

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DE 4 TRATAMIENTOS DE NITROGENO Y FOSFORO Y 3 DENSIDADES DE  
SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (solanum tuberosum L.), EN EL  
MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR

OSCAR OVIDIO PEREZ BELTRAN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO

GUATEMALA, MAYO DE 1995.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| DECANO:        | Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA    |
| VOCAL PRIMERO: | Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES    |
| VOCAL TERCERO: | Ing. Agr. CARLOS MOTTA DE PAZ     |
| VOCAL CUARTO:  | Prof. GABRIEL AMADO ROSALES       |
| VOCAL QUINTO:  | Br. AUGUSTO GUERRA GUTIERREZ      |
| SECRETARIO:    | Ing. Agr. MARCO ROMILIO ESTRADA   |

Guatemala, Mayo de 1995.

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos

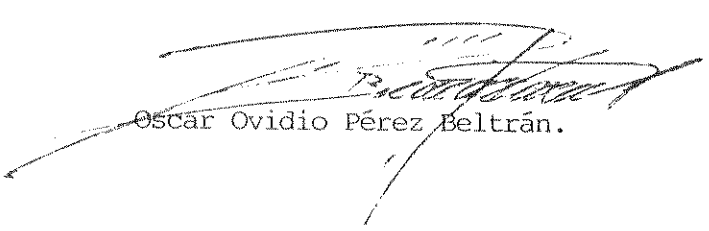
Señores miembros:

En cumplimiento a las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACION DE 4 TRATAMIENTOS DE NITROGENO Y FOSFORO Y 3 DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.), EN EL MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA.**

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Respetuosamente:



Oscar Ovidio Pérez Beltrán.

ACTO QUE DEDICO

A JEHOVA: Fuente eterna de sabiduría.

A MIS PADRES: Roselia Beltrán Catalán de Pérez  
Santiago de J. Pérez Hernández.  
En reconocimiento por todo su esfuerzo.

A MIS HERMANOS: Lesbia, Arístides, Olga y Elder  
Para que compartamos este triunfo.

A MIS ABUELOS: En agradecimiento a sus sabios consejos.

A MIS TIOS: Con especial cariño  
En especial a:  
Miguel, Cecilio y José.

A MIS SUEGROS: Josefina Vanegas Miranda de López  
Pedro López Polanco.  
Agradecimiento por su incondicional  
apoyo.

A MI HIJA: Iris Roselia  
Con todo mi amor.

A MI ESPOSA: IRIS HAYDEE  
Con todo mi amor.

A MIS COMPAÑEROS:  
EN GENERAL En especial a:  
Velter, Jorge, Rigo, Oscar, Carlos, Fabricio,  
Vinicio, Efraín, Pedro, Ana, Francisco.

TESIS QUE DEDICO

A: Aldea El Fiscal, Palencia, Guatemala.

Escuela Isidoro Zarco Alfaza.

Instituto Técnico Diversificado de Bachillerato  
en Construcción.

Semillas Cristiani Burkard, S.A.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la realización de la presente investigación, en especial a:

Al profesor Ernesto Carrillo, por su orientación tanto en mi carrera universitaria, como por su asesoría en la presente investigación.

Al Ing. Agr. y M. Sc. Maxdelio Herrera por su asesoría y orientación en la conducción del presente estudio.

A los Ingenieros Agrónomos: Anibal Sacbajá

Carlos Fernández

William Escobar

Por su orientación en el desarrollo de la investigación.

A los Ingenieros Agrónomos: Silvel Elías Gramajo

Guillermo Méndez Beteta

Carlos Echeverría

Por su valiosa amistad.

## INDICE DE CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| INDICE DE CONTENIDO .....   | i      |
| INDICE DE FIGURAS .....   | iii    |
| INDICE DE CUADROS .....   | iv     |
| RESUMEN .....   | v      |
| 1 INTRODUCCION .....  | 1      |
| 2 DEFINICION DEL PROBLEMA .....   | 3      |
| 3 MARCO TEORICO .....   | 5      |
| 3.1 MARCO CONCEPTUAL .....  | 5      |
| 3.1.1 Datos generales del cultivo de la papa .....                            | 5      |
| 3.1.2 Composición química de la papa .....                                    | 6      |
| 3.1.3 Generación de tecnología en la fertilización química de<br>la papa..... | 7      |
| 3.1.4 Requerimientos del cultivo .....  | 7      |
| 3.1.5 Respuesta a los fertilizantes .....                                     | 10     |
| 3.2 MARCO REFERENCIAL .....   | 13     |
| 3.2.1 Importancia del cultivo de la papa .....                                | 13     |
| 3.2.2 Antecedentes de investigación .....                                     | 13     |
| 4 OBJETIVOS .....   | 15     |
| 4.1 General .....   | 15     |
| 4.2 Específicos .....   | 15     |
| 5 HIPOTESIS .....   | 16     |
| 6 METODOLOGIA .....   | 17     |
| 6.1 Características del área experimental .....                               | 17     |
| 6.2 Características del material experimental .....                           | 20     |
| 6.3 Selección de tratamientos .....   | 20     |

|       | Página                            |
|-------|-----------------------------------|
| 6.4   | Diseño experimental ..... 21      |
| 6.5   | Modelo estadístico ..... 21       |
| 6.6   | VARIABLES EVALUADAS ..... 21      |
| 6.7   | Manejo del experimento ..... 22   |
| 6.8   | Toma de datos ..... 24            |
| 6.9   | Análisis de datos ..... 24        |
| 7     | RESULTADOS Y DISCUSION ..... 25   |
| 7.1   | Análisis de resultados ..... 25   |
| 7.2   | Rendimiento de papa ..... 26      |
| 7.3   | Análisis de varianza ..... 29     |
| 7.4   | Análisis económico ..... 38       |
| 7.4.1 | Análisis de rentabilidad ..... 38 |
| 8     | CONCLUSIONES ..... 39             |
| 9     | RECOMENDACIONES ..... 40          |
| 10    | BIBLIOGRAFIA ..... 41             |
| 11    | APENDICE                          |



## INDICE DE FIGURAS

| FIGURA   | Página |
|--|--------|
| 1. Niveles de producción de papa peso total, con 4 dosis de nitrógeno y fósforo y 3 densidades de siembra.....                                 | 32     |
| 2. Comportamiento de la producción de papa de peso total con 3 densidades de siembra .....   | 32     |
| 3. Diferentes niveles de producción de papa de primera calidad con 4 dosis de fertilizante y 3 densidades de siembra .....                     | 34     |
| 4. Comportamiento de la producción de papa de primera calidad con 3 densidades de siembra y 4 dosis de fertilizante .....                      | 34     |
| 5. Comportamiento de la producción de papa de primera calidad y en peso total con 4 dosis de nitrógeno y fósforo y una densidad promedio. .... | 35     |
| 6. Comportamiento de la producción total ante el costo del fertilizante.....   | 36     |
| 7. Comportamiento de la producción total ante el costo de la semilla más la siembra.....   | 37     |

