ejecuta mediante la tracción animal "yunta", cuando el terreno es accidentado y cuando no es posible la operatividad con maquinaria

agrícola o por la falta de ella. De la misma forma el desterronado, el mullido, el surcado y hasta el trazado de canales de riego y desagüe se ejecuta por esta modalidad; el preparado del suelo debe ser profundo, abarcando entre los 40 a 50 cm de profundidad.

h) Trazado de surcos

Según Mendieta (2005) el terreno se surca para lograr los siguientes propósitos.

- Un mejor ordenamiento espacial de las plantas.
- Para regular el caudal de agua de riego o de lluvia (secano).
- Para facilitar las actividades agronómicas posteriores.

i) Siembra o colocación de los propágulos

Mendieta (2005) indica en la siembra manual, se usa una bolsa donde se deposita y traslada los propágulos que serán colocadas en el suelo a una distancia elegida. El paso a pie del operario es utilizado como medida referencial para el distanciamiento entre propágulos y propágulos. También se puede emplear maquinaria para facilitar la colocación de los propágulos y el tapado inmediato.

j) Densidad de siembra

Espinoza (2002) indica que la densidad de siembra está en estrecha relación con la profundidad, topografía del terreno y fertilidad de la misma; en los terrenos planos, ricos en materia orgánica, la densidad de siembra es más estrecha y en los terrenos accidentados e infértiles, la densidad de siembra es mínima.

k) Tapado

Mendieta (2005) señala que el uso de la tracción animal (arado) o de la tracción mecánica (tractor) para el tapado de la línea de siembra tiene la ventaja de que realiza el "cambio de surco", es decir, tapa el surco de siembra y abre el surco de riego.

l) Riego

Espinoza (2005) dice que si la plantación se efectúa en terreno seco o poco húmedo, hay la necesidad, de suministrar el primer riego ligero al finalizar el transplante; el segundo riego al término de los 7 días y los riegos sucesivos, siempre manteniendo la humedad en capacidad del campo.

1.8 LABORES AGRONOMICAS

Recalce

Espinoza (2002) indica que el proceso de reemplazo al vástago sembrado que no ha seguido creciendo después de la siembra por haber sufrido cambios fisiológicos o variaciones en su constitución morfológica (pudrición por causa de hongos en el suelo), las cuales se efectúan dentro de 30 días después del transplante. No se puede esperar más días para realizar esta actividad, debido a que puede prolongar más tiempo su periodo vegetativo.

Escarda

Se realiza al término de las 60 a 75 días después del transplante o en menos días, según la invasión de malezas, que perjudica al cultivo

provocando la competencia por nutrientes, humedad, luz, etc., acarreado a la vez muchas enfermedades y la invasión de plagas. Esta operación se realiza utilizando herramientas más usuales que son muy bien manejadas por los mismos agricultores de la zona.

Uso de herbicidas

Para evitar la invasión de malezas y obviar en cierto modo el primer cultivo, se puede utilizar herbicidas específicos para el cultivo, en terrenos trabajados con mayor intensidad y donde hay incidencia de malas hierbas, aunque genere repercusiones negativas en la geomorfología de la materia orgánica.

Aporque

Seminario (2003) recomienda hacer ligeros aporques primer y segundo que consiste en arrumar la mayor cantidad de tierra al pie de la planta, con el propósito de dar mayor sostenimiento, provocar mayor desarrollo y llenado de las raíces tuberosas, proveer de una humedad constante. Esta operación se ejecuta entre 4 a 5 meses después de transplante; por consiguiente se eliminará la presencia de malezas existentes, utilizando herramientas tales como azadón, lampa, etc.

CONTROL FITOSANITARIO

La observación sanitaria es constante, para identificar y detectar la presencia de plaga y enfermedades; el control de las malas hierbas, ~~es~~ una buena alternativa para alertar y evitar la invasión de insectos y patógenos.

Plagas

Espinoza (2002) menciona que siempre existe la presencia de insectos masticadores y cortadores de hoja y tallos (gusano de tierra), picadores y chupadores (*Empoascas sp*, pulgones); comedores de raíces (gusano arador, alambre, etc.), siendo su incidencia ocasional y no significativa que no son necesarios su control con productos agroquímicos por ser antieconómicos. Si no fuera así se puede usar insecticidas de menor poder residual, especialmente insecticidas ecológicos, como también tamarón y otros en mínima dosis.

Enfermedades

Espinoza (2002) menciona en las principales zonas productoras (nicho ecológico) del yacón, en Huánuco no se han observado la presencia de enfermedades en las parcelas sembradas, gracias a las condiciones de rusticidad de la especie es tolerante a muchas enfermedades y esto incita no usar fungicidas; sin embargo, en casos de fuertes ataques de *Oidium* y *Mildiu* es necesario utilizar fungicidas como el dithane en las dosis de 2 litros por hectárea.

Barrantes (1998) informa que se ha detectado ataque del hongo *Bipolaris sp.*, el cual se presenta en lugares cálidos de valles interandinos. El síntoma es una necrosis marrón en cualquier parte de la lámina por lo general en las hojas del tercio inferior.

Seminario (2003), indica que en las raíces es común la pudrición ocasionada por hongos de los géneros *Fusarium* y *Rhizoctonia*, cuyo

ataque está relacionado con el exceso de humedad en el suelo. Estas enfermedades pueden ser prevenidas con un manejo adecuado del riego y buen drenaje del suelo.

Nemátodos

Espinoza (2002) menciona que tampoco tenemos problemas con los nemátodos, como para tomar medidas de control, sin embargo estimamos que hay indicios de la presencia de *Meloidogyne sp.*, *Heterodera sp.* Entre otras especies, siendo necesario su estudio, como también para descartar la presencia de virus.

1.9 COSECHA Y RENDIMIENTO

Seminario (2003) indica que en Cajamarca la cosecha se realiza entre 7.5 y 12 meses después de la siembra, dependiendo de la zona geográfica y del morfotipo cultivar empleado. En términos generales se puede afirmar que la cosecha en las zonas bajas y templadas es temprana y en las zonas altas es tardía. Los indicadores para saber si ha llegado el momento de la cosecha son el amarillamiento de las hojas y el cese de la floración. El rendimiento promedio evaluado durante varias campañas y cuatro sitios es alrededor de 40 a 50 tn.ha⁻¹ en un experimento de asociación con maíz se obtuvo en promedio de 72 tn.ha⁻¹.

1.10 POST COSECHA

Manejo del producto

Espinoza (2002) menciona que se efectúa la clasificación de raíces comestibles por tamaño, seleccionando los deformes, malogrados,

dañadas por las herramientas durante la cosecha, con síntomas de pudrición, con perforaciones ocasionadas por las larvas de los gorgojos, entre otros daños, éstos serán excluidos del almacenamiento para no tener problemas de pudrición durante el periodo de comercialización.

Manejo de la cepa

Espinoza (2002) indica que la cepa o planta madre o el tronco madre de la planta, que los agricultores de la zona las denomina mocra, mucra o magra, se conduce a la cama de almácigo y en algunos casos, es enterrada, en la chacra, con el propósito de conservarla y así cumpla el periodo de latencia hasta el rebrote dando origen a nuevas plantas que servirán para futuras propagaciones.

1.11 ALMACENAMIENTO

Se necesitan de almacenes adecuados, amplios, ventilados de iluminación moderada para el depósito temporal del producto al piso del almacén debe ser a base de tablas de madera o de otro material similar para evitar la pudrición; además el almacén debe tener buena iluminación de luz difusa, con techo alto, con ventanas amplias para el acceso de los rayos solares en un 25 % del normal, y una temperatura de 10 a 15 ° C en el interior del mismo

1.12 COMERCIALIZACION

El yacón es un producto perecible, por lo que requiere comercializarla inmediatamente después de la cosecha; usando como unidad de medida,

el kilogramo en las diversas tipos de balanza, romana en el expendio al detalle y tonelada métrica para grandes volúmenes.

1.13 IMPORTANCIA DEL ABONAMIENTO ORGÁNICO

La materia orgánica tiene la facultad de hacer solubles y aprovechables muchos compuestos minerales que se encuentran en forma no asimilable. Ello se realiza gracias al desprendimiento de anhídrido carbónico (CO_2) que se transforma en ácido carbónico (H_2CO_3), tiene actividad sobre los minerales.

EFADA (1998) menciona que el incremento de la retención de la humedad es ampliamente sobre las bondades que tiene la materia orgánica por lo que recomienda el uso de fuente orgánica natural como guano natural o guano de islas.

Tineo (1994) menciona que el abonamiento consiste en aplicar las sustancias minerales u orgánicos al suelo con el objetivo de mejorar su capacidad nutritiva mediante esta practica se distribuye en el terreno los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, con el propósito de mantener una renovación de los nutrientes en el suelo. El uso de los abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradada por el efecto de la erosión pero su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo.

Tineo (1994) afirma que se refiere el rol que cumple la materia orgánica en las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, esta incluye en el

mejoramiento de las condiciones del suelo, es determinante para un buen crecimiento vegetal y una buena cosecha. Podemos decir que la materia orgánica provee “de vida al suelo”.

Propiedades químicas del suelo:

- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico. La materia orgánica en forma de humus posee entre 300-400 meq/100 g según se trate de suelos ácidos o alcalinos.
- Incrementando la disponibilidad del nitrógeno, fósforo y azufre, en especial del nitrógeno a través del lento proceso de mineralización.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización nitrogenada.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.

Propiedades físicas:

- Mejora la estructura dando soltura granular a los suelos pesados y compactos y ligazón a suelos sueltos y arenosos. Por consiguiente mejora la porosidad.
- Mejora la permeabilidad y aireación del suelo.
- Incrementa la capacidad retentiva de la humedad.
- Reduce la erodabilidad del suelo.
- Confiere color oscuro al suelo ayudando a la retentividad de la energía calórica y favorece las operaciones de labranza.

Propiedades biológicas:

- La materia orgánica constituye el substrato y fuente de energía para la actividad microbiana.

- Al existir condiciones óptimas de pH, aireación y permeabilidad se incrementa la flora microbiana.

1.14 GUANO DE ISLAS

Según Rodríguez citado por Moreno (2000) el guano de islas es el mejor fertilizante natural y el más barato del mundo. Su calidad es reconocida en el país y en el extranjero, donde a raíz del cese de su exportación se le recuerda todavía como “Guano del Perú”, procede de las islas, islotes y puntas del litoral peruano, también se encuentra en la costa Chilena, pero en poca cantidad. El guano de islas es la acumulación de deyecciones (estiércoles) de las aves marinas: guanay, piquero y alcatraz (pelicano). El principal alimento de estas aves marinas es por lo general la anchoveta, pejerrey, lorna, jurel, liza, machete, sardina, etc. El color del guano es muy variado y abarca toda una gama del color naranja en sus múltiples tonalidades y su olor es amoniacal bastante pronunciado.

PESCA PERU (2001) reporta biológicamente el guano de islas juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de las raíces, tallos y hojas de las plantas, encerrando todos los elementos fertilizantes y asegurando la nutrición de las plantas. Tiene un buen contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos otros elementos como el azufre, cloro, sodio, magnesio, silicio, hierro, manganeso, flúor y otros elementos, que los convierten el abono más completo del mundo.

El nitrógeno interviene en la formación de las proteínas que las plantas necesitan para producir buenos frutos. En suelos con buena cantidad de

nitrógeno, las plantas crecen sanas, las hojas son de color verde oscuro y la producción de frutos es abundante. Cuando los suelos son pobres son pobres en nitrógeno, las plantas crecen débiles, disminuye la producción y las hojas son de color verde pálido.

En cuanto al fósforo, ayuda a la formación de abundantes raíces, a la fecundación y formación de frutos, granos y semillas, así como al rápido crecimiento de la planta. La carencia de fósforo en los suelos retarda la floración, las plantas son de color pálido, las hojas de color rojizo y los frutos demoran en madurar.

El potasio hace que las plantas sean de mejor calidad, que los tallos sean más fuertes y que presenten mayor resistencia al ataque de enfermedades. Además permite aprovechar mejor la humedad, especialmente en época de sequía.

Tipos de Guano de isla

De acuerdo a Villagarcía y Zapata (1986) existen tres tipos de guano de islas:

a. Guano de islas Rico: tiene la composición media es lo siguiente:

- Nitrógeno: varía de 9 – 15 %. Existe bajo las tres formas posibles en proporciones variables: orgánica: 9 – 10 % (especialmente ácido úrico), amoniacal: 4 – 4.5 % (cloruro y bicarbonato de amonio) y nítrica.
- Acido fosfórico: 8 % (del cual el 90 % es rápidamente asimilable) dependiendo de las condiciones del medio (suelo y clima).
- Potasa: 7 a 8 % K_2O (soluble en su totalidad).

- CaO: 7 a 8 %.
- MgO: 0.4 a 0.5 %
- Azufre: 1.5 a 1.6 %
- Humedad: 20 %
- Mayoría de oligoelementos
- pH: 6.2 a 7.0

b. Guano de islas Pobre: de formación antigua, llamado también fosfatados y de explotación limitada. Su contenido de elementos es el siguiente:

- Nitrógeno: 1 a 2 %
- Acido fosfórico: 16 a 20 % de P_2O_5
- Potasa: 1 a 2 % de K_2O
- CaO: 16 a 19 %
- Existen dos clases de guano pobre: guano pobre tipo A (molido) y guano pobre tipo B (bruto).

c. Guano de islas balanceado: viene a ser el guano de islas pobre completado con Urea o Sulfato de Amonio, su contenido de elementos:

- Nitrógeno: 12 % de nitrógeno
- Acido fosfórico: 9 a 10 % de P_2O_5
- Potasa: 2 % de K_2O

Tineo (1994) menciona que el guano de isla es un abono orgánico producido por las aves guaneras (guanay, piquero, alcatraz o pelicano) en algunas islas de la costa peruana. El guano de islas es una mezcla de

excrementos de aves, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc., los cuales experimentan un proceso de fermentación sumamente lento lo cual permite mantener sus componentes al estado de sales, así mismo es uno de los abonos naturales de buena calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes.

En la calidad de guano de islas incluyen los siguientes factores:

- Clase de ave: el guanay es la que da mayor porcentaje de nitrógeno a diferencia del piquero y del alcatraz.
- El tiempo que ha transcurrido desde el momento en que el ave ha defecado hasta que es recogido.
- El clima que predomina en la isla, cuanto más humedad esta es mas pobre.
- El sistema de explotación; así de acuerdo a la profundidad de donde se extrae, se ha observado que la parte superficial es mas pobre debido a la acción de las lloviznas continuas que lavan y disuelven los nutrientes que se infiltran a capas más profundas.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo experimental se instaló en el Centro Experimental Canaán, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, situado en el Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho; el mismo que se encuentra a 2750 msnm de altitud, cuya coordenada de ubicación es 13° 08' 05" latitud sur y 74° 32' 00" longitud oeste, ecológicamente según la clasificación de HOLDRIDGE (1986) se encuentra dentro de la zona de vida bosque seco montano bajo sub tropical (bsMBS).