## INDICE DE CUADROS

| CUADRO  | Página |
|---|--------|
| 1. Niveles de fertilizante y densidad de siembra utilizada en papa, por agricultores del municipio de Palencia .....  | 3      |
| 2. Niveles de nitrógeno, fósforo y densidades de siembra en papa recomendadas por el ICTA, Guatemala, 1980 .....  | 3      |
| 3. Composición química de la papa. Christiansen, J.A. y Vargas Machuca, R. Guatemala. 1981 .....  | 6      |
| 4. Factores y sus modalidades sometidos a evaluación, Palencia 1994. ....   | 20     |
| 5. Tratamientos evaluados en el cultivo de la papa, Palencia, 1994.....   | 21     |
| 6. Distribución de tratamientos de urea y triple superfosfato, Palencia, 1994.....  | 23     |
| 7. Distribución de las densidades de siembra por tratamiento Palencia, 1994.....  | 23     |
| 8. Resultados del análisis de suelos realizado por el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 1994..... | 25     |
| 9. Rendimientos obtenidos de papa peso total, Palencia, 1994..  | 26     |
| 10. Rendimientos obtenidos de papa de primera calidad, Palencia 1994.....   | 27     |
| 11. Producción de papa de primera y segunda calidad expresada en valor absoluto y porcentual, Palencia, 1994.....   | 28     |
| 12. Análisis de varianza de papa de peso total, Palencia, 1994.   | 30     |
| 13. Análisis de varianza de papa de primera calidad, Palencia, 1994.....  | 30     |
| 14. Ordenamiento de los resultados del análisis de Rentabilidad de los tratamientos aplicados al cultivo de la papa, Palencia, 1994.....                        | 38     |

EVALUACION DE 4 TRATAMIENTOS DE NITROGENO Y FOSFORO Y 3 DENSIDADES  
DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.), EN EL  
MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA.

EVALUATION OF 4 TREATMENTS OF NITROGEN AND PHOSPHATE AND 3 DENSITIES  
OF SOWING IN POTATO (Solanum tuberosum L.), IN PALENCIA, GUATEMALA.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la región papera del municipio de Palencia, y surgió como producto de la necesidad de encontrar una dosis de fertilizante y densidad de siembra que fuera más adecuada, de acuerdo a la región, demanda del cultivo y requerimientos del suelo; debido a que el productor de papa de Palencia, había duplicado, triplicado y hasta cuadruplicado las dosis de fertilizante compuesto, y probado hasta 125000 plantas/ha para obtener mejores rendimientos.

En el presente trabajo de investigación, se evaluaron 4 dosis de nitrógeno (80,180,240 y 354 Kg/ha), 4 dosis de fósforo (90,160, 270 y 354 K/ha) y 3 densidades de siembra (36400, 71500 y 125000 plantas/ha). siendo 180 y 160 Kg/ha de nitrógeno y fósforo con una densidad de 36400 plantas/ha, la recomendación del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), y 354 y 354 Kg/ha de nitrógeno y fósforo con 125000 plantas/ha, la dosis y densidad utilizadas por el agricultor.

El objetivo de la presente investigación era determinar la dosis de fertilizante con las densidades de siembra que proporcionaran la mayor pro-

ducción de papa, con el mayor beneficio económico.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con 12 tratamientos y 3 repeticiones, y fueron evaluados los rendimientos de papa de primera calidad y peso total de papa, que incluye, la papa de primera y segunda calidad en TM/ha.

Los tratamientos que dieron mayores rendimientos, fueron en los que se combinaron densidades inferiores a las del agricultor, es decir, 36400 y 71500 plantas/ha, con la dosis de nutrientes que el ICTA recomienda, es decir, 180 y 160 Kg/ha de nitrógeno y fósforo respectivamente; esto nos da la pauta, para decir: Que con el tratamiento del agricultor el cuál consiste en aplicar 354 K/ha de nitrógeno y 354 Kg/ha de fósforo con 125000 plantas/ha, se obtienen buenos rendimientos (11.11 TM/ha), pero, estos pueden ser superados utilizando densidades de 71500 plantas/ha y 36400 planta/ha y dosis de 180 y 160 Kg/ha de nitrógeno y fósforo respectivamente.

## I INTRODUCCION

El cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.), se encuentra dentro de los productos agrícolas más importantes de nuestro país, pues su valor alimenticio tiene el equivalente al de los cereales de alto contenido de carbohidratos y, en la actualidad, es un componente de la canasta básica familiar.

En el último Censo Agropecuario Nacional 1978/1979, se informa que la cosecha total de papa fué de 12715 toneladas métricas y de este total un 32.6% (4145 TM) fué producido por el municipio de Palencia, situación que coloca a este municipio. como uno de los productores más importantes de la república.

A pesar de que Palencia es uno de los mayores productores de papa, también tiene problemas para hacer más eficiente su producción y, dentro de estos, tenemos: La fertilización y las densidades de siembra. Durante los últimos años, se ha venido probando distintas densidades de siembra y se han duplicado, triplicado y cuadruplicado las dosis de fertilizante en aras de obtener mejores cosechas; así mismo, son varias las densidades de siembra que se han probado. En la actualidad, se utiliza una densidad promedio de 125000 plantas/ha.

Lo que se ha indicado anteriormente, dá una dimensión de los problemas que tiene el productor de papa y dio la pauta para dirigir la presente investigación, para la búsqueda de una solución a estos problemas.

Cuando se realizó la entrevista con los productores, previa a la orientación de la presente investigación, se detectó que el productor desconoce las recomendaciones generadas por diversas instituciones para obtener mejores resultados. Con los datos obtenidos a través de la entrevista, se efectuaron las comparaciones de rendimiento, dosis de aplicación de fertilizante

y densidades de siembra con las recomendaciones dadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), y se pudo establecer, que los mismos son diferentes a los que se recomiendan.

Tomando en cuenta lo anterior, en el presente trabajo, se incluyó la densidad de siembra y dosis de nutrientes que el ICTA recomienda. obviamente, también se tomó en cuenta el análisis químico de suelos realizado previo a definir los tratamientos, con el objetivo de encontrar la o las dosis de fertilizante con la o las densidades de siembra con las que se obtuviera la mayor producción de papa al más bajo costo.

Para este propósito, se hizo un Análisis de Varianza a los tratamientos con un diseño en Bloques al Azar y 3 repeticiones, así mismo se hizo un análisis económico mediante el cálculo de la Rentabilidad.

El presente trabajo se realizó en los meses de noviembre de 1993 a abril de 1994, en la jurisdicción del municipio de Palencia del departamento de Guatemala.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Los agricultores del municipio de Palencia, que se dedican al cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.), durante los últimos años han probado distintas densidades de siembra y aumentado las dosis de fertilizante por unidad de área como se indica en el cuadro siguiente:

Cuadro 1: Niveles de fertilizante y densidad de siembra utilizada en papa, por hectárea, por agricultores del municipio de Palencia. 1993.

| Agricultor | Fertilizante. Triple 15. Kg/ha | PRODUCCION TM/ha |       |           |       | Prod. total | Densidad de siembra Plantas/ha. |
|------------|--------------------------------|------------------|-------|-----------|-------|-------------|---------------------------------|
|            |                                | papa lera.       | %     | papa 2da. | %     |             |                                 |
| 1          | 1485                           | 11.8             | 76.13 | 3.7       | 23.87 | 15.5        | 125000                          |
| 2          | 1710                           | 12.2             | 72.62 | 4.6       | 27.38 | 16.8        | 125000                          |
| 3          | 1935                           | 14.0             | 75.67 | 4.5       | 24.32 | 18.5        | 125000                          |
| 4          | 2025                           | 13.9             | 77.65 | 4.0       | 21.34 | 18.9        | 125000                          |
| 5          | 2070                           | 16.0             | 79.60 | 4.1       | 20.39 | 20.1        | 125000                          |
| 6          | 2250                           | 14.0             | 79.09 | 3.7       | 20.90 | 17.7        | 125000                          |
| $\bar{X}$  | 1912                           | 13.65            | 76.79 | 4.1       | 23.21 | 17.9        | 125000                          |

Fuente: Encuesta realizada por el autor del presente estudio.

Los suelos donde se cultiva la papa, son ricos en potasio (600-900 ppm) y deficientes en fósforo (0.1-3.04 ppm); al aplicar fertilizantes compuestos se está adicionando potasio, el cuál, según el análisis de suelos, no es necesario.

En cuanto a las densidades de siembra, se cultivan 125000 plantas/ha, si se compara estas densidades de siembra y dosis de fertilizante con las recomendaciones dadas por el ICTA que son:

Cuadro 2: Niveles de nitrógeno y fósforo (kg/ha) y densidades de siembra en papa recomendadas por el ICTA, Guatemala, 1980.

| N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Densidad Plantas/ha | Producción TM/ha |
|-----|-------------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| 182 | 156                           | 56               | 36400               | 22               |

Fuente: Christiansen, J. Memorias del primer curso nacional de papa, 1980.

Se observa que las recomendaciones dadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), nose habían evaluado en la región papera del municipio de Palencia para dar solución a estos problemas.



### 3. MARCO TEORICO

#### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 4.1.1 DATOS GENERALES DEL CULTIVO DE LA PAPA:

La planta de la papa posee tanto tallos aéreos como subterráneos. Los aéreos son angulosos y verde púrpura, con hojas pinaticompuestas en espiral; en condiciones húmedas, las hojas son anchas y amplias y los tallos subterráneos son estolones y tubérculos.

Cada tubérculo tiene "ojos" o yemas terminales y laterales, las terminales brotan primero, pero cortando el tubérculo por la mitad se rompe la dominancia apical, así como suprimiendo los primeros brotes.

Las flores nacen en racimo en el extremo de los tallos y son perfectas, de color blanco, amarillo, púrpura o veteadas.

La formación del tubérculo no depende de la floración, ya que pueden formarse sin aparecer ninguna flor, es más, la remoción de flores estimula la formación de tubérculos.

El fruto es una baya redonda, pequeña y contiene de 100 a 300 semillas, las que se usan para el desarrollo de nuevas variedades. (12)

##### 4.1.2 COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPA:

La papa tiene un gran valor nutritivo y puede usarse como alimento humano y animal; su valor biológico en proteínas es un tanto inferior al de la carne, pero supera a la proteína del trigo, avena y verduras.

Su composición química es variable, dependiendo del clima, fertilización, variedad, almacenaje y todas aquellas condiciones que favorezcan la formación de un buen tubérculo.

En base al peso fresco, los principales componentes de la papa se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 3: Composición química de la papa.

| COMPONENTE                 | g/100 g<br>peso fresco |
|----------------------------|------------------------|
| Agua                       | 77.4                   |
| sólidos<br>totales         | 22.6                   |
| proteína                   | 2.7                    |
| Grasa                      | 0.1                    |
| Carbohidratos<br>totales   | 17.4                   |
| Fibra cruda                | 0.6                    |
| Vitamina C<br>(mg/100 g)   | 21.4                   |
| Niacina<br>(mg/100 g)      | 1.4                    |
| Tiamina<br>(mcg/100 g)     | 52.6                   |
| Riboflavina<br>(mcg/100 g) | 33.7                   |
| Cenizas (g)                | 0.9                    |
| Hierro<br>(mcg/100 g)      | 0.8                    |
| Calcio<br>(mg/100 g)       | 14.7                   |
| Fosfato<br>(mg/100 g)      | 89.0                   |

Fuente: Christiansen, J.A. y Vargas Machuca, R. 1981.

La papa es un alimento económico, provee una fuente barata de energía a la dieta humana, los elementos nutritivos aportados por la papa son ricos en: proteínas, grasas, carbohidratos, calcio, hierro y vitaminas B y C. (4)

### 3.1.3 GENERACION DE TECNOLOGIA EN LA FERTILIZACION QUIMICA DE LA PAPA

La generación de tecnología, en la fertilización química de la papa en Guatemala, ha sido muy limitada. Hasta el año 1978, únicamente se contaba con recomendaciones extraídas de ensayos a nivel de estación experimental y en base a análisis de suelos, recomendándose 106 y 71 Kg/ha de nitrógeno y fósforo, cuando estos elementos eran deficientes.

La recomendación indicaba que cuando el manejo del cultivo era con buena tecnología y condiciones ambientales favorables, el rendimiento esperado sería de 26 TM/ha y que, por consiguiente, no puede ser adoptada por la mayoría de los agricultores. El ICTA tomando en cuenta el alto costo de la tecnología adecuada, consideró de vital importancia, estudiar durante 1979 las cantidades de los nutrientes mayores y las densidades de siembra óptimas así como también la interacción de estos factores.

Los resultados obtenidos en ese año, indican que deben utilizarse 158, 178 y 47 Kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio de elemento puro y una densidad de población de 34580 plantas/ha, obteniéndose un rendimiento de 24 TM/ha, con estos resultados prácticamente, se está manteniendo el nivel de producción, pero bajando notablemente la cantidad de fertilizante, lo que hace más rentable el cultivo. (3)

### 3.1.4 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

#### 3.1.4.1 Suelo:

El rendimiento, la forma y la apariencia de los tubérculos dependen en gran parte de la naturaleza física del suelo.

Dentro de los mejores suelos para producir se encuentran los bien drenados, arenosos que contienen arenisca y suelos arcillosos que contengan

materia orgánica y elementos nutritivos suficientes.

Los suelos arcillosos, pesados por su plasticidad y alta retención de agua producen tubérculos deformes. Tales suelos pueden transformarse en apropiados para el cultivo si se drenan adecuadamente y se mantienen con un alto contenido de materia orgánica. Los suelos que se encuentran infectados con organismos patógenos, deben ser descartados para el cultivo de papa. Los suelos en los cuales se han producido tubérculos conroña (Rizoctonia solani.) en el pasado, tienden a producir tubérculos con la misma enfermedad, a menos que sean variedades resistentes. Cualquier interrupción, en el crecimiento entre el tiempo de la formación del tubérculo y la cosecha, pueden resultar en tubérculos deformes causado por crecimientos secundarios. (5)

El rendimiento del cultivo de la papa está dado por la cantidad de alimento que se almacena en los tubérculos, la cuál está en función de la diferencia entre el alimento producido por fotosíntesis y el consumido por la planta a través de la respiración. (13)

La papa requiere clima fresco a frío con temperatura promedio de 18°C el ambiente fresco es importante para que el crecimiento de la planta sea lento y exista mayor disponibilidad para formación de carbohidratos en cantidades superiores a las que la planta requiere para sus procesos normales de respiración, el exceso de carbohidratos se acumulará en los tubérculos.

La duración de horas luz varía entre 9 y 13 horas por día. En algunas variedades de papa, los días más largos favorecen el crecimiento de la parte aérea, mientras que los días cortos propician la tuberización. Existen variedades poco sensibles a la duración del fotoperíodo. (4)

Según Kehr (12), a temperaturas entre 20 y 29 grados centígrados el desarrollo de los tubérculos se reduce marcadamente, mientras que, a temperaturas mayores de 29 grados centígrados, muy pocos tubérculos se forman

y tienen desarrollo muy pobre.