2.2 CLIMA

Las observaciones climatológicas fueron registradas en la Estación Meteorológica - Huamanga de Pampa del Arco, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicada a 74° 13' 36" longitud oeste y 13° 08' 51" latitud sur y a una altitud de 2772 msnm. en el Distrito de Ayacucho.

En el cuadro 2.1 se muestra que la temperatura máxima, media y mínima promedio es de 25.52, 17.10 y 8.68 °C respectivamente; los meses más fríos fueron junio y julio con promedio de 14.53 °C; en el mes de septiembre cayó helada que afectó el área foliar de la planta para que posteriormente las plantas se recuperen por su excelente capacidad de rebrote; los meses más cálidos fueron octubre, noviembre y diciembre con 18.55, 18.95 y 18.70 °C respectivamente. La temperatura media anual se encuentra dentro de las óptimas para una producción de yacón.

El Balance Hídrico (gráfica 2.1), muestra que el campo de cultivo recibió agua proveniente de las lluvias en cantidades adecuadas a partir de diciembre, enero, febrero y marzo con 34.95, 21.05, 106.98 y 36.50 mm respectivamente; hubo ausencia de lluvia en los meses mayo, junio y julio en razón a lo cual los riegos fueron periódicos, para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo.

Cuadro 2.1: Balance hídrico y climatograma correspondiente al periodo 2003 - 2004.

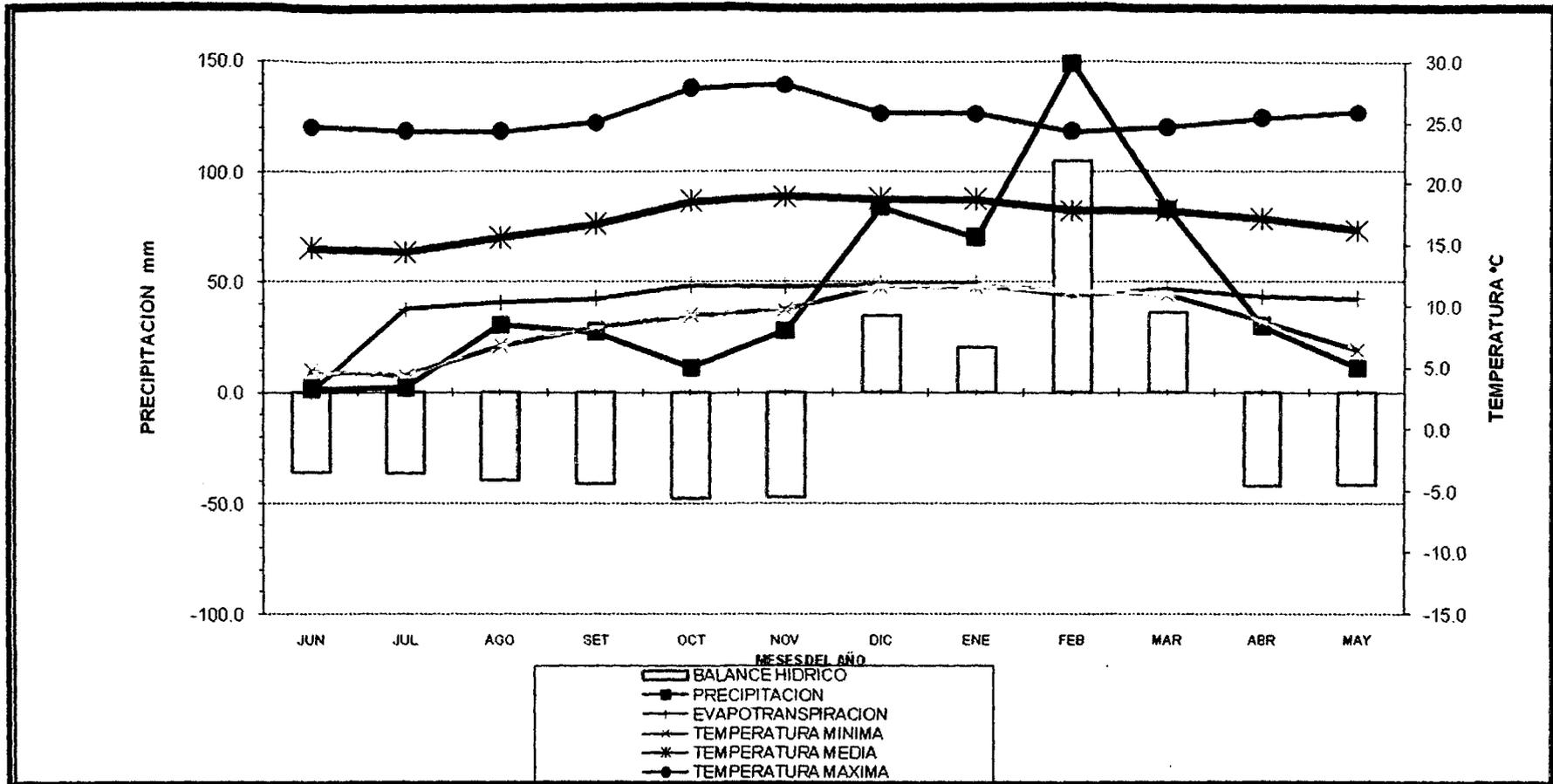
Estación Meteorológica – Huamanga de Pampa del Arco.

Altitud 2772 msnm

Coordenadas 13°08'51" LS

74°13'36" LO

DESCRIPCION	AÑO 2003						AÑO 2004						TOTAL ANUAL
	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	
T° Max (°C)	24,7	24,3	24,3	25,1	27,8	28,1	25,8	25,8	24,3	24,6	25,4	25,9	
T° Min (°C)	4,7	4,4	6,8	8,3	9,3	9,8	11,6	11,6	11,4	11	8,8	6,5	
T° Med (°C)	14,7	14,35	15,55	16,7	18,55	18,95	18,7	18,7	17,85	17,8	17,1	16,2	
Pp.Total (mm)	1,3	2	30,6	27,2	11,3	28	83,8	69,9	149,1	83	29,8	11,3	527,3
Evapotranspiración potencial	70,56	71,176	77,128	80,16	92,008	90,96	92,752	92,752	82,824	88,288	82,08	80,352	1001,04
Evapotranspiración ajustado (mm)	37,397	37,7233	40,878	42,485	48,764	48,209	49,1586	49,159	43,898	46,793	43,502	42,587	
Exceso de humedad en el suelo (mm)							34,641	20,741	105,203	36,207			
Déficit de humedad en el suelo (mm)	-36,097	-36,423	-39,578	-41,185	-47,464	-46,909					-42,202	-41,287	



Grafica 2.1 balance hídrico y climatograma del periodo 2003.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Se analizó las características físicas y químicas del suelo en el laboratorio de Análisis de Suelos Plantas y Aguas "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH, llegando a establecer que el contenido de materia orgánica corresponde a nivel pobre, el nitrógeno a un nivel pobre, el fósforo a un nivel medio y el potasio disponible corresponde a un nivel alto. En relación al pH es ligeramente ácido; finalmente la textura del suelo es franco arcilloso (Ibáñez y Aguirre, 1983).

Cuadro 2.2: Características físicas y químicas del suelo de Canaán.

Componentes	Nivel	Método	Interpretación
% de m.o	1.48	Walkley y Black	pobre
% de N total	0.07	Semi micro kjeldhal	pobre
Fósforo disp.(ppm)	12.55	Bray – Kurtz	Medio
Potasio disp.(ppm)	322.50	Turbimetría	Alto
pH en agua	6.40	Potenciómetro	ligeramente ácido
Textura del suelo			franco arcilloso

2.4 MATERIALES

2.4.1 Material Genético

- Se empleó el morfotipo "rosado" por el color de su raíz reservante y de follaje verde oscuro, cuyo material genético es proveniente de la colección de germoplasma del Programa de Investigación en

Cultivos Alimenticios (PICAL) de la Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga.

2.5 PLANEAMIENTO ESTADÍSTICO

2.5.1 Factores en estudio

a) Distanciamiento entre surcos (s), con 3 sub niveles:

- $s_1 = 1.0$ m.

- $s_2 = 0.9$ m.

- $s_3 = 0.8$ m.

b) Distanciamiento entre plantas (p), con 3 sub niveles:

- $p_1 = 0.5$ m.

- $p_2 = 0.4$ m.

- $p_3 = 0.3$ m.

c) Nivel de abonamiento orgánico (a), con 4 sub niveles

- $a_1 = 0$ kg. ha⁻¹ (Testigo)

- $a_2 = 500$ kg. ha⁻¹ (60-50-10)

- $a_3 = 1000$ kg. ha⁻¹ (120-100-20)

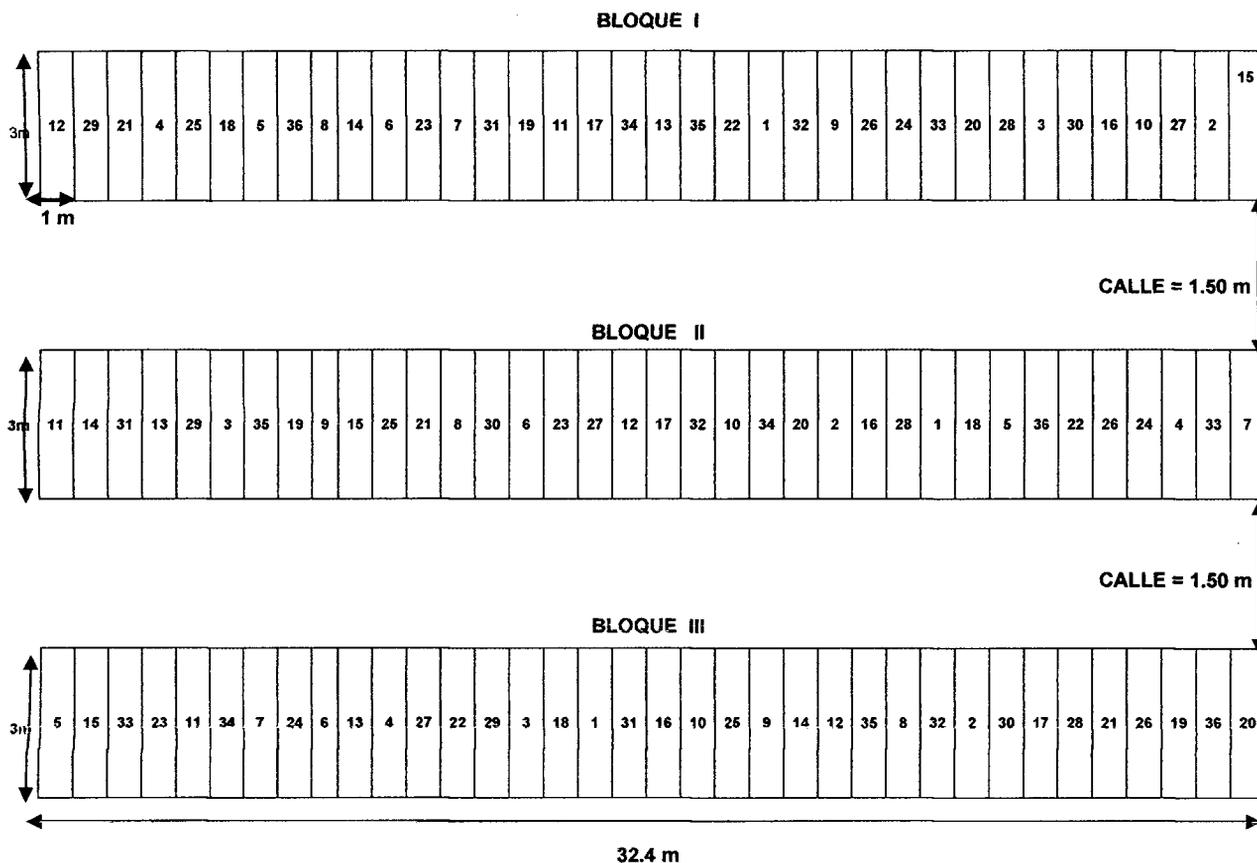
- $a_4 = 1500$ kg. ha⁻¹ (180-150-30)

2.5.2 Combinación de factores

Tratamientos	Combinación	Símbolo
T - 1	Surco 1.0 x planta 0.5 x 0 kg.ha ⁻¹	$s_1p_1a_1$
T - 2	Surco 1.0 x planta 0.5 x 500 kg.ha ⁻¹	$s_1p_1a_2$
T - 3	Surco 1.0 x planta 0.5 x 1000 kg.ha ⁻¹	$s_1p_1a_3$
T - 4	Surco 1.0 x planta 0.5 x 1500 kg.ha ⁻¹	$s_1p_1a_4$
T - 5	Surco 1.0 x planta 0.4 x 0 kg.ha ⁻¹	$s_1p_2a_1$

T - 6	Surco 1.0 x planta 0.4	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₁ P ₂ A ₂
T - 7	Surco 1.0 x planta 0.4	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₁ P ₂ A ₃
T - 8	Surco 1.0 x planta 0.4	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₁ P ₂ A ₄
T - 9	Surco 1.0 x planta 0.3	x	0 kg.ha ⁻¹	S ₁ P ₃ A ₁
T - 10	Surco 1.0 x planta 0.3	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₁ P ₃ A ₂
T - 11	Surco 1.0 x planta 0.3	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₁ P ₃ A ₃
T - 12	Surco 1.0 x planta 0.3	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₁ P ₃ A ₄
T - 13	Surco 0.9 x planta 0.5	x	0 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₁ A ₁
T - 14	Surco 0.9 x planta 0.5	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₁ A ₂
T - 15	Surco 0.9 x planta 0.5	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₁ A ₃
T - 16	Surco 0.9 x planta 0.5	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₁ A ₄
T - 17	Surco 0.9 x planta 0.4	x	0 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₂ A ₁
T - 18	Surco 0.9 x planta 0.4	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₂ A ₂
T - 19	Surco 0.9 x planta 0.4	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₂ A ₃
T - 20	Surco 0.9 x planta 0.4	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₂ A ₄
T - 21	Surco 0.9 x planta 0.3	x	0 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₃ A ₁
T - 22	Surco 0.9 x planta 0.3	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₃ A ₂
T - 23	Surco 0.9 x planta 0.3	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₃ A ₃
T - 24	Surco 0.9 x planta 0.3	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₂ P ₃ A ₄
T - 25	Surco 0.8 x planta 0.5	x	0 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₁ A ₁
T - 26	Surco 0.8 x planta 0.5	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₁ A ₂
T - 27	Surco 0.8 x planta 0.5	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₁ A ₃
T - 28	Surco 0.8 x planta 0.5	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₁ A ₄
T - 29	Surco 0.8 x planta 0.4	x	0 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₂ A ₁
T - 30	Surco 0.8 x planta 0.4	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₂ A ₂
T - 31	Surco 0.8 x planta 0.4	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₂ A ₃
T - 32	Surco 0.8 x planta 0.4	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₂ A ₄
T - 33	Surco 0.8 x planta 0.3	x	0 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₃ A ₁
T - 34	Surco 0.8 x planta 0.3	x	500 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₃ A ₂
T - 35	Surco 0.8 x planta 0.3	x	1000 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₃ A ₃
T - 36	Surco 0.8 x planta 0.3	x	1500 kg.ha ⁻¹	S ₃ P ₃ A ₄

2.5.3 Croquis del campo experimental



2.5.4 Diseño experimental

El trabajo fue conducido como un experimento factorial dentro de un Diseño de Bloque Completamente Randomizado (DBCR), estudiándose tres factores: distanciamiento entre surcos, distanciamiento entre plantas y niveles de abonamiento orgánico; cada unidad estuvo conformada por tres repeticiones.