#### 3.1.4.3 Humedad:

La humedad es un factor indispensable en la producción, en cantidades limitantes de agua, se ve afectado el rendimiento y la calidad de la cosecha. La falta de humedad trae como consecuencia bajos rendimientos y baja en la producción total de materia seca. (1)

Por otra parte los excesos de humedad causan inundaciones, reduciendo el proceso de aereación del suelo. La cantidad promedio de agua disponible y su distribución el período de crecimiento del cultivo son factores críticos que determinan el crecimiento. En las mejores áreas productoras de papa, en las regiones húmedas, la cantidad de lluvia que cae desde la siembra hasta la cosecha (noviembre-febrero, varía de 300-400 mm. (4)

#### 3.1.4.4 Rotaciones:

El cultivo de la papa deberá entrar en rotación planeada para mantener la fertilidad del suelo, controlar las maelzas, aumentar la materia orgánica y reducir pérdidas debido al daño de insectos y enfermedades.

En general las rotaciones largas (papa cada 3 años o más), son particularmente buenas para reducir pérdidas causadas por organismos que viven en el suelo u causan enfermedades.

#### 3.1.4.5 Requerimientos nutricionales:

La fertilización de la papa es una práctica importante en todas partes, pero esencialmente donde el cultivo se hace con fines comerciales. Para el primer empleo de los fertilizantes se debe acudir al análisis de suelos y tener conocimiento sobre el suelo y su manejo anterior.

Las plantas de papa requieren un abastecimiento suficiente de nutrientes. Las necesidades nutricionales deben ser satisfechas al principio del desarrollo, dado que cualquier pérdida de tiempo en la aplicación de los fertilizantes, puede reducir el rendimiento. La materia orgánica en descomposición y estiércol también proporcionana elementos nutritivos, pero la cantidad disponible de estos no satisface las necesidades de la planta durante las primeras fases del desarrollo. (11)

La clase y cantidad requerida de fertilizante, para una producción de papa abundante, dependen, en gran parte, de la clase de suelo y la fertilidad, de la cantidad y condiciones del estiércol disponible, de la rotación de cultivos practicada, de la variedad de papa y de la densidad de siembra. Además, la efectividad del fertilizante es mayor cuando el suelo contiene una cantidad adecuada de humedad. (5)

### 3.1.5 RESPUESTA A LOS FERTILIZANTES

#### 3.1.5.1 Nitrógeno:

La papa vive y se desarrolla durante el primer mes con materiales de reserva del tubérculo, después, a través de la actividad de las raíces que es lenta pero continua hasta que las hojas se secan.

Las plantas absorben la mayor parte de su nitrógeno en forma de nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) o de nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ).

El nitrógeno entra en la formación de muchos compuestos elaborados por la planta. Es parte de la molécula de todas las proteínas y enzimas, de la clorofila "a" y de la clorofila "b", de ciartos ácidos del núcleo y de ciertas hormonas.

Aparentemente la cantiad de nitrógeno nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) o nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) que es asimilado, depende en cierto grado de la relación del

suelo, cada forma se comporta distintamente en el suelo. En general, el ión nitrato se lixivia fácilmente y el ión amonio se fija de acuerdo con la capacidad de intercambio del suelo.

La sintomatología de una deficiencia de nitrógeno es la siguiente: Las hojas se vuelven uniformemente amarillentas, las hojas viejas muestran primero los síntomas y el contenido de clorofila de la planta es relativamente bajo. Así pues, con un bajo contenido de clorofila se absorben cantidades relativamente bajas de luz. Como resultado, los carbohidratos elaborados por unidad de tiempo son muy pocos y el crecimiento y rendimiento son muy bajos.

Los síntomas de exceso de nitrógeno, en la mayoría de las plantas, son: La fase vegetativa se efectúa rápidamente, las hojas son grandes y de color verde oscuro, como consecuencia, estas hojas tienen grandes cantidades de clorofila que absorben grandes cantidades de luz por unidad de tiempo y grandes cantidades de carbohidratos son elaborados. Para obtener una cosecha de 35 TM/ha el cultivo extrae del suelo 130, 58 y 195 Kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. (12)

#### 3.1.5.2 Fósforo:

El fósforo es esencial para la fotosíntesis y la respiración, para la división celular y la transformación de azúcar-almidón en las plantas. En la fotosíntesis y la respiración los compuestos que contienen enlaces de fósforo ricos en energía, son necesarios para la transformación de energía del núcleo y en las transformaciones azúcar-almidón. La enzima llamada invertasa también contiene fósforo.

Una carencia de fósforo se caracteriza por un retardo del crecimiento y de la maduración, las nervaduras principales de las hojas viejas frecuen-

temente, se vuelven rojizas o púrpura, mientras que las hojas jóvenes son verde oscuro o verde grisáceo. (18)

### 3.1.5.3 Estudios sobre fertilización:

Teuscher, P.; Adler, A. (19), describen una de las más conocidas conclusiones de Liebig (1803-1873), que es la ley del mínimo, según la cuál, el rendimiento de un cultivo está limitado por la cantidad del elemento nutritivo presente en menor cantidad.

Esto implica, por ejemplo, que cuando el fósforo y el potasio se encuentran en mayor proporción que el nitrógeno, el rendimiento dependerá solamente del nitrógeno aprovechable; la adición de más fósforo y/o potasio no hará aumentar el rendimiento. Esta conclusión fué aceptada durante mucho tiempo, pero en la actualidad es correcta sólo en parte.

Liebig creía que la adición de elementos nutritivos al suelo podría producir un aumento proporcional en el rendimiento.

Mitscherlich y Willcox, demostraron que cuando se añaden nutrimentos al suelo, de modo que las cantidades existentes se dupliquen, tripliquen o cuadruplicen, el rendimiento no aumenta en la misma proporción, por el contrario, el incremento (incremento en rendimiento), se va haciendo gradualmente más pequeño. La ley natural que rige este fenómeno y que fué deducida de los hallazgos de Mitscherlich se ha llada "Ley de Rendimientos Decrecientes".

Esta ley permite determinar hasta dosnde es factible aumentar, económicamente, los rendimientos, para que lleguen lo más cerca posible del rendimiento máximo deseado mediante aplicaciones adicionales de fertilizantes. (6)



## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA PAPA:

La papa representa un recurso alimentario de relevante importancia, tanto actual como potencial, para Guatemala, así como para el área de Centro América, en general. El tubérculo es ampliamente aceptado y consumido por la población. Las formas de consumo varían considerablemente, siendo apetecida como alimento combinado o independiente. En general, la papa representa, primordialmente, una fuente calórica en la dieta, dado su alto contenido de almidón (de 65-75% en base seca equivalente a 13-15% en base fresca) y en un menor grado una fuente proteica (de 8-10% en base seca equivalente a 1.6-2.0 en base fresca) es considerada también como una fuente de ácido ascórbico o vitamina C, (70 mg/100 gr de materia seca).

También es importante para su uso industrial, utilizándose la fécula en la industria textil. (15)

Actualmente, en Guatemala se siembra alrededor de 10000 hectáreas con una producción aproximada de 70000 TM, de los cuales el 40% se destina a la exportación, el 40% para consumo nacional, 9% para la industria y el resto se utiliza como semilla. (20)

### 3.2.2 ANTECEDENTES DE INVESTIGACION:

En el municipio de Palencia, hasta la fecha, no se había realizado ningún trabajo sobre evaluación de niveles de nutrientes; sin embargo, si se han realizado en otras localidades del altiplano guatemalteco y sur-occidental del país. Algunos trabajos se describen a continuación:

De acuerdo con investigaciones que el ICTA (7), ha realizado en el suroriente del país, se recomienda utilizar 176 y 193 Kg/ha de nitrógeno

y fósforo respectivamente.

El ICTA (3) por medio del equipo de prueba de tecnología, en Sololá obtuvo una dosis de capital limitado y una dosis de capital ilimitado de 63-63-0 y 106-106-0 Kg/ha de NPK respectivamente con la fórmula comercial 20-20-0, estos resultados se evaluaron en 1987.

LA DISCIPLINA DE MANEJO DEL SUELO DEL ICTA (7), realizó en 1987 una evaluación de la mezcla física de fertilizante fórmula 15-15-15, en comparación con la fórmula química 15-15-15. De acuerdo con los resultados se concluyó que: Para las condiciones del estudio realizadas en San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, es igual a la eficiencia de la mezcla física a la química en la producción de papa, los tratamientos que produjeron la más alta Tasa Marginal de Retorno fueron de: 31.53 y 30.71 con la mezcla física y química respectivamente, con costos variables de Q 128.58 y Q 135.90/ha los rendimientos fueron de 19 y 19.59 TM/ha.

En el mismo año, ICTA (7), efectuó una evaluación de 4 niveles de fertilización, a partir de la recomendación de laboratorio de suelos, con 3 fuentes de materia orgánica (Biofert, Fertipest y Gallinaza), sobre el rendimiento de papa variedad ICTA Chiquirichapa. De acuerdo a los resultados se concluyó que no existe diferencia significativa entre los factores evaluados.

#### 4. OBJETIVOS

##### 5.1 GENERAL:

Determinar el tratamiento de nitrógeno y fósforo (NP) y la densidad de siembra que proporcione la mayor producción de papa de primera calidad, con el mayor beneficio económico.

##### 5.2 ESPECIFICOS

- 1.- Determinar la dosis de nitrógeno y fósforo (NP) para el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.)
- 2.- Determinar la densidad de siembra que proporcione la mayor cantidad de papa de primera calidad.
- 3.- Evaluar la respuesta del cultivo de la papa a niveles crecientes de nitrógeno y fósforo con 3 densidades de siembra.

## 5. HIPOTESIS

Las dos densidades de siembra menores a las utilizadas por el agricultor del municipio de Palencia, combinadas con las dosis de fertilizante recomendadas por el ICTA, darán mayores beneficios económicos.

## 6. METODOLOGIA

### .1 CARACTERISTICAS DEL AREA EXPERIMENTAL;

#### a) Descripción general del municipio:

Palencia es un municipio del departamento de Guatemala, cuya cabecera está situada en la región norte, a 31 Km de distancia de la ciudad capital, con  $14^{\circ}40'00''$  de latitud norte y  $90^{\circ}21'30''$  de longitud oeste. Sus condiciones geográficas presentan la existencia de un relieve y topografía accidentada que corresponde a cordones montañosos del sistema de la Sierra Madre.

Casi toda el área está completamente seccionada y caracterizada por pendientes y barrancos profundos sobre materiales volcánicos con, pendientes demasiado escarpadas y pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados con erosión en varios lugares. (Figuras 1 y 2)

#### b) Clima:

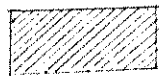
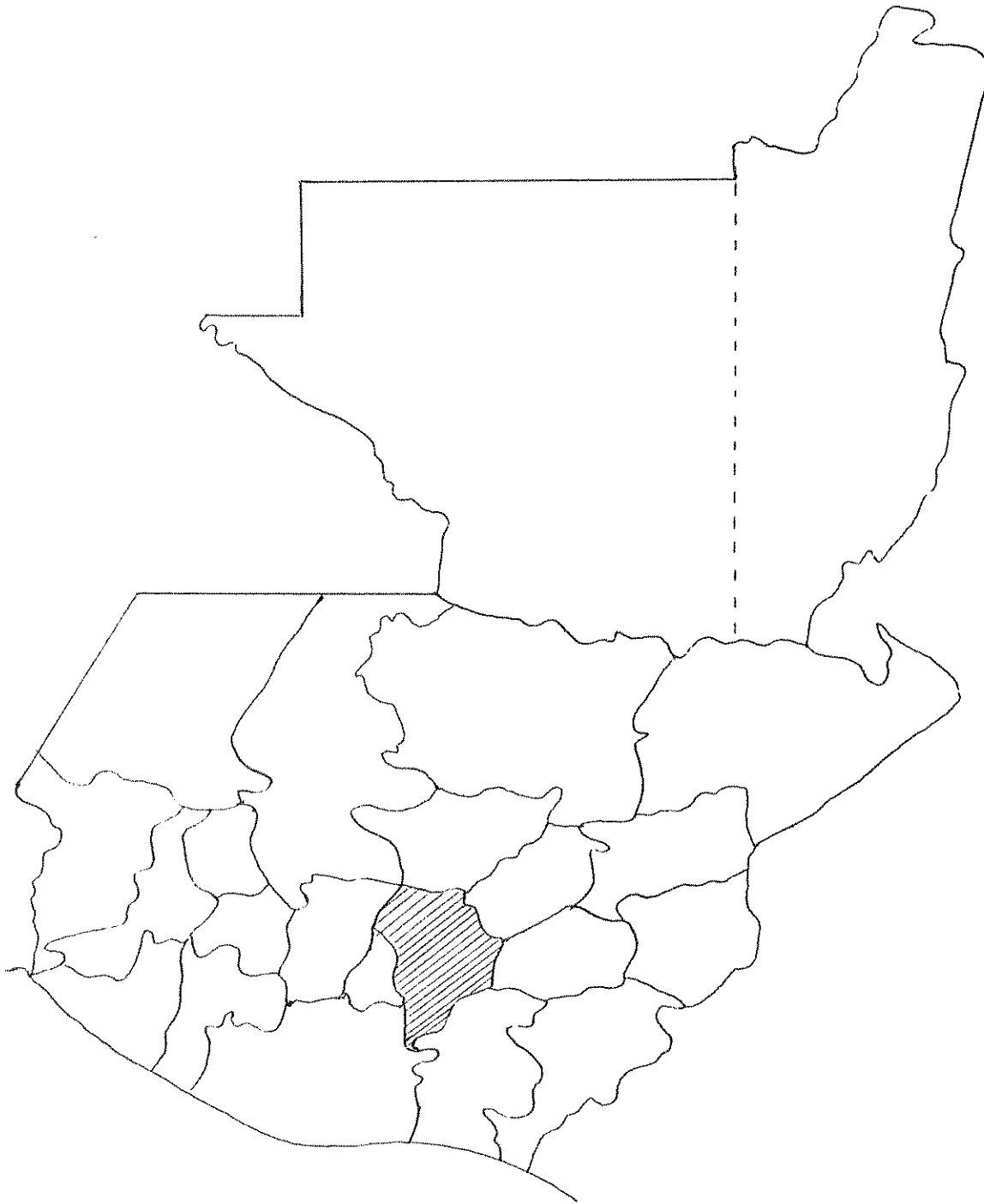
Según Thorthwaite (9), el clima de Palencia, está calificado como: (B'b'Bi), semicálido, con invierno benigno, húmedo con invierno seco.

#### c) Zona de vida:

Según De la Cruz, J.R. (10), el área de estudio se encuentra dentro de la zona de vida: bh-S (t), bosque húmedo subtropical(templado).

#### d) Suelos:

Según Simmons, Et. al. (17), son suelos poco profundos sobre materiales volcánicos débilmente cementados comprendidos dentro de la serie Pinula, con pendiente de 12% y una altura de 2100 msnm. (véase apéndice 2)



Departamento de Guatemala  
Sin Escala.

Figura 1: Ubicación del departamento de Guatemala.