El Modelo Aditivo lineal fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \delta_j + \pi_k + \alpha_l + (\delta\pi)_{jk} + (\delta\alpha)_{jl} + (\pi\alpha)_{kl} + (\delta\pi\alpha)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Observación de cualquiera en la unidad experimental

μ : promedio general

β_i : Efecto principal i -ésimo bloque

δ_j : Efecto principal j -ésimo de distanciamiento entre surcos

π_k : Efecto principal k -ésimo de distanciamiento entre plantas

α_l : Efecto principal l -ésimo de niveles de guano de islas

$(\delta\pi)_{jk}$: Efecto principal de interacción j -ésimo de distanciamiento entre surcos por k -ésimo de distanciamiento entre plantas.

$(\delta\alpha)_{jl}$: Efecto principal de interacción j -ésimo de distanciamiento entre surcos por l -ésimo de niveles de guano de islas.

$(\pi\alpha)_{kl}$: Efecto principal de interacción k -ésimo de distanciamiento entre plantas por l -ésimo de niveles de guano de islas.

$(\delta\pi\alpha)_{jkl}$: Efecto principal de interacción, j -ésimo de distanciamiento entre surcos por k -ésimo de distanciamiento entre plantas por l -ésimo de niveles de guano de islas.

ε_{ijkl} : Error experimental en la observación Y_{ijkl} .

2.5.5 Características de la parcela experimental

A. Bloques

Ancho de bloques	: 3 m.
Largo de bloque	: 32.4 m.
Área total del bloque	: 97.2 m ²
Número total de bloques	: 3 bloques

B. Unidad experimental

Ancho de la parcela	: 0.80; 0.90 y 1.0 m según tratamiento
Largo de la parcela	: 3.0 m
Área de la parcela	: 2.4; 2.7 y 3.0 m ² según tratamiento
Nº de unidades experimentales:	36
Nº de surcos	: 36 surcos por bloque
Longitud de surco	: 3.0 y 3.20 m
Nº de propágulos por surco:	6, 8, 10 propágulos.
Distanciamiento entre plantas:	0.30; 0.40 y 0.50 m

2.6 VARIABLES EVALUADAS

a) Altura de planta

Se midió en cinco plantas elegidas al azar, desde la base de la planta hasta el ápice del tallo, registrándose en cm al momento de la cosecha.

b) Número de tallos por planta

Se contó el número de tallos de las cinco plantas elegidas al azar, considerando tallos robustos y bien formados, de cada unidad experimental.

c) Biomasa o peso total de la planta

Se pesó la biomasa incluido la raíz reservante, corona, tallos y hojas, de las cinco plantas elegidas al azar, de cada unidad experimental.

d) Peso de corona por planta

Se pesó la corona de las cinco plantas elegidas al azar, de cada unidad experimental.

e) Número de raíces reservantes por planta

Se contó el número de raíces reservantes de las cinco plantas elegidas al azar; se consideró las raíces reservantes de 5 cm de diámetro y peso de 120 g, de cada unidad experimental.

f) Longitud de raíces

Se midió la longitud de las cinco raíces reservantes elegidas al azar, desde la base hasta el ápice de la raíz, de cada unidad experimental.

g) Diámetro mayor de raíces

Realizó un corte transversal y luego se midió el diámetro, de las diez raíces reservantes elegidas al azar, de cada unidad experimental.

h) Peso promedio de raíces reservantes por planta

Se pesó las raíces reservantes de la producción por planta, de las cinco plantas elegidas al azar para obtenerse el peso promedio.

i) Rendimiento de raíces en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Es la producción de raíces reservantes de yacón, de todas las unidades experimentales expresado en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

j) Materia seca de la raíz

Se procedió a realizar en una estufa a la temperatura de 60° por un tiempo de 48 horas.

2.7 CONDUCCIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

a) Selección del material genético

Seleccionó las semillas vegetativas o propágulos, con unas características morfológicas y fisiológicas del morfotipo “rosado” de yacón, peso de 90 g.

b) Preparación de los propágulos.

Los propágulos se separaron de la corona con una navaja limpia y desinfectada; cada propágulo tuvo de 3 a 6 yemas vegetativas que se desinfestaron con azufre.

c) Recojo de muestra para análisis de suelos

Obtuvo la muestra de 1 kg de suelo, teniendo en consideración el proceso de la toma de las muestras de suelo.

d) Preparación del terreno

El labrado de tierra se ejecutó con tractor agrícola, el mullido y nivelado con pico y rastrillo.

e) Estacado y surcado

Se efectuó según el croquis del campo experimental y la distribución de los tratamientos, utilizó cordel, wincha para facilitar el marcado de terreno.

f) Abonamiento orgánico con guano de islas

Se aplicó diferentes niveles de guano de islas, a chorro continuo en el fondo de surco, luego se tapó con una pequeña capa de tierra y según la combinación de tratamientos.

g) Siembra

Se instaló entre 27 y 28 de julio de 2003, colocándose un propágulo por golpe en el fondo del surco, según la combinación de tratamientos.

h) Riego

Se aplicó un riego ligero inmediatamente después de la siembra. El segundo riego se realizó a los 7 días después de la siembra; se aplicó un riego adecuado para no ocasionar pudriciones de los propágulos; posteriormente, los riegos se realizaron a cuerdo a las necesidades del cultivo y dependiendo de las lluvias.

i) Deshierbo

Se efectuó esta actividad a la octava y decimo primero semana después de la siembra, para contrarrestar la competencia y dar mejor aireación a las raíces.

j) Aporque

Se realizó esta actividad a los 5 meses después de la siembra, para inducir la formación de raíces reservantes y dar mejor aireación.

k) Control fitosanitario

En el momento de la cosecha se observó la pudrición de las raíces reservantes de yacón, ocasionada por hongos de los géneros *Fusarium* y

Rhizoctonia, debido al exceso de humedad en el suelo, por lo que disminuyó la incidencia previa selección y clasificación de las raíces reservantes.

I) Cosecha

Aproximadamente a los 10 meses después de la siembra entre el 14 a 17 de abril de 2004, se cosechó cuando las hojas de las plantas se amarillaron y ocurría cese de la floración.

2.8 Análisis estadístico

Con las variables evaluadas se procedió a realizar el análisis de variancia (ANVA), en el Diseño de Bloque Completamente Randomizado (DBCR) con arreglo factorial, así como el estudio de las regresiones.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 ALTURA DE PLANTA

El análisis de variancia del cuadro 3.1, informa que para el distanciamiento entre surcos, distanciamiento entre plantas y para las interacciones entre las variables en estudio, no se encontró significación estadística; para el abonamiento orgánico la significación fue altamente significativa, lo que muestra la influencia de niveles de guano de islas en la altura de planta.

En el análisis de variancia de la regresión (cuadro 3.2) se aprecia que existe alta significación estadística en la regresión lineal entre la altura de planta y niveles de guano de islas. En la figura 3.1 se muestra la tendencia.

Cuadro 3.2. Análisis de Variancia de la regresión, correspondiente a la altura de planta, en el cultivo de Yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	0.995	0.995	16.170 **
Regresión cuadrática	1	0.181	0.181	2.94 ns
Error	106	6.461	0.061	
Total	107	7.637		

Cuadro 3.1. Cuadrados medios del análisis de variancia de los caracteres de productividad del Yacón

F de V	GL	Cuadrados Medios									
		Altura de Planta (cm)	Número de Tallos por planta (unidad)	Biomasa (kg)	Peso de corona por planta (g)	Número de raíces reservante (unidad)	Longitud de raíces (cm)	Diámetro mayor de Raíces (cm)	Peso promedio raíces (g)	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	M.S Raíz (%)
Bloque	2	1.197 **	7.308 **	10.128	4.007 **	2.497	4.712	1.095 *	121.080 *	12.2	12.82
D-Surco (S)	2	0.040	0.659	13.590 *	0.368	129.964 **	1.151	0.409	28.960	27.1	8.11
D-Planta (P)	2	0.024	0.328	0.112	0.230	12.838	3.689	0.038	48.159	5.1	2.76
A-Orgánico (O)	3	0.397 **	6.757 **	56.716 **	3.582 **	830.931 **	5.298	2.256 **	26.820	266.4 **	19.39
S x P	4	0.075	0.417	1.515	0.042	5.677	1.162	0.601	42.985	23.7	15.63
S x O	6	0.033	0.752	1.513	0.325	31.101	1.628	0.029	23.417	10.6	15.09
P x O	6	0.024	0.419	1.870	0.455	27.286	0.751	0.053	43.611	11.1	15.33
S x P x O	12	0.058	1.015	4.980	0.878	25.930	1.643	0.399	25.146	16.5	13.02
Error	70	0.037	0.566	3.311	0.421	20.578	2.013	0.275	32.097	15.0	12.51
Total	107										

Promedio	1.60	2.92	6.84	2.49	19.99	15.64	5.15	213.805	11733.34	14.23
CV (%)	12.07	22.80	12.25.6	23.13	15.32	9.07	11.02	11.65	15.40	24.86

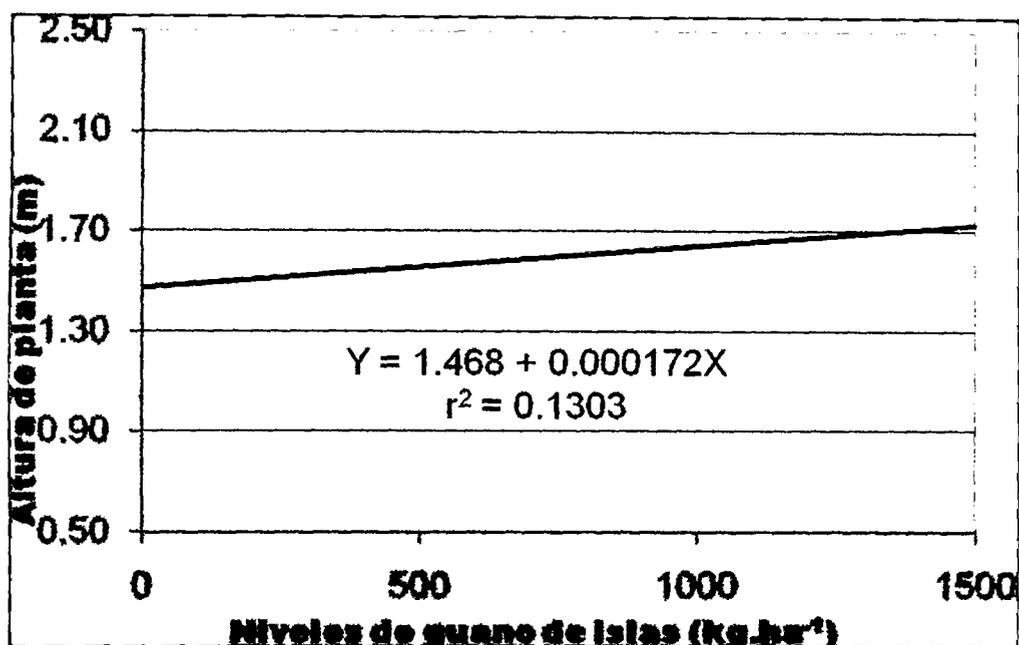
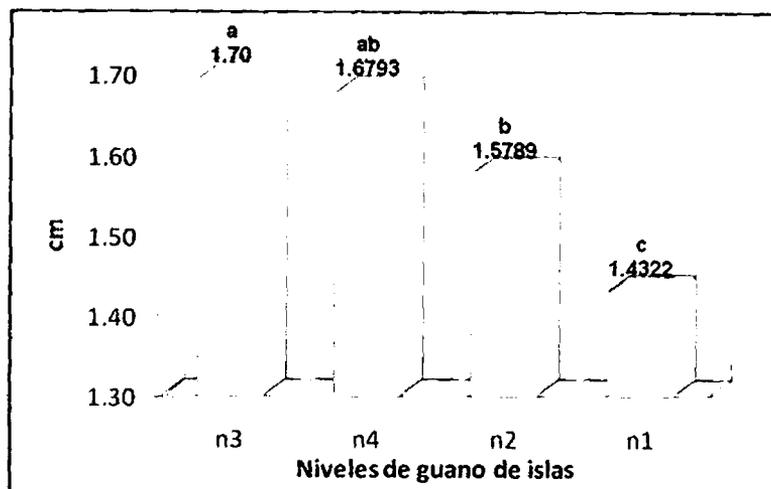


Figura 3.1 Tendencia de la regresión lineal entre la altura de la planta de yacón (Y) y los niveles de guano de islas (X).

En la figura 3.1 se muestra que existe relación lineal entre la altura de planta y los niveles de guano de islas, que se expresa en la ecuación $Y = 1.468 + 0.000172X$, con un coeficiente de correlación “r”= 0.1303; esto indica que por cada 100 kg de guano de islas que aplica al suelo, la altura de planta se incrementa en 1.72 cm en forma significativa. No se encontró un nivel de abonamiento que optimice la altura de planta.

Cuadro 3.3. Prueba de Duncan para la altura de planta de yacón

NIVEL DE GUANO DE ISLAS	PROMEDIO (cm)	DLS (D) 0.05
1000 kg.ha ⁻¹	1.70	a
1500 kg.ha ⁻¹	1.68	a b
500 kg.ha ⁻¹	1.58	b
testigo	1.43	c



Gráfica 3.1. Prueba de significación Duncan (0.05) para la altura de planta de yacón.

De acuerdo a la prueba de Duncan se determinó que los niveles altos de guano de islas ejercen un efecto significativo en el incremento de la altura de las plantas de yacón, lográndose las mayores alturas con los niveles de 1500 y 1000 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respuesta que resulta natural por el efecto importante de la materia orgánica y su aporte de nitrógeno y a condiciones de clima templado que promueve el crecimiento y desarrollo de la planta.

Espinoza (2002) menciona que la altura de planta esta en relación con la humedad óptima, fertilidad del suelo y presencia de materia orgánica; se pueden lograr alturas hasta 2.60 m.

Seminario (2003) afirma que en condiciones normales la planta alcanza alturas de 2.5 m de alto, dependiendo de las condiciones climáticas, edáficas y agronómicas.

3.2 NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA

El análisis de variancia en el cuadro 3.1 informa que el distanciamiento entre surcos y el distanciamiento entre plantas no ejercieron efectos significativos en las diferencias en el número de tallos en los niveles de guano; de igual modo, las interacciones entre las variables en estudio no permitieron detectar diferencias significativas. Solamente se encontró diferencias altamente significativas entre las cantidades de tallos producidos en cada nivel de abonamiento, prescindiendo de los distanciamientos; esto demuestra la influencia importante del guano de islas en número de tallos por planta.

El análisis de variancia de la regresión (cuadro 3.3) se encontró alta significación estadística en la regresión lineal entre el número de tallos por planta y los niveles de guano. En la figura 3.2 muestra la tendencia.

Cuadro 3.3 Análisis de Variancia de la regresión, correspondiente al número de tallos por planta y niveles de guano de islas, en el cultivo de yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	14.997	14.997	19.110**
Regresión cuadrática	1	0.630	0.630	0.800 ns
Error	106	82.274	0.776	
Total	107	97.881		

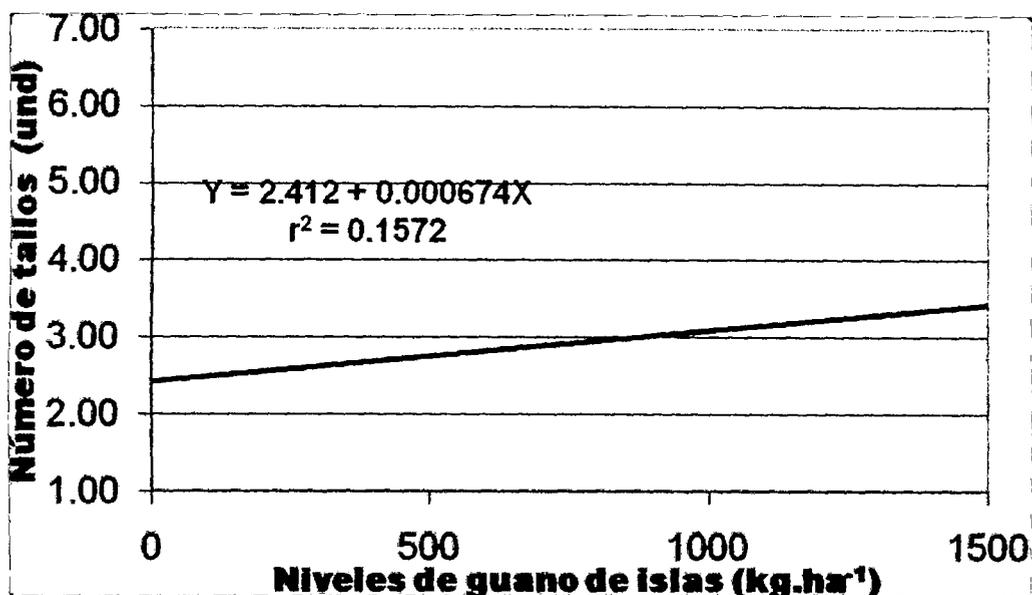


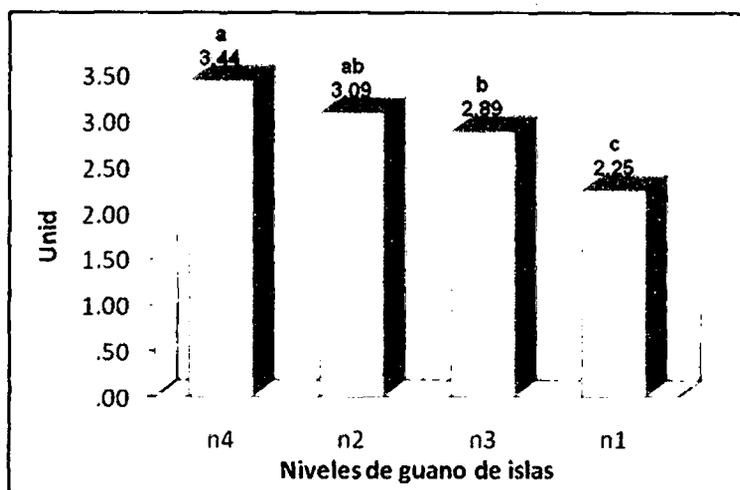
Figura 3.2. Tendencia de la regresión lineal entre el número de tallos (Y) y los niveles de guano de islas (X).

De acuerdo a la tendencia lineal (figura 3.2), cuya ecuación es $Y = 2.412 + 0.000674X$, con un coeficiente de correlación " r "= 0.1572, se puede considerar que por cada 1000 kg adicional de guano de islas al suelo, las plantas de yacón incrementan un tallo (0.7) en forma significativa.

Cuadro 3.4. Prueba de Duncan para el número de tallos de las plantas de yacón.

NIVELES DE GUANO DE ISLAS	PROMEDIO (und)	DLS (D) 0.05
1500 kg.ha ⁻¹	3.44	a
500 kg.ha ⁻¹	3.09	a b
1000 kg.ha ⁻¹	2.89	b
testigo	2.25	c

Según la prueba de Duncan, no se observa un efecto lineal del abono guano de islas sobre el número de tallos por planta de yacón. Se puede indicar que el incremento de guano de islas por planta ejerce un efecto significativo en aumento de tallos por planta, en comparación a las plantas que no recibieron abono solamente es rescatable indicar que la inclusión de abono orgánico aumenta de número de tallos por planta, sin tener en cuenta el valor de las dosis utilizadas.



Grafica 3.2. Prueba de significación de Duncan (0.05) para el número de tallos por planta de yacón.

Este aumento significativo se explicaría por el hecho de que el yacón responde mejor a niveles altos de guano de islas, especialmente de nitrógeno que promueve la división celular y el crecimiento de sus tejidos. Espinoza (2002) afirma que una planta de yacón puede tener 8 tallos. Por su parte, Seminario (2003) indica que si la planta proviene de propágulos o semilla vegetativa, consta de varios tallos y si la planta proviene de semilla botánica, consta de un solo tallo principal.

3.3 BIOMASA O PESO TOTAL DE LA PLANTA

El análisis de variancia del cuadro 3.1, informa que el distanciamiento entre surcos permitió mejorar el peso total de la planta en forma encontró significativa, mientras que el distanciamiento entre plantas y interacciones entre las variables en estudio no mostraron efecto significativo en el aumento del peso total. Por su parte, y como era de esperar, el abonamiento orgánico ejerció un efecto altamente significativo en el incremento del peso total de las plantas; esto demuestra que al aplicar guano de islas e incrementar el distanciamiento entre surcos influye de manera importante en peso total de la planta.

En el análisis de variancia de la regresión (cuadro 3.5) se determinó significación estadística en la regresión lineal de biomasa con los distanciamientos entre surcos. En la figura 3.3 muestra la tendencia.

Cuadro 3.5 Análisis de Variancia de la regresión, correspondiente a la biomasa, en el cultivo de Yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	2258385.182	2258385.182	4.991 *
Regresión cuadrática	1	1061187.927	1061187.927	2.345 ns
Error	106	47507494.295	448183.91	
Total	107	50018110.362		

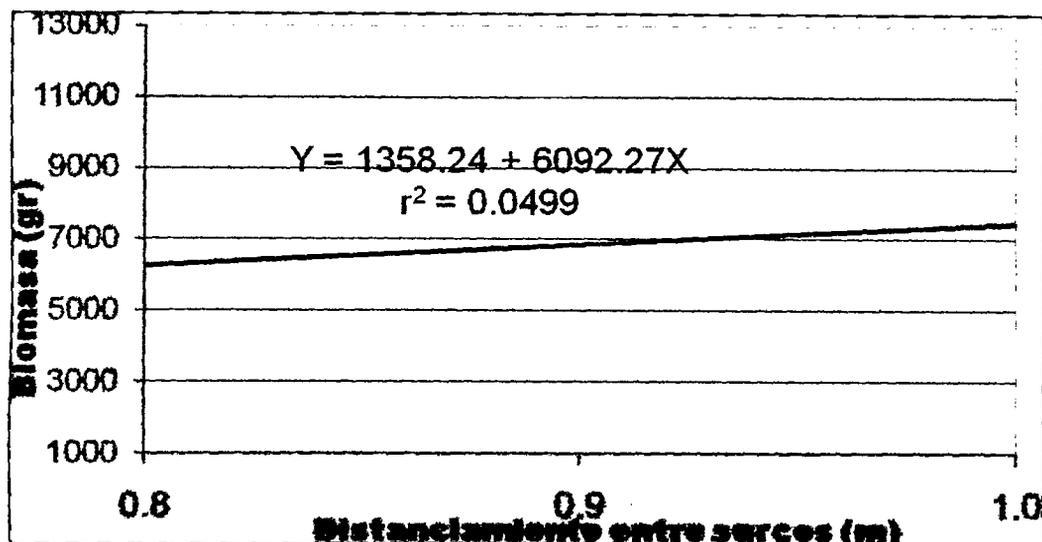


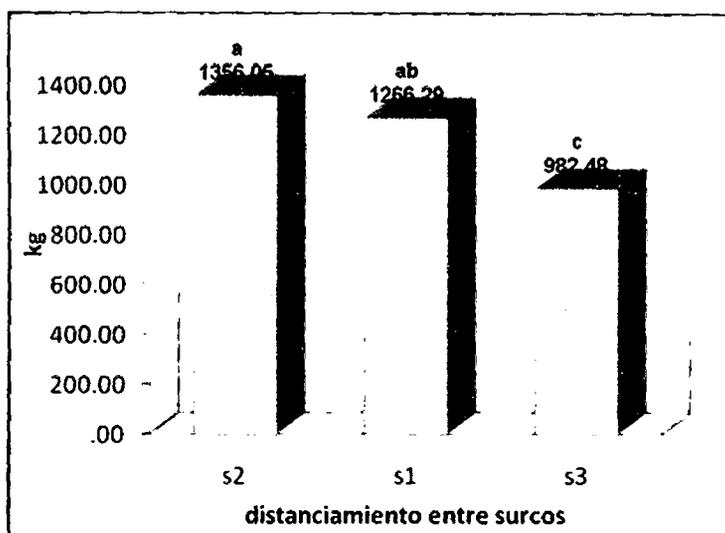
Figura 3.3. Tendencia de la regresión lineal entre la biomasa de la planta (Y) y el distanciamiento entre surcos (X).

La relación lineal entre la biomasa y el distanciamiento entre surcos, cuya ecuación es $Y = 1358.24 + 6092.27X$, con un coeficiente de correlación "r" = 0.0499, indica que por cada 10 cm adicional de distanciamiento entre surcos, la biomasa se incrementa en 609.2 gramos en forma significativa.

Cuadro 3.6 Prueba de Duncan para la biomasa total de la planta de yacón.

DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS	PROMEDIO (kg)	DLS (D) 0.05
0.9 m	1356.05	a
1.0 m	1266.29	a b
0.8 m	982.48	c

La prueba de Duncan indicó que los mayores distanciamientos entre surcos tienen influencia significativa en la producción de biomasa, determinándose que más biomasa se logra con distanciamientos de 0.9 y 1.0m. Según este resultado, los mayores distanciamientos incrementaron en 25% la biomasa total de las plantas.



Grafica 3.3. Prueba de significación de Duncan (0.05) para la biomasa de planta de yacón.

Esto se explicaría porque las tuvieron suficiente espacio para poder captar los rayos solares y aprovechar los nutrientes del suelo, reduciendo la competencia y favoreciendo el buen crecimiento y desarrollo de la planta.

Cuadro 3.7 Análisis de Variancia de la regresión, entre la biomasa y los niveles de guano de islas, en el cultivo de Yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	4644554.602	4644554.602	10.770 **
Regresión cuadrática	1	101105.461	101105.461	0.230 ns
Error	106	45272450.299	427098.588	
Total	107	5001840.362		

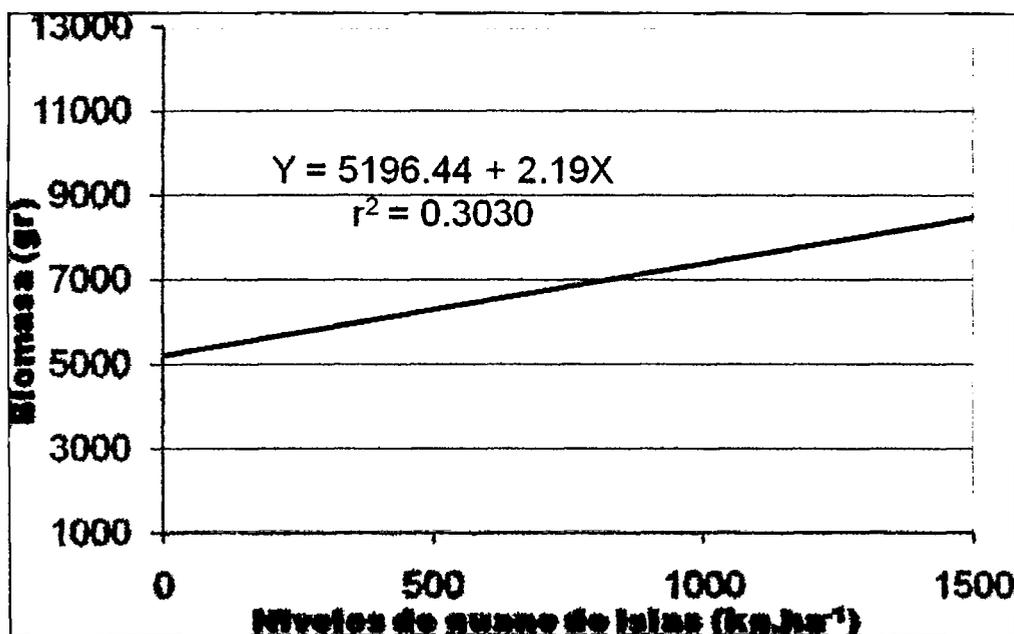


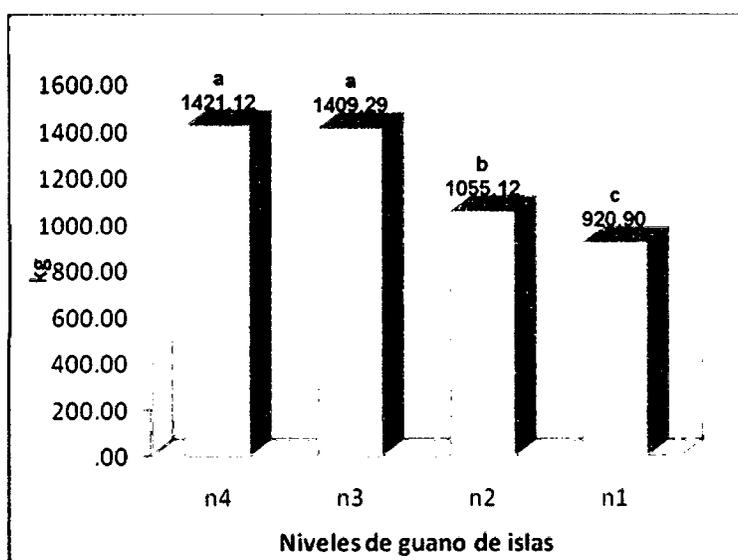
Figura 3.4. Tendencia de la regresión lineal entre la biomasa (Y) y los niveles de guano de islas (X).