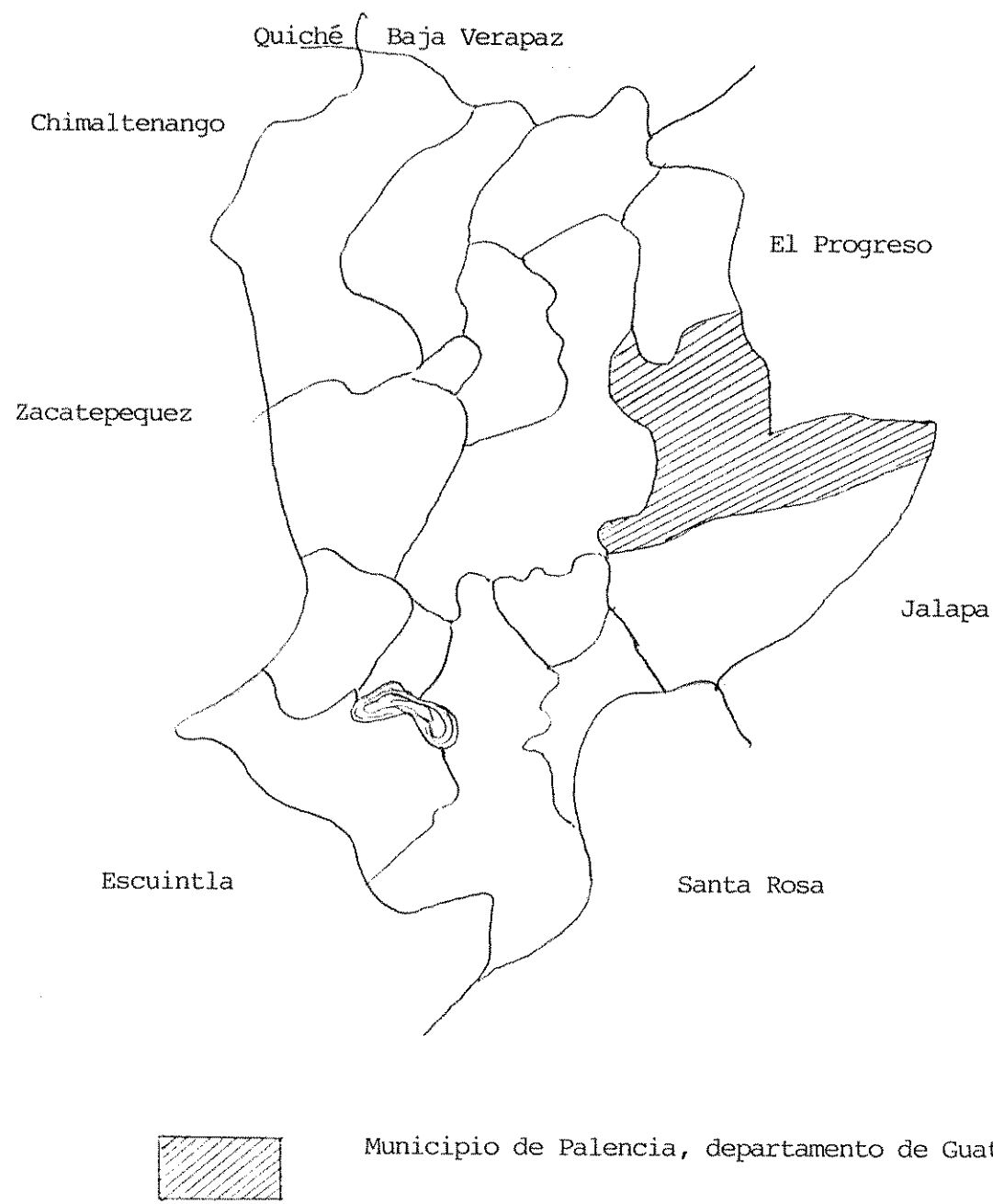


Figura 2: Ubicación del municipio de Palencia.

## 6.2 CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

a) Características agronómicas de la variedad de papa en estudio (20):

Variedad Tollocan

- Altura de la planta entre 0.75 y 1.00 m
- Resistente al tizón tardío (P. infestans.)
- Flores blancas
- Tubérculos redondos y ligeramente aplanados
- Ojos superficiales
- Color interno del tubérculo: Amarillo-crema
- Ciclo del cultivo de 100 a 110 días
- Número de tallos puede variar de 3 a 7, según el manejo de la semilla
- Rendimiento promedio experimental 29 TM/ha.

## 6.3 SELECCION DE TRATAMIENTOS:

Para decidir y luego definir los niveles de nitrógeno y fósforo a evaluar, se tomó en cuenta los resultados del análisis realizado por el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (ver cuadro 8) y las necesidades nutricionales del cultivo de la papa, según ICTA, también se tomó en cuenta la dosis que actualmente aplican los agricultores de la región. Para las densidades de siembra, se tomó la recomendación del ICTA (36400 plantas/ha), (ver cuadro 7).

Cuadro 4: Factores y sus modalidades sometidos a evaluación, Palencia, 1994.

| Tratamientos        | 1                               | 2                               | 3                               | 4                               |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Niveles             | N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| Fertilizante        | 80 - 90                         | 180 - 160                       | 240 - 270                       | 354 - 354                       |
| Densidad Plantas/ha | 36400                           | 71500                           | 125000                          |                                 |



Cuadro 5: Tratamientos evaluados en el cultivo de la papa, Palencia 1994.

| Tratamiento | N en Kg/ha | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kg/ha | Densidad Plantas/ha | Equivalent Kg/ha UREA 46% de N | Equivalente Kg/ha Triple Superfosfato 45% de Fósf. |
|-------------|------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------------|--|
| 1           | 80         | 90                                  | 36400               | 174                            | 200  |
| 2           | 80         | 90                                  | 71500               | 174                            | 200  |
| 3           | 80         | 90                                  | 125000              | 174                            | 200  |
| 4           | 180        | 160                                 | 36400               | 391                            | 356  |
| 5           | 180        | 160                                 | 71500               | 391                            | 356  |
| 6           | 180        | 160                                 | 125000              | 391                            | 356  |
| 7           | 240        | 270                                 | 36400               | 521                            | 600  |
| 8           | 240        | 270                                 | 71500               | 521                            | 600  |
| 9           | 240        | 270                                 | 125000              | 521                            | 600  |
| 10          | 354        | 354                                 | 36400               | 770                            | 786  |
| 11          | 354        | 354                                 | 71500               | 770                            | 786  |
| 12          | 354        | 354                                 | 125000              | 770                            | 786  |

#### 6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL:

En el presente trabajo se utilizó el diseño Bloques al Azar, debido a que se determinó que hay una pendiente de 80 por ciento, en el sitio que se realizó el experimento, con un total de 12 tratamientos y tres repeticiones.

Las dimensiones del área experimental son las siguientes:

Bloque: 36.00 m x 5.00 m = 180.00 m<sup>2</sup>

Parcela bruta: 3.00 m x 5.00 m = 15.00 m<sup>2</sup>

Parcela neta: 1.80 m x 3.80 m = 6.84 m<sup>2</sup>

Area total del experimento: 17.00 m x 36.0 m = 612.00 m<sup>2</sup>

No. total de unidades experimentales: 36 (Véase anexo I).

#### 6.5 MODELO ESTADISTICO:

El modelo estadístico que se utiliza en bloques al azar es:

$Y_{ijk} = M + A_i + T_{ij} + B_k + E_{ijk}$       DONDE:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta (Rendimiento de la  $ijk$ -ésima unidad experimental)

$M$  = Media general del rendimiento.