La relación lineal entre la biomasa y los niveles de guano de islas tiene la ecuación $Y = 5196.44 + 2.19X$, con un coeficiente de correlación es "r"= 0.303; esta relación indica que por cada kilogramo adicional de guano de islas, la biomasa se incrementa en 2.2 gramos en forma significativa.

Cuadro 3.8 Prueba de Duncan para la biomasa total de las pantas de yacón.

NIVELES DE GUANO DE ISLAS	PROMEDIO (kg)	DLS (D) 0.05
1500 kg.ha ⁻¹	1421.12	a
1000 kg.ha ⁻¹	1409.29	a
500 kg.ha ⁻¹	1055.12	a b
Testigo	920.90	c

La prueba de Duncan reveló una influencia lineal significativa del guano de islas en la biomasa total de las plantas de yacón, los niveles 1000 y 1500 kg.ha⁻¹ de guano de islas, incrementaron en promedio un 35% la biomasa total de las plantas de yacón, mientras que el nivel 500 kg.ha⁻¹ solamente ejerció un efecto de 13%.



Grafica 3.4. Prueba de significación de Duncan (0.05) para la biomasa de yacón.

Esto se explicaría porque el yacón responde mejor a niveles altos de guano de islas, especialmente por el contenido de nitrógeno que promueve el crecimiento de hojas y producción de las raíces.

3.4 PESO DE CORONA POR PLANTA

El análisis de variancia en el cuadro 3.1, informó que en el distanciamiento entre surcos, distanciamiento entre plantas y las interacciones entre las variables en estudio, no se evidencia significación estadística, mientras que para el abonamiento orgánico se detectó diferencias altamente significativas entre los promedios de peso por corona logrados en los niveles de abonamiento; se concluye así que el guano de islas influye en el peso de corona por planta.

En el análisis de variancia de la regresión (cuadro 3.9), se aprecia que la regresión lineal entre el peso de la corona y los niveles de abonamiento es altamente significativa. En la figura 3.5 muestra la tendencia.

Cuadro 3.9 Análisis de Variancia de la regresión, entre el peso de corona por planta y los niveles de abonamiento, en el cultivo de Yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	8305631.802	8305631.802	15.740**
Regresión cuadrática	1	1238146.773	1238146.773	2.350 ns
Error	106	55410582.369	522741.343	
Total	107	64954360.945		

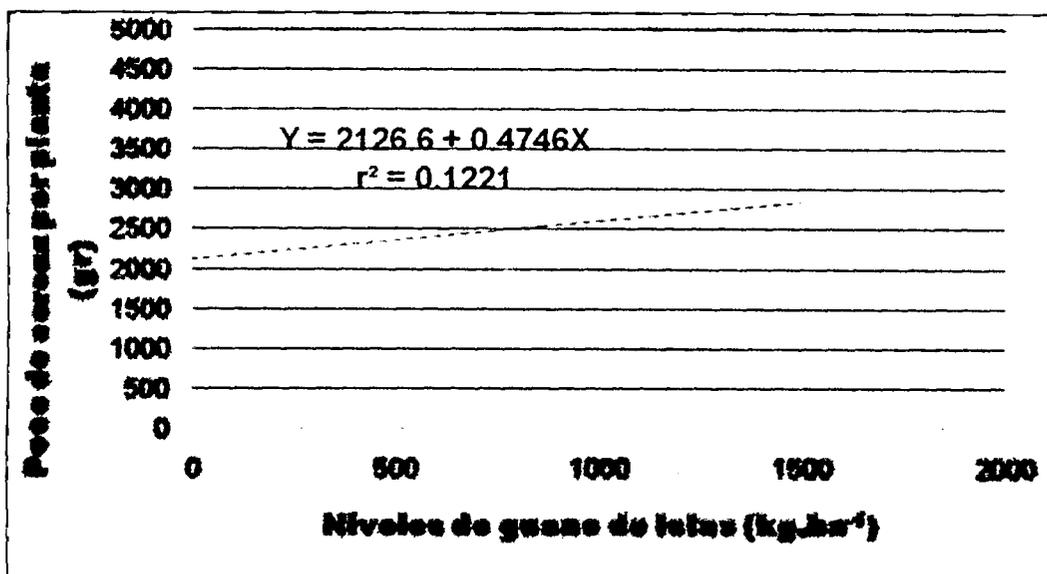


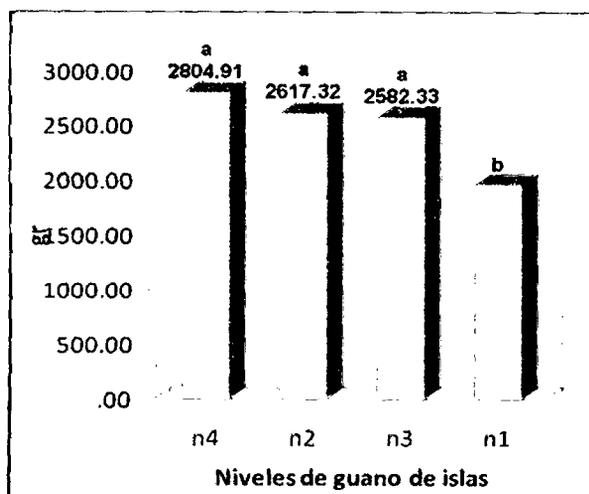
Figura 3.5 Tendencia de la regresión lineal entre el peso de corona (Y) y los niveles de guano de islas (X).

La relación lineal entre el peso de la corona y los niveles de guano de islas, se expresa por la ecuación $Y = 2126.6 + 0.4746X$, cuyo coeficiente de correlación es "r"= 0.1221; según este cálculo, por cada unidad adicional de guano de islas, el peso de corona por planta se incrementa en 0.48 g en forma significativa.

Cuadro 3.10 Prueba de Duncan para el peso de la corona de las plantas de yacón.

NIVELES DE GUANO DE ISLAS	PROMEDIO (g)	DLS (D) 0.05
1500 kg.ha ⁻¹	2804.91	a
500 kg.ha ⁻¹	2617.32	a
1000 kg.ha ⁻¹	2582.33	a
testigo	1966.45	b

Según la prueba de Duncan, el abonamiento con guano de islas no ejerció un efecto notable en el peso de la corona; en promedio de las tres dosis de abono, se logró una influencia significativa de 27% en el peso de corona, en relación a las plantas que no recibieron abono.



Grafica 3.5. Prueba de significación de Duncan para el peso de corona de las plantas de yacón.

3.5 NÚMERO DE RAÍCES RESERVANTES POR PLANTA

El análisis de variancia en el cuadro 3.1, informó que el número promedio de raíces reservantes obtenido por efecto del distanciamiento entre surcos, es altamente significativo estadísticamente; el distanciamiento entre plantas y las interacciones entre las variables en estudio, no ejercieron efectos significativos en el número de raíces reservantes. Por su parte, el abonamiento orgánico ejerció un efecto altamente significativo en la producción de raíces reservantes; de acuerdo a estos resultados se puede indicar que al variar el distanciamiento entre surcos y los niveles de

guano de islas, se logra mejorar la cantidad de raíces reservantes por planta.

El análisis de variancia de la regresión (cuadro 3.11), reveló existe alta significación estadística entre el número de raíces reservantes y el distanciamiento entre surcos. En la figura 3.6 muestra la tendencia.

Cuadro 3.11 Análisis de Variancia de la regresión, entre el número de raíces por planta y el distanciamiento entre surcos, en el cultivo de Yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	250.021	2250.021	5.667 **
Regresión cuadrática	1	25.654	25.654	0.581 ns
Error	106	4632.357	43.701	
Total	107	4908.032		

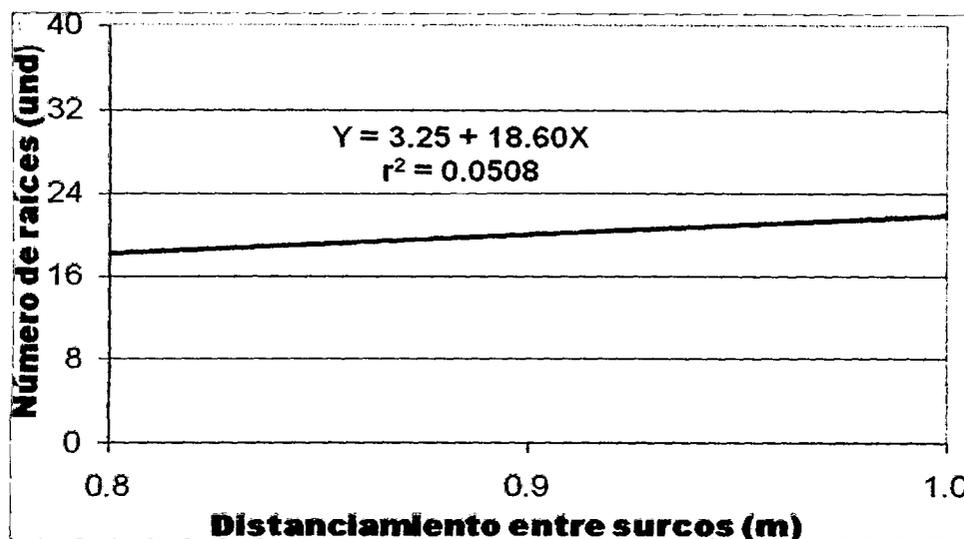
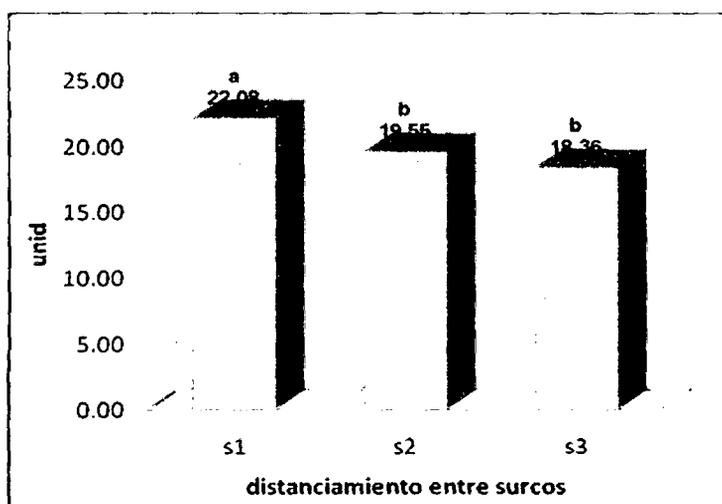


Figura 3.6. Tendencia de la regresión lineal el número de raíces reservantes por planta (Y) y el distanciamiento entre surcos (X).

En la figura 3.6 se ha graficado la relación lineal entre el número de raíces por planta y el distanciamiento entre surcos, cuya ecuación resultó ser $Y = 3.25 + 18.60X$, con un coeficiente de correlación " r "= 0.0508; esta relación indica que por cada 10 cm adicional en el distanciamiento entre surcos, el número de raíces reservantes se incrementa en 1.86 unidades, en forma significativa.

Cuadro 3.12 Prueba de Duncan para el número de raíces reservantes de las plantas de yacón.

DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS	PROMEDIO (und)	DLS (D) 0.05
1.0 m	22.08	a
0.9 m	19.55	b
0.8 m	18.36	b



Grafica 3.6. Prueba de significación de Duncan (0.05) para el número de raíces reservantes de yacón.

La prueba de Duncan indicó que los mayores distanciamientos entre surcos tienen influencia significativa en la producción de número de raíces reservantes, determinándose que más número de raíces se logra con distanciamientos de 1.0 y 0.9 m. Esto se explicaría porque las tuvieron suficiente espacio para poder captar los rayos solares y aprovechar los nutrientes del suelo, reduciendo la competencia y favoreciendo el buen crecimiento y desarrollo de la planta.

Amaya (2002) citado por Seminario (2003) dice que a mayores densidades de plantas se produce mayor número de raíces, pero de menor tamaño y peso; mientras a menores densidades se produce menor número de raíces por planta, con mayor tamaño y peso.

Cuadro 3.13 Análisis de Variancia de la regresión, entre el número de raíces por planta y niveles de guano de islas, en el cultivo de Yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	2365.550	2365.550	99.920**
Regresión cuadrática	1	56.652	56.652	2.390 ns
Error	106	2485.830	23.45	
Total	107	4908.032		

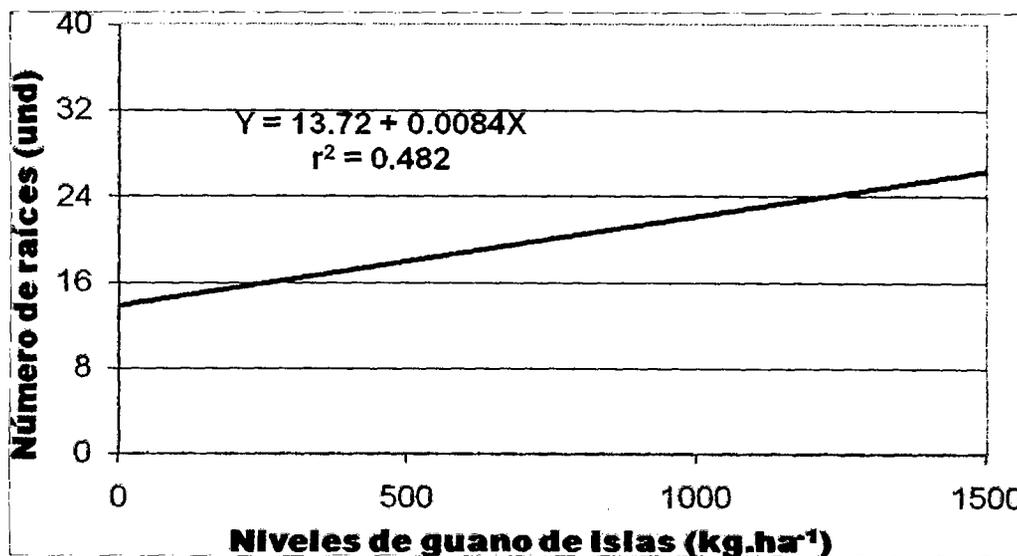


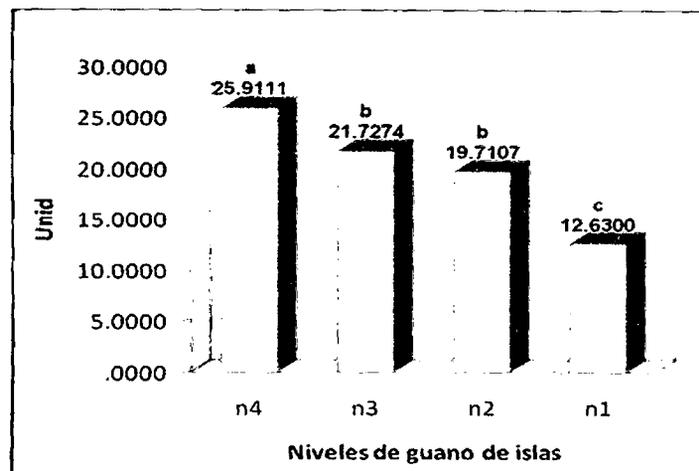
Figura 3.7 Tendencia de la regresión lineal entre el número de raíces reservantes (Y) y los niveles de guano de islas (X).

En la figura 3.7 se muestra relación lineal entre el número de raíces por planta y los niveles de guano de islas, cuya ecuación resultó ser $Y = 13.72 + 0.0084X$, con un coeficiente de correlación “r”= 0.482; esto indica que por cada 1000 kg adicional de guano de islas, el número de raíces se incrementa en 8.4 unidades por planta en forma significativa.

Cuadro 3.14 Prueba de Duncan para el número de raíces reservantes en las plantas de yacón.

NIVELES DE GUANO DE ISLAS	PROMEDIO (und)	DLS (D) 0.05
1500 kg.ha ⁻¹	25.9111	a
1000 kg.ha ⁻¹	21.7274	b
500 kg.ha ⁻¹	19.7107	b
testigo	12.6300	c

La prueba de Duncan reveló una influencia lineal significativa del guano de islas en la cantidad de raíces reservantes en la planta de yacón. La dosis de 1500 kg.ha⁻¹ incrementó en 51% el número de raíces en relación a las plantas testigo; la dosis de 1000 kg.ha⁻¹ lo hizo en 42%; la dosis de 500 kg.ha⁻¹ incrementó las raíces en 36%.



Grafica 3.7. Prueba de significación de Duncan (0.05) para el número de raíces reservantes de yacón.

La influencia de los niveles de guano de islas, en el número de raíces reservantes por planta, podría atribuirse al aporte de nutrientes disponibles para la formación de raíces reservantes.

Espinoza (2002) afirma que las raíces tuberosas están insertadas directamente a la cepa madre, llegando a formarse de 23 a 26 raíces tuberosas por planta, dependiendo de las condiciones del suelo, materia orgánica, fertilidad, calidad de la semilla, humedad y clima; este número es el total de raíces por la planta, sin considerar la clasificación comercial.

Amaya (2002) menciona que bajo un sistema de producción poco tecnificado, una planta produce entre 2 y 4 kg de raíces reservantes. Sin embargo, con abonamiento y un adecuado manejo agronómico, el peso por planta puede llegar cerca de los 6 kg.

3.6 RENDIMIENTO DE RAICES RESERVANTES EN kg.ha⁻¹

El análisis de variancia en el cuadro 3.1 informa que el efecto del distanciamiento entre surcos, el distanciamiento entre plantas y las interacciones entre las variables en estudio, no ejercieron efectos significativos en la producción de raíces reservantes, pero sí se evidenció influencia altamente significativa del abonamiento orgánico. Como en otras variables, se confirma que el abonamiento con guano de islas influye de manera importante en el rendimiento raíces reservantes de yacón.

El análisis de variancia de la regresión (cuadro 3.15), entre el rendimiento de raíces reservantes y los niveles de guano de islas indicó que existe alta significación estadística. En la figura 3.8 muestra la tendencia.

Cuadro 3.15. Análisis de variancia de la regresión, entre el rendimiento de raíces reservantes y los niveles de guano de islas, en el cultivo de Yacón. Canaán 2750 msnm.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión lineal	1	765648963.560	765648963.560	51.460 **
Regresión cuadrática	1	31541915.940	31541915.940	2.120 ns
Error	106	1562383678.880	14739468.669	
Total	107	2359574558.370		

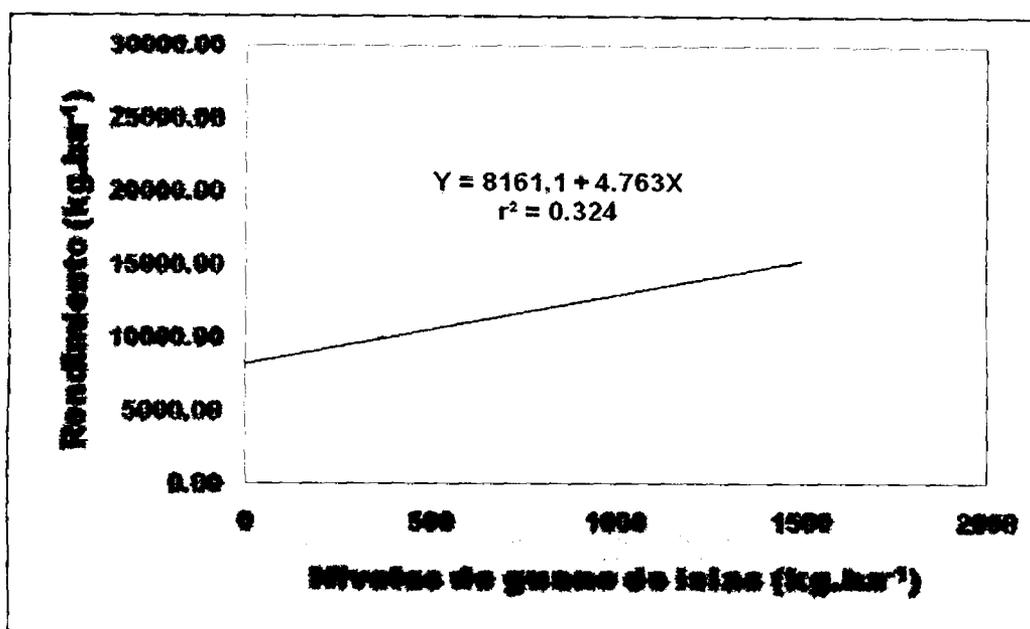


Figura 3.8 Tendencia de la regresión lineal entre el rendimiento de raíces reservantes (Y) y los niveles de guano de islas (X).

La relación lineal entre el rendimiento de raíces reservantes y los niveles de guano de islas, cuya ecuación es $Y = 8161.1 + 4.763X$, con un coeficiente de correlación es " r "= 0.324; esto indica que con mayores dosis de guano de islas se incrementa el rendimiento de raíces reservantes de yacón en ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) en forma significativa.

Cuadro 3.15. Prueba de Duncan para el rendimiento de raíces reservantes de yacón.

NIVELES DE GUANO DE ISLAS	PROMEDIO (kg)	DLS (D) 0.05
1500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	8258.06	a
1000 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	7554.54	a b
500 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	6647.27	b
testigo	4905.26	c

La prueba de Duncan indicó, de igual manera que para el número de raíces reservantes, que la influencia del guano de islas es lineal y significativa en el rendimiento de las plantas de yacón; esto se debe a que el rendimiento está dado por el peso de las raíces reservantes y éste se correlaciona en forma lineal y altamente significativa con la cantidad de raíces reservantes por planta. La dosis 1500 kg.ha^{-1} permitió un incremento del rendimiento en 40% respecto a las plantas testigo; la dosis de 1000 kg.ha^{-1} incrementó el rendimiento en 36%; la dosis de 500 kg.ha^{-1} facilitó el incremento en 26%.

Este resultado se explicaría porque el guano de islas tiene buena solubilidad y mineralización, con la consiguiente liberación de sus componentes nutritivos y a las condiciones de clima templado que existen en Huamanga, que favorecieron el crecimiento y desarrollo de las raíces reservantes de manera importante.

Seminario (2003) afirma que el yacón es una planta que se caracteriza por su rusticidad y altos rendimientos. El rendimiento de raíces reservantes, registrado en diferentes lugares y países, varía de 10 a 100 tn.ha^{-1} en el caso particular de Cajamarca, el rendimiento promedio evaluado durante varias campañas y en diferentes sitios, estuvo alrededor de 40 a 50 tn.ha^{-1} . Según este autor, el rendimiento depende de la densidad de siembra, factores edáficos, manejo agronómico, clima, altitud y otros factores.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación y para las condiciones en las que se realizó, se señala las siguientes conclusiones:

- 1.** La longitud de raíces, el peso promedio de raíces y la materia seca, no están influenciados por el distanciamiento entre surcos, entre plantas y los niveles de guano de islas.
- 2.** La altura de planta, el número de tallos por planta, peso de corona por planta, diámetro mayor de raíces y el rendimiento, no han sido influenciados por factores de distanciamiento entre surcos y distanciamiento entre plantas.
- 3.** Los niveles de guano de islas han influenciado significativamente en la altura de planta, número de tallos por planta, biomasa, peso de corona por planta, número de raíces por planta y en el rendimiento de raíces reservantes en forma significativa.

4. El rendimiento de raíces reservantes de yacón fue influenciado de manera significativa con la aplicación de guano de islas.
5. La dosis de 1500 kg.ha^{-1} de guano de islas incrementó en 51% el número de raíces reservantes y en 40% el rendimiento de las plantas de yacón.
6. Las dosis de 1000 y 1500 kg.ha^{-1} de guano de islas incrementaron en 35% la biomasa total de las plantas de yacón.
7. La aplicación de guano de islas incrementó en 29% el número de tallos por planta de yacón.

4.2 RECOMENDACIONES

De las conclusiones logradas en el presente trabajo de investigación se plantea de las siguientes recomendaciones.

1. Se recomienda la aplicación de guano de islas, en cantidades superior a 1500 kg.ha^{-1} , por presentar alta producción de raíces reservantes de yacón.
2. Emplear un distanciamiento entre surcos a 1.0 m y entre plantas 0.50 m en el cultivo de yacón.
3. Repetir el ensayo en otras épocas del año, en distintos pisos ecológicos, utilizando otras fuentes de abonamiento orgánico a fin de lograr resultados concluyentes a los rendimientos obtenidos.

RESUMEN

Con la finalidad de determinar el nivel de abonamiento y la densidad de siembra óptima para la producción de raíces reservantes de yacón, se desarrolló el presente trabajo en el Centro Experimental de Canaán, En Ayacucho. Se utilizó un morfotipo rosado de yacón procedente del Banco de Germoplasma del Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios. Se estudió tres distanciamientos entre surcos, tres distanciamientos entre plantas y cuatro niveles de guano de islas, en un experimento factorial de 3x3x4, con 36 tratamientos, conducido en un Diseño Bloque Completo Randomizado. Se evaluaron características de productividad de rendimiento; altura de planta, número de tallos por planta, peso de corona por planta, número de raíces reservantes por planta, biomasa, diámetro mayor de raíces, peso promedio de raíces por planta, rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y % de materia seca de la raíz reservante. El análisis estadístico determinó que la longitud de raíces, el peso promedio de raíces y la materia seca no están influenciados por el distanciamiento entre surcos, entre plantas y los niveles de guano de islas. La altura de planta, el peso de corona por planta, el diámetro mayor de raíces y el rendimiento, no han sido influenciados por el distanciamiento entre surcos y distanciamiento entre plantas. En la altura de planta, el número de tallos por planta, la biomasa, el peso de la corona, número de raíces reservantes y en el rendimiento el nivel de $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de guano de islas ejerció la mejor influencia.

REFERENCIAS DE LITERATURA

1. ACOSTA, Solís Misael 1979. "Tubérculos, raíces y rizomas cultivados en el Ecuador" Quito – Ecuador.
2. AMAYA, J. 2002. Desenvolvimento de yacón (*Polymnia shonchifolia* Popp. & Ende. a partir de rizóforas y de yemas axilares, en diferentes espacamentos. Tese do titulo do Doctor em Agronomia. Area de concentracao em horticultura. Universidade Estadual Paullista Julio de Hesquita Filho. Brasil. 89 p.
3. ARBIZU, C. Y HERMANN, M. 1993. Algunos factores limitantes en el uso de Raíces y tubérculos andinos y sus prioridades de investigación: expuesto en el curso taller internacional sobre agroecosistema andina. Lima - Perú.
4. ASAMIT, MINAMISAWA K; KANO K; HORI J; OHYAMA T; KUBOTA M; TSUKIHASHIT. 1991. Fluctuación of oligofructan contents in tubers of yacón. *Polymia shonchifolia*. During growth and storage "Japanese journal of soil science and plant nutrition 1991. Japón.
5. BARRANTES, D. F. 1998. Más enfermedades en cultivos andinos. Universidad Nacional de San Cristóbal. Ayacucho – Perú.
6. BERTRAN, C. 1992. Nutrición de las plantas y Fertilización en el Perú. Misión de los Andes. C.C.P.A.D.K. Antares. Tercer Mundo, S.A.
7. CALZADA, J. 1964. Métodos Estadísticos para la investigación. 1ra edición. Editorial Jurídica. Lima – Perú.
8. CIP. 2000. Yacón: Un Dulce Regalo de los Andes al Mundo fuera de los Andes. International Potato Center. www.cipotato.org.com.