$A_i$  = efecto del  $i$ -ésimo fertilizante

$T_j$  = efecto de la  $j$ -ésima densidad

$B_k$  = efecto del  $k$ -ésimo bloque

$E_{ijk}$  = efecto del error experimental asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental. (13)

#### 6.6 VARIABLES EVALUADAS

- Rendimiento total del cultivo de papa en TM/ha
- Rendimiento de papa de primera calidad en TM/ha.

#### CARACTERISTICAS DE LA PAPA DE PRIMERA Y SEGUNDA CALIDAD

Papa de primera calidad

- diámetro mayor de 15 cm
- longitud mayor de 8 cm
- peso mayor de 85 grs

Papa de segunda calidad

- diámetro menor de 14 cm
- longitud menor de 7 cm
- peso menor de 80 grs

#### 6.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO:

##### a) Labores del cultivo:

Para la preparación del terreno se procedió a picar el terreno hasta dejarlo bien mullido.

b) Se procedió al trazo de las parcelas del experimento.

c) Se procedió a aplicar urea (46 % de nitrógeno) y el Triple Superfosfato (45% de fósforo).

El fósforo se aplicó el 100% al momento de la siembra en bandas, a 0.10 m de distancia del surco y 0.05 cm de profundidad.

La urea se aplicó el 50% en el momento de la siembra y el restante 50% a los 65 días después de la siembra.

Cuadro 6: Distribución de tratamientos de urea (46% de N) y Triple superfosfato (45% de fósforo), Palencia, 1994.

| Tratamientos | UREA<br>Kg /parcela | TRIPLE-SUPERFOSFATO<br>Kg/parcela |
|--------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1,2,3        | 0.26                | 0.30                              |
| 4,5,6        | 0.60                | 0.52                              |
| 7,8,9        | 0.78                | 0.90                              |
| 10,11,12     | 1.16                | 1.18                              |

d) Aplicación de densidades de siembra:

Se explica en el cuadro siguiente

Cuadro 7: Distribución de las densidades de siembra por tratamiento, Palencia, 1994.

| Tratamientos | Plantas/parcela | Distancias<br>mt. | Recomendación |
|--------------|-----------------|-------------------|---------------|
| 1,4,7,10     | 54              | 0.52x0.52         | ICTA          |
| 2,5,6,11     | 107             | 0.40x0.35         | Experimental  |
| 3,6,9,12     | 187             | 0.20x0.40         | Agricultor    |

e) Siembra:

La siembra se efectuó con azadón, colocando los tubérculos (semilla), manualmente a una profundidad de 0.10 m utilizando los distanciamientos correspondientes, según cada tratamiento.

f) Control de enfermedades:

- A los 15 días después de la siembra se aplicó FOLIDOL M 480 EC a razón de 0.5 lt/ha, más MANZATE 200 DF 0.5 Kg/200 lt de agua/ha.
- Se realizaron 5 aplicaciones más de FOLIDOL M 480 EC 1 Lt/ha más MANZATE 200 DF 1.0 kg/200 Lt de agua/ha con intervalos de 15 días.

g) Calza o aporque: Se calzó a los 60 días después de la siembra.

h) Control de malezas: Se realizó manualmente con la ayuda de azadón a los 90 días después de la siembra.

i) Defoliación:

Cuando el follaje principió a amarillarse, se esperó hasta qu estuviera completamente amarillo, que fué, a los 95 días después de la siembra, para poder realizar la poda para que el tubérculo madurara uniformemente.

j) Cosecha:

A los 10 días después de la poda, se procedió a la cosecha con la ayuda de un azadón.

#### 6.8 TOMA DE DATOS

Se tomaron los datos de peso en kilogramos de la producción total de la parcela neta y también los datos de papa de primera calidad, por regla de tres se transformó a Kg/ha y luego a TM/ha para analizarlos estadísticamente.

#### 6.9 ANALISIS DE DATOS:

a) Análisis estadístico: Se tomaron los datos de producción total y de papa de primera en TM/ha y se ordenaron para someterlos a un Análisis de Varianza.

b) Análisis económico: Se tomaron los datos en un cuadro de registro que contenía los siguientes datos:

- Rendimiento por cada tratamiento
- Precio de una Tonelada Métrica de papa
- Costo de aplicación de urea
- Costo de aplicación de Triple superfosfato
- Costo de siembra
- Costo de una Tonelada Métrica de semilla de papa
- Costos fijos

Para así poder calcular el ingreso bruto, ingreso neto y costo variable para cada tratamiento, estos datos sirvieron para calcular la Rentabilidad

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 ANALISIS DE RESULTADOS:

Los resultados del análisis de suelos que se resumen en el cuadro 8, muestran que el pH es ligeramente ácido (pH 6.0), sin embargo está dentro del rango adecuado para el cultivo de la papa que es de 6.0 - 7.0.

La disponibilidad de nutrientes de este suelo es la siguiente: El fósforo con 0.1 ppm es deficiente (el nivel crítico, según ICTA, es de 7 ppm).

La relación Ca:Mg se encuentra por debajo del nivel crítico pues tiene una proporción 4.5:1 y para Guatemala se considera aceptable la proporción 6.75:1.

En general se puede decir que: Estos suelos son adecuado para el cultivo de la papa, pero habrá que corregir las deficiencias de nutrientes de acuerdo a las necesidades del cultivo; principalmente, poner atención al balance de nutrientes como lo indican las relaciones respectivas.

Cuadro 8: Datos del análisis químico del suelo en que realizó el experimento, Palencia, 1994.

| Horizonte | Profundidad<br>cms | pH  | P   | K   | Ca   | Mg  | Ca/Mg | Mg/k   | Ca+Mg/K |
|-----------|--------------------|-----|-----|-----|------|-----|-------|--------|---------|
| AP        | 0-25               | 6.0 | 0.1 | 600 | 9.04 | 2.0 | 4.5:1 | 1.31:1 | 7.2:1   |

Fuente: Laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 7.2 DATOS DE RENDIMIENTO EN PAPA

En el cuadro 9 se presentan los resultados obtenidos de papa en peso total en los tres bloques establecidos en el experimento en los 12 tratamientos; vemos que el rendimiento promedio de los 12 tratamientos evaluados, varía de 10.666 hasta 14.888 TM/ha, estos rendimientos son bajos, comparados con el rendimiento esperado según ICTA, que es de 22 TM/ha, pero, un factor muy importante de señalar, es el déficit de agua que tuvo el experimento y no pudo expresar plenamente su respuesta a las diferentes dosis de nutrientes, por lo tanto, vemos que el déficit de agua fue un factor condicionante para obtener los resultados esperados.

Cuadro 9: Rendimientos obtenidos de papa en peso total, palencia, 1994.

| Tratamiento | Bloques (rendimiento TM/ha) |         |         |         |           |
|-------------|-----------------------------|---------|---------|---------|-----------|
|             | I                           | II      | III     | TOTAL   | $\bar{X}$ |
| 1           | 8.666                       | 13.000  | 10.666  | 32.332  | 10.777    |
| 2           | 10.000                      | 10.666  | 11.333  | 31.999  | 10.666    |
| 3           | 10.00                       | 17.000  | 13.666  | 40.666  | 13.555    |
| 4           | 12.333                      | 10.000  | 13.333  | 35.666  | 11.888    |
| 5           | 17.000                      | 9.333   | 14.666  | 40.999  | 13.666    |
| 6           | 10.000                      | 14.666  | 12.666  | 37.332  | 12.444    |
| 7           | 9.333                       | 10.666  | 18.000  | 37.999  | 12.666    |
| 8           | 13.666                      | 9.666   | 17.333  | 40.665  | 13.555    |
| 9           | 8.333                       | 10.666  | 16.000  | 34.999  | 11.666    |
| 10          | 14.000                      | 15.666  | 15.000  | 46.666  | 14.888    |
| 11          | 10.666                      | 9.666   | 14.000  | 34.332  | 11.444    |
| 12          | 6.333                       | 15.666  | 11.333  | 33.332  | 11.110    |
| TOTALES     | 130.330                     | 146.661 | 167.996 | 444.987 |           |
| $\bar{X}$   | 10.86                       | 12.22   | 14.00   | 12.36   |           |

En el cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos de papa de primera calidad en los tres bloques y 12 tratamientos establecidos en el experimento; vemos que el rendimiento promedio de los 12 tratamientos evaluados varía de 7.666 hasta 11.666 TM/ha, los rendimientos son bajos, pero vemos que fueron afectados negativamente por el déficit de agua, el cuál se presenta en todas las siembras que se realizan tardíamente (noviembre), esto es contrarrestado con riego por gravedad, pero al haber extensiones de cultivo de papa demasiado grandes (mayores de 1 ha), las fuentes de agua no se dan abasto.