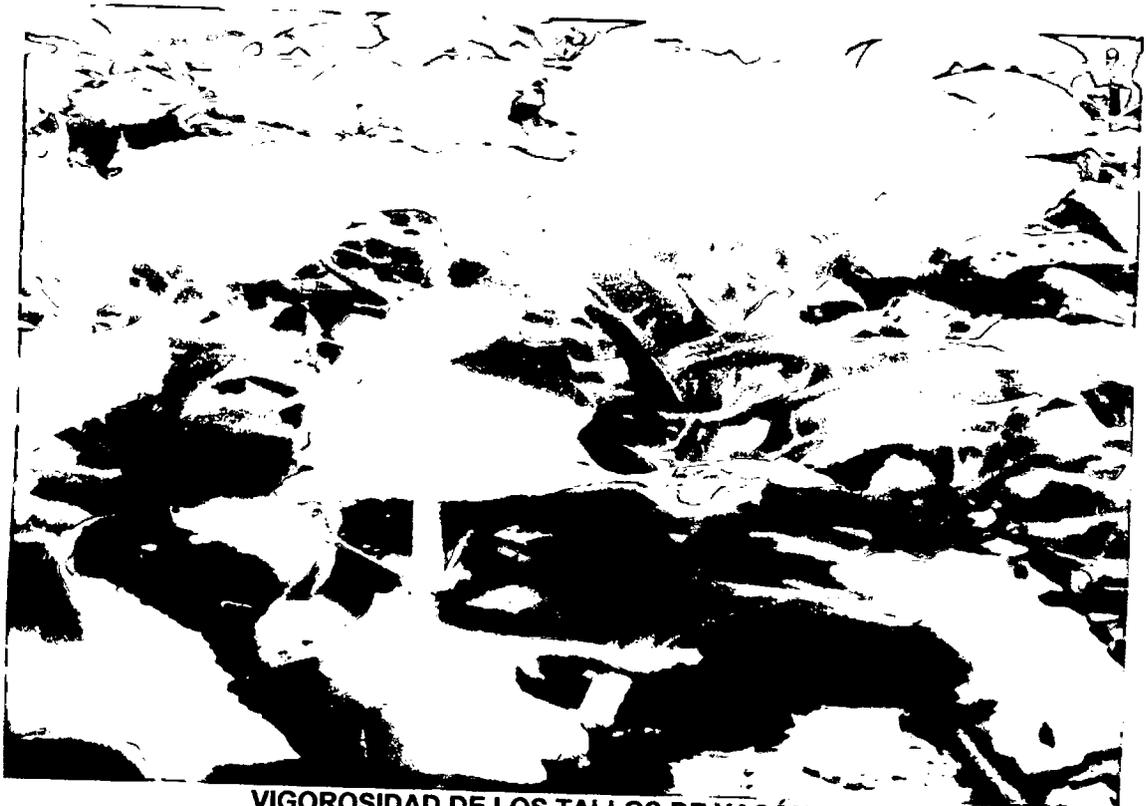
9. EFADA Export S.A.C. 1998. Cuyo rubro principal es el procesamiento y la exportación de paprika.
10. ENCI, 1980. Empresa Nacional Comercializadora de Insumos. Manual del uso de fertilizantes.
11. ESAU, K. 1959. Anatomía Vegetal. Editorial Omega. Barcelona – España.
12. ESPINOZA, M. P. E. 2002. Manual de cultivo de Yacón. 1ra Edición. Universidad Nacional Emilio Valdizan. Huánuco – Perú.
13. FONT QUER, P. 1970. Diccionario de botánica. Editorial Labor. Barcelona – España. 1236 p.
14. GRAU & REA, J. 1997. “Yacón *Smallanthus sochifolius*” (Poepp. & Endl.) H. Robinson. Raíces y Tubérculos Andinos: Ahípa, Arracacha, Maca, y Yacón. Instituto de Investigación en Genética y Cosecha de Plantas. Roma–Italia. <http://www.cipotato.org/market/ARTChermann/yacon.pdf>.
15. HERMANN, M. & HELLER, J. 1997. Andean roots and tubers: Ajípa, Arracacha, Maca and Yacón. IPGRI. 256 pp. Art. Yacón. By Grau, A. & Rea, J. pp 199-238.
16. HOLDRIGE, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José de Costa Rica. IICA.
17. IBAÑEZ, R. y AGUIRRE, Y. 1983. Fertilidad de Suelos. Manual de Prácticas. UNSCH. Programa Académico de Agronomía. Ayacucho – Perú.

18. LEON, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Boletín Técnico N° 06. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Andina. Lima.
19. MENDIETA, Q. M. 2005. El Yacón: cultivo y producción. 1ra Edición. Ediciones RIPALME. Lima – Perú.
20. MORENO, S. R. 2000. Guano de Isla – Recurso Natural Renovable. 3ra edición. Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos. Lima – Perú.
21. MOSTACERO, L.J. y MEJIA, C. F. 1993. Taxonomía de fanerógamas peruanas. Lima – CONCYTEC. 599 pág.
22. NINA, V. 1996. El Cultivo de Llacón. Folleto N° 35-96. INIAA – Estación Experimental Andenes –Cuzco. PNIRGB. 19 pp.
23. OHYAMA, T. Y. y OTROS, 1990. El cultivo de Llacón. INIA. Folleto N° 35-96. Lima – Perú.
24. PEREA F. C. 2008. Yacón peruano, dulce medicinal exportación. Universidad de San Martín de Porres. Lima - Perú.
25. PESCA PERU, 2001. Boletín Informativo: Guano de Isla. <http://www.Minag.gob.pe/MINAG/boletín/puno/sinteene.pdf>.
26. PULGAR VIDAL, I. 1996. Castillo R. & C. Nieto. 1 999. Respuesta de tres raíces andinas: zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*), miso (*Mirabilis expanda*) y Jicama (*Polimnia sonchifolia*): dos pastos y una mezcla forrajera al efecto de tres sistemas agroforestales, en Santa Catalina. Quito. En: Farirlie T. Morales Bermúdez M & M Holle (eds.) Raíces y tubérculos andinos: Avances de Investigación. CIP.

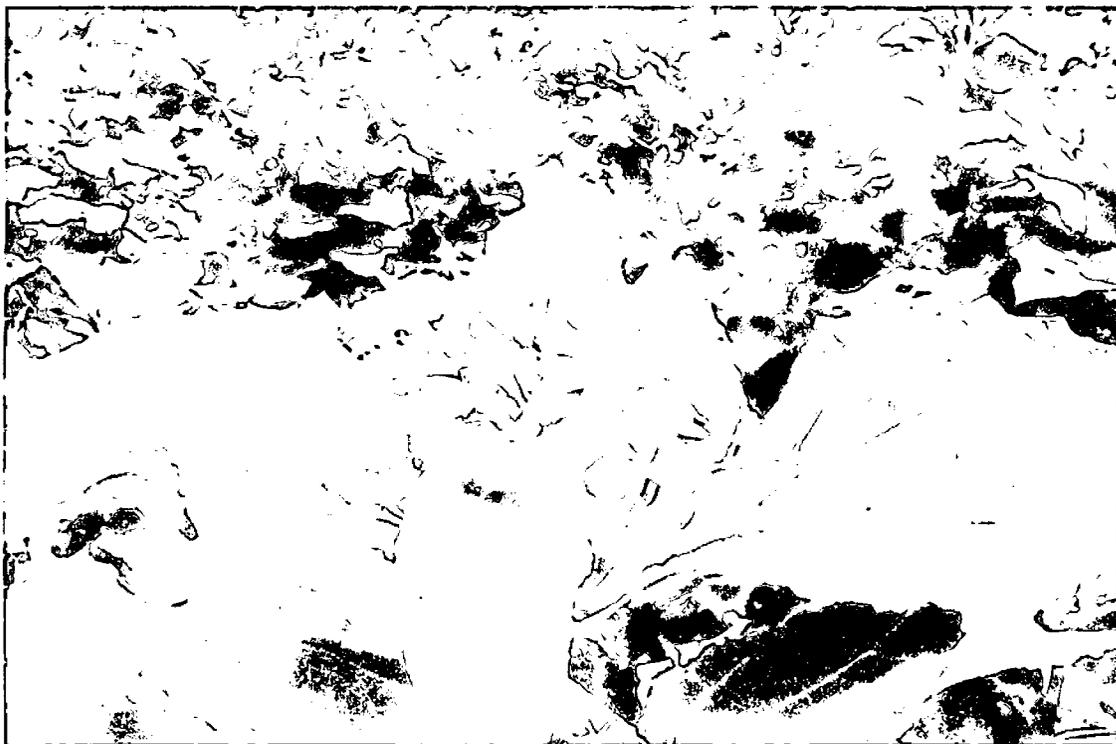
27. SEMINARIO, J. *et al.* 2003. El yacón: Fundamentos para el Aprovechamiento de un Recurso Promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP). Universidad Nacional de Cajamarca. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Lima – Perú.
28. TAPIA, M. 1993. Semillas andinas, El banco de oro. CONCYTEC, Lima
29. TAPIA, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su Aporte a la Alimentación. Edic. FAO-FIAT/PANIS. Santiago de Chile. 273 pp.
30. TINEO, A. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos. Guía de Estudios. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.
31. TINEO, A. 2001. Manual para el análisis de diseños experimentales de superficies de respuesta. Ediciones VRAC-OSA-UNSCH. Ayacucho.
32. TSUKIHASHI, T., YOSHIDA, T., MIYAMOTO, M., SUZUKI, N. 1989. "Studies on the cultivation of yacon". Influencias of different planning densities on the tuber yield. 1989. Japón.
33. VALDERRAMA, C. M. 2005. Manual del cultivo de Yacón. Convenio MINAG – COSUDE. Cajamarca – Perú.
34. VIETMEYER, N. 1989. Los cultivos olvidados de los incas. Revista Ceres de la FAO. 99-105.
35. VILLAGARCIA, H. S. y ZAPATA, F. F. 1986. Manual de uso de Fertilizantes. Empresa comercializadora de fertilizantes. Gerencia de fertilizantes. Lima – Perú.



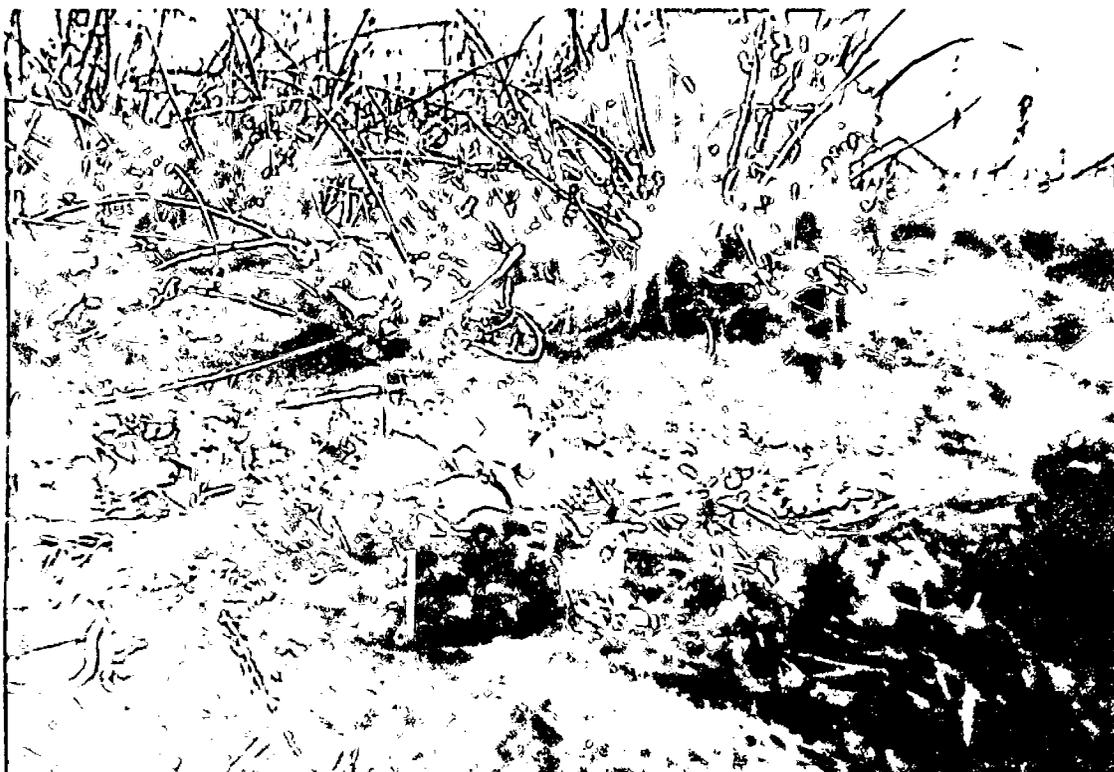
ETAPA DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE YACÓN