Cuadro 10: Rendimientos obtenidos de papa de primera calidad, Palencia, 1994.

| Tratamiento | Bloques (rendimiento TM/ha) |        |        |         |           |
|-------------|-----------------------------|--------|--------|---------|-----------|
|             | I                           | II     | III    | TOTAL   | $\bar{X}$ |
| 1           | 6.660                       | 8.660  | 8.000  | 23.332  | 7.777     |
| 2           | 7.333                       | 7.000  | 8.666  | 22.999  | 7.666     |
| 3           | 8.000                       | 11.333 | 11.666 | 30.999  | 10.333    |
| 4           | 10.000                      | 6.666  | 10.666 | 27.332  | 9.11      |
| 5           | 13.333                      | 6.666  | 11.333 | 31.332  | 10.444    |
| 6           | 7.333                       | 11.333 | 9.333  | 27.999  | 9.333     |
| 7           | 7.333                       | 15.333 | 7.333  | 29.666  | 9.888     |
| 8           | 10.666                      | 6.333  | 12.000 | 28.999  | 9.666     |
| 9           | 4.666                       | 10.000 | 9.333  | 23.999  | 7.999     |
| 10          | 12.000                      | 10.666 | 12.333 | 34.994  | 11.666    |
| 11          | 8.333                       | 6.666  | 10.000 | 24.999  | 8.333     |
| 12          | 6.666                       | 7.000  | 9.333  | 22.999  | 7.666     |
| TOTALES     | 102,32                      | 99.323 | 127996 | 329.654 |           |
| $\bar{X}$   | 8.53                        | 8.27   | 10.67  | 9.15    |           |

Se puede observar en el cuadro 11, que la variación en el porcentaje de papa de primera calidad, es baja, variando de 68.56% a 78.35%, siendo el tratamiento 9 (240 Kg/ha de nitrógeno más 270 Kg/ha de fósforo con una densidad de 125000 plantas/ha), el que produce el menor porcentaje de papa de primera calidad.

La producción de papa de segunda calidad varía de 21.64% a 31.43% y por consiguiente, es el tratamiento 9 el que produce la mayor cantidad de papa de segunda calidad.

En general el porcentaje de papa de primera calidad es de 73.86% y el de papa de segunda calidad es de 26.14%; al compararse estos porcentajes con los obtenidos con el productor (vease cuadro 1), vemos que son muy similares siendo estos: Papa de primera calidad 76.79% y papa de segunda calidad 23,21%.

Cuadro 11: Producción de papa de primera calidad y segunda calidad expresada en valor absoluto y porcentual, Palencia, 1994.

| TRATAMIENTO | $\bar{X}$ de peso total | Papa de primera |       | Papa de segunda |       |
|-------------|-------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|             |                         | Tm/ha           | %     | Tm/ha           | %     |
| 1           | 10.777                  | 7.777           | 72.16 | 3.000           | 27.84 |
| 2           | 10.666                  | 7.666           | 71.87 | 3.000           | 28.13 |
| 3           | 13.555                  | 10.333          | 76.23 | 3.222           | 23.77 |
| 4           | 11.888                  | 9.110           | 76.63 | 2.778           | 23.37 |
| 5           | 13.666                  | 10.444          | 76.42 | 3.222           | 23.57 |
| 6           | 12.444                  | 9.333           | 75.00 | 3.111           | 25.00 |
| 7           | 12.666                  | 9.888           | 78.06 | 2.778           | 21.94 |
| 8           | 13.555                  | 9.666           | 71.31 | 3.889           | 28.69 |
| 9           | 11.666                  | 7.999           | 68.56 | 3.667           | 31.43 |
| 10          | 14.888                  | 11.666          | 78.35 | 3.222           | 21.64 |
| 11          | 11.444                  | 8.333           | 72.81 | 3.111           | 27.19 |
| 12          | 11.110                  | 7.666           | 69.00 | 3.444           | 31.00 |
| $\bar{X}$   |                         |                 | 73.86 |                 | 26.14 |



### 7.3 ANALISIS DE VARIANZA

En el cuadro 12 se analizó el peso total de papa, el Análisis de Varianza muestra que no hay diferencia significativa al 5% entre tratamientos; lo cuál podría deberse a la forma de aplicación del fertilizante (en bandas), y que para los distanciamientos de siembra evaluados, es recomendable aplicar el fertilizante en posturas, ya que, al aplicar en bandas, en las parcelas en que evaluó menores densidades, el fertilizante quedó más distante de la zona radicular del cultivo.

En el cuadro 13 se analizó el peso de papa de primera calidad y muestra que no hay diferencia significativa al 5%; lo cuál podría deberse también a la forma de aplicación del fertilizante.

El coeficiente de variación en los dos Análisis de Varianza efectuados son: 23,28% y 23.44% para el peso total de papa y papa de primera calidad, respectivamente, lo que nos indica que el experimento se manejó de forma aceptable.

Basado en lo descrito por Arze Borda, J (1979), en que la humedad es un factor indispensable en la producción, en cantidades limitantes de agua, se ve afectado el rendimiento y la calidad de la cosecha. La falta de humedad trae como consecuencia bajos rendimientos y bajas en la producción total de materia seca. (1); Podemos mencionar que el factor limitante en nuestro experimento fué el déficit de agua. El cultivo de la papa necesita para su óptimo desarrollo en los meses de noviembre a febrero, de 300 a 400 mm (4).

Cuadro 12: Análisis de Varianza para papa peso total, Palencia, 1994.

| F.V.         | G.L. | S.C.   | C.M.  | F.C. | F.T. |      |
|--------------|------|--------|-------|------|------|------|
|              |      |        |       |      | 0.01 | 0.05 |
| Bloques      | 2    | 59.46  | 29.73 | 3.59 | N.S. | 3.33 |
| Tratamientos | 11   | 58.61  | 5.33  | 0.64 |      |      |
| Error        | 22   | 182.25 | 8.28  |      |      |      |
| Total        | 35   | 300.00 |       |      |      |      |

C.V. 23.28%

Estadísticamente y con un nivel de significancia del 5%, no existe diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 13: Análisis de Varianza de papa de primera calidad, Palencia, 1994.

| F.V          | G.L. | S.C.   | C.M.  | F.C. | F.T. |      |
|--------------|------|--------|-------|------|------|------|
|              |      |        |       |      | 0.01 | 0.05 |
| Bloques      | 2    | 41.337 | 20.67 | 4.49 | N.S. | 3.33 |
| Tratamientos | 11   | 55.590 | 5.05  | 