VIGOROSIDAD DE LOS TALLOS DE YACÓN



INICIO DE LA FLORACIÓN DE YACÓN



CESE DE LA FLORACIÓN Y AMARILLAMIENTO DE LAS HOJAS DE LA PLANTA DE YACÓN

ANEXO

B	T	S	P	O	Y1	Y2	Y5	Y4	Y3	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
b1	T01	1.0	0.5	0	1.33	3.20	1210.00	14.20	3390.00	13.56	4.26	109.38	88.74	5433.33
b1	T02	1.0	0.5	500	1.37	2.83	1850.00	18.50	5120.00	15.79	5.54	328.48	87.37	11722.23
b1	T03	1.0	0.5	1000	1.63	3.89	1900.00	22.88	6222.22	15.84	5.92	244.00	83.09	12872.67
b1	T04	1.0	0.5	1500	1.60	3.50	3962.50	34.00	11475.00	14.50	5.25	197.54	85.70	20041.67
b1	T05	1.0	0.4	0	1.79	3.40	1500.00	13.80	5010.00	14.99	4.70	177.35	81.30	8125.00
b1	T06	1.0	0.4	500	1.41	3.20	3030.00	17.60	9730.00	17.45	4.34	229.42	81.20	15083.33
b1	T07	1.0	0.4	1000	1.47	2.86	2064.29	23.40	7207.14	18.24	5.41	231.40	85.36	16785.71
b1	T08	1.0	0.4	1500	1.64	5.50	3191.67	32.00	10650.00	16.75	5.90	247.59	84.46	24479.17
b1	T09	1.0	0.3	0	1.06	2.00	1560.00	13.60	3960.00	14.42	4.97	125.21	90.14	5666.67
b1	T10	1.0	0.3	500	1.10	3.14	2014.29	22.43	5450.00	13.77	4.81	128.50	88.93	8595.23
b1	T11	1.0	0.3	1000	1.48	3.88	3087.50	22.12	7642.50	14.72	5.54	210.56	85.09	11208.33
b1	T12	1.0	0.3	1500	1.44	5.75	2218.75	30.00	8960.63	21.18	6.96	304.07	86.95	15722.93
b1	T13	0.9	0.5	0	0.83	2.50	600.00	13.00	2475.00	12.20	3.84	98.87	88.67	5833.33
b1	T14	0.9	0.5	500	1.69	4.00	1947.50	19.17	5316.67	14.29	4.39	106.08	90.96	8333.33
b1	T15	0.9	0.5	1000	1.43	2.60	3340.00	22.80	8140.00	14.30	5.22	260.23	86.01	11740.74
b1	T16	0.9	0.5	1500	1.62	5.00	2446.43	27.00	8975.00	15.13	6.13	286.28	91.29	19497.37
b1	T17	0.9	0.4	0	1.08	2.40	810.00	12.00	2790.00	16.32	4.93	243.99	90.53	4737.04
b1	T18	0.9	0.4	500	1.71	2.75	1712.50	20.00	5875.00	15.00	4.68	130.62	84.74	12407.41
b1	T19	0.9	0.4	1000	1.54	4.33	2388.89	24.22	6183.33	15.50	5.05	173.38	91.45	10370.37
b1	T20	0.9	0.4	1500	1.76	5.00	2980.00	27.00	10446.00	17.92	5.25	206.54	83.03	12420.74
b1	T21	0.9	0.3	0	0.90	1.50	1437.50	11.00	3637.50	15.80	4.11	136.86	84.74	5879.63
b1	T22	0.9	0.3	500	1.27	3.00	2750.00	16.10	5340.00	13.76	4.18	115.19	81.91	6481.48
b1	T23	0.9	0.3	1000	1.45	3.40	2020.00	22.00	6730.00	14.64	5.19	193.95	89.08	12814.81

b1	T24	0.9	0.3	1500	1.39	4.33	2741.67	28.17	10375.00	17.30	5.65	223.66	85.28	20432.11
b1	T25	0.8	0.5	0	1.28	1.40	400.00	7.20	1540.00	12.50	4.90	141.23	88.33	2933.33
b1	T26	0.8	0.5	500	1.25	2.80	1540.00	16.40	3810.00	14.40	4.05	217.03	86.54	6500.00
b1	T27	0.8	0.5	1000	1.61	3.67	2316.67	20.17	8158.33	14.47	6.18	226.41	82.97	14861.10
b1	T28	0.8	0.5	1500	1.60	6.14	2492.86	25.29	8285.71	15.90	4.94	192.35	82.80	15404.77
b1	T29	0.8	0.4	0	0.75	1.00	1016.67	6.00	1928.33	12.70	3.45	102.85	85.04	2743.04
b1	T30	0.8	0.4	500	1.39	4.40	2180.00	14.00	5640.00	15.78	4.56	261.37	89.51	13625.00
b1	T31	0.8	0.4	1000	1.54	4.25	2900.00	21.00	8850.00	14.61	4.54	142.31	81.60	16197.92
b1	T32	0.8	0.4	1500	1.48	3.50	2450.00	24.13	6462.50	13.08	5.18	164.71	89.99	11692.71
b1	T33	0.8	0.3	0	1.75	3.00	3200.00	16.00	4115.00	14.30	4.30	126.85	.	4000.00
b1	T34	0.8	0.3	500	1.26	3.80	1280.00	16.40	4360.00	17.32	4.44	141.66	81.29	6200.00
b1	T35	0.8	0.3	1000	1.39	2.83	1880.00	18.80	5140.00	15.26	4.63	235.92	92.47	7533.33
b1	T36	0.8	0.3	1500	1.27	2.83	1741.67	26.00	5250.00	15.14	4.81	241.37	84.76	10055.57
b2	T01	1.0	0.5	0	1.69	4.63	2687.50	20.75	6587.50	16.56	4.85	206.00	83.01	8979.17
b2	T02	1.0	0.5	500	1.93	1.83	2816.67	25.00	8466.67	16.31	6.23	277.93	87.54	14388.90
b2	T03	1.0	0.5	1000	2.00	1.80	2160.00	15.00	5530.00	14.53	4.54	168.94	88.23	10100.00
b2	T04	1.0	0.5	1500	2.03	4.00	4500.00	34.50	11069.13	14.93	5.33	225.60	88.34	18638.90
b2	T05	1.0	0.4	0	1.60	2.00	1721.43	16.67	6216.67	16.83	5.38	235.96	84.12	9444.43
b2	T06	1.0	0.4	500	1.51	2.33	1891.67	22.67	5116.67	15.60	5.29	226.84	80.83	9138.90
b2	T07	1.0	0.4	1000	1.95	2.60	2740.00	26.20	8190.00	16.72	6.04	222.13	79.47	13633.33
b2	T08	1.0	0.4	1500	1.79	2.50	3425.00	36.50	10675.00	15.88	5.70	281.07	83.31	17291.67
b2	T09	1.0	0.3	0	1.43	1.50	1525.00	11.50	4550.00	13.15	4.19	130.95	85.68	6833.33
b2	T10	1.0	0.3	500	1.69	4.00	2727.78	22.00	6488.89	17.13	4.49	200.93	77.84	8685.20
b2	T11	1.0	0.3	1000	1.91	3.17	3541.67	23.17	12066.67	15.49	5.48	221.37	86.92	17611.10
b2	T12	1.0	0.3	1500	1.90	3.75	2825.00	31.25	9025.00	16.13	5.74	245.14	83.81	17333.33
b2	T13	0.9	0.5	0	1.68	2.40	2870.00	17.00	7540.00	15.15	5.91	222.79	87.25	11370.37

b2	T14	0.9	0.5	500	1.53	2.43	3178.57	16.14	7778.57	18.15	4.89	245.60	79.80	11111.11
b2	T15	0.9	0.5	1000	1.87	2.70	3266.67	25.00	8550.00	15.37	5.17	193.29	86.33	14012.33
b2	T16	0.9	0.5	1500	1.76	3.33	2691.67	16.17	7483.33	14.80	5.04	204.21	81.77	11697.52
b2	T17	0.9	0.4	0	1.95	3.00	3000.00	11.00	6400.00	13.42	4.76	153.75	90.38	6666.67
b2	T18	0.9	0.4	500	1.65	3.60	2207.14	21.60	6700.00	17.10	5.25	234.78	85.87	11402.11
b2	T19	0.9	0.4	1000	2.06	2.40	1340.00	16.00	5340.00	15.38	5.76	197.98	83.76	10777.78
b2	T20	0.9	0.4	1500	1.65	3.50	2383.33	28.67	7808.33	17.52	5.31	238.68	80.71	13364.19
b2	T21	0.9	0.3	0	1.60	1.33	2266.67	8.00	5400.00	16.31	4.33	189.71	92.69	6296.30
b2	T22	0.9	0.3	500	1.74	3.67	2811.11	21.33	7338.89	15.77	5.16	213.02	80.81	11337.44
b2	T23	0.9	0.3	1000	1.95	2.38	2087.50	18.88	6700.00	15.44	5.15	245.14	83.97	12407.41
b2	T24	0.9	0.3	1500	2.04	2.86	2850.00	27.14	8451.43	15.06	5.43	222.25	83.97	11486.78
b2	T25	0.8	0.5	0	1.30	2.00	1894.44	14.56	4627.78	14.33	5.58	226.42	85.79	7638.88
b2	T26	0.8	0.5	500	1.75	3.67	3791.67	28.00	8850.00	16.25	5.04	210.83	88.96	15590.29
b2	T27	0.8	0.5	1000	1.74	1.57	2350.00	19.29	6507.14	16.01	5.84	224.85	83.13	14613.08
b2	T28	0.8	0.5	1500	1.96	2.60	3000.00	26.56	9377.78	16.44	5.96	247.78	84.28	19467.58
b2	T29	0.8	0.4	0	1.44	1.17	725.00	5.83	1425.00	17.20	4.09	133.44	78.93	1458.33
b2	T30	0.8	0.4	500	1.92	2.56	2050.00	19.33	6666.67	16.21	5.53	254.37	89.36	12847.21
b2	T31	0.8	0.4	1000	1.95	2.40	2030.00	18.00	5720.00	15.15	4.71	217.57	96.41	10000.00
b2	T32	0.8	0.4	1500	1.46	2.60	2960.00	19.60	7400.00	15.55	4.82	200.61	92.05	14166.67
b2	T33	0.8	0.3	0	1.90	3.00	3000.00	1.90	8300.00	14.70	5.20	179.62	.	15625.00
b2	T34	0.8	0.3	500	1.60	3.14	2921.43	15.57	5907.14	15.05	4.81	182.21	82.75	8839.29
b2	T35	0.8	0.3	1000	1.85	3.13	3075.00	24.13	8881.25	14.55	5.92	240.00	84.00	17109.38
b2	T36	0.8	0.3	1500	1.84	2.20	2300.00	25.00	7610.00	15.87	5.66	251.26	87.28	16083.33
b3	T01	1.0	0.5	0	1.55	2.50	2666.67	22.67	7191.67	16.38	5.31	252.00	85.21	11666.67
b3	T02	1.0	0.5	500	1.81	2.60	3080.00	21.20	7720.00	16.04	5.07	240.00	87.75	11600.00
b3	T03	1.0	0.5	1000	1.50	2.60	2400.00	15.60	6090.00	15.54	4.97	205.00	82.51	9400.00

b3	T04	1.0	0.5	1500	1.58	3.17	2800.00	27.83	8166.67	15.69	5.21	242.00	83.13	14305.57
b3	T05	1.0	0.4	0	1.62	2.17	3200.00	2.70	10842.00	15.00	5.42	253.00	85.77	22583.33
b3	T06	1.0	0.4	500	1.53	1.75	1900.00	12.75	4918.75	15.48	5.24	197.50	84.59	11708.33
b3	T07	1.0	0.4	1000	1.78	2.33	2366.67	22.17	9983.33	17.52	5.70	276.00	85.30	13027.77
b3	T08	1.0	0.4	1500	1.77	2.60	2860.00	23.00	7015.00	15.21	5.78	263.00	85.76	11166.67
b3	T09	1.0	0.3	0	1.43	2.38	2300.00	19.75	5600.00	17.00	5.10	212.00	88.86	8687.50
b3	T10	1.0	0.3	500	1.60	3.40	3855.00	21.90	8120.00	16.12	5.68	272.38	84.59	9546.67
b3	T11	1.0	0.3	1000	2.15	3.30	3450.00	29.00	9050.00	14.69	5.57	192.00	86.99	13583.33
b3	T12	1.0	0.3	1500	1.75	3.00	2875.00	26.50	6375.00	12.57	3.94	102.00	91.29	9916.67
b3	T13	0.9	0.5	0	1.12	1.50	1483.33	13.83	4125.00	16.34	4.39	168.21	89.36	7993.81
b3	T14	0.9	0.5	500	1.75	4.00	4000.00	18.25	7850.00	15.01	5.06	194.00	81.77	10694.44
b3	T15	0.9	0.5	1000	1.45	3.00	3050.00	25.00	8625.00	15.10	5.20	261.00	87.45	14722.22
b3	T16	0.9	0.5	1500	1.32	2.33	1666.67	18.67	6333.33	16.30	5.23	243.54	83.22	14074.07
b3	T17	0.9	0.4	0	1.51	2.20	3575.00	18.60	6430.00	17.13	5.70	300.00	88.22	1090.74
b3	T18	0.9	0.4	500	1.57	3.00	2835.71	22.86	7757.14	17.08	5.83	293.00	84.36	14285.70
b3	T19	0.9	0.4	1000	1.55	1.88	2553.13	16.38	5600.00	15.95	5.08	231.00	84.05	8518.52
b3	T20	0.9	0.4	1500	1.75	2.50	2275.00	18.33	5425.00	16.62	5.58	248.00	88.35	7839.52
b3	T21	0.9	0.3	0	1.22	1.60	2220.00	9.20	4140.00	14.93	4.42	147.00	89.89	3518.52
b3	T22	0.9	0.3	500	1.51	3.25	2225.00	17.13	5581.25	14.89	5.35	250.00	84.34	10138.89
b3	T23	0.9	0.3	1000	1.90	4.00	3750.00	34.80	11580.00	16.75	5.30	280.00	83.73	21407.41
b3	T24	0.9	0.3	1500	1.70	2.67	2375.00	21.33	7758.33	18.07	5.54	270.00	93.05	15524.70
b3	T25	0.8	0.5	0	1.58	2.17	2700.00	19.00	5908.33	17.17	4.95	219.00	89.14	11006.96
b3	T26	0.8	0.5	500	1.41	2.33	3066.67	12.83	4750.67	16.22	4.98	214.00	87.23	6250.00
b3	T27	0.8	0.5	1000	1.30	2.25	2187.50	17.25	5850.00	15.26	5.44	203.67	88.93	11562.50
b3	T28	0.8	0.5	1500	1.59	2.13	2928.75	22.13	6931.25	16.42	5.69	259.00	79.85	12968.75
b3	T29	0.8	0.4	0	1.63	1.75	1725.00	6.75	5112.50	14.38	4.92	215.00	83.18	10572.92

b3	T30	0.8	0.4	500	1.69	3.00	3780.00	26.20	8840.00	17.82	5.41	290.00	82.19	15833.33
b3	T31	0.8	0.4	1000	1.59	2.43	2835.71	25.71	9135.71	17.02	5.10	271.00	81.59	20267.88
b3	T32	0.8	0.4	1500	1.73	2.67	3816.67	22.33	9083.33	15.62	5.21	219.47	89.68	15555.54
b3	T33	0.8	0.3	0	1.65	3.00	1800.00	14.50	3200.00	13.10	5.60	163.00	88.79	7291.67
b3	T34	0.8	0.3	500	1.99	3.00	3225.00	26.83	9983.33	17.52	5.70	276.00	89.01	21944.46
b3	T35	0.8	0.3	1000	1.76	2.33	2641.67	17.67	6300.00	16.97	5.37	256.00	80.89	11354.17
b3	T36	0.8	0.3	1500	1.92	2.88	2975.00	20.50	6100.00	15.46	5.47	236.00	81.09	9713.54
					172.44	315.00	269217.43	2159.44	738858.96	1689.24	556.29	23090.96	9091.78	1267201.48
					PROMEDIO									
					1.5967	2.916667	2492.754	19.99481	6841.28667	15.64111	5.150833	213.8052	84.18315	11733.347

Donde:

- Y1 ALTURA DE PLANTA
- Y2 NUMERO DE TALLOS POR PLANTA
- Y3 BIOMASA O PESO TOTAL DE LA PLANTA
- Y5 PESO DE CORONA POR PLANTA
- Y4 NUMERO DE RAICES RESERVANTES
- Y6 LONGITUD DE RAICES
- Y7 DIAMETRO MAYOR DE RAICES
- Y8 PESO PROMEDIO DE RAICES
- Y9 % MATERIA ECA
- Y10 RENDIMIENTO kg.ha-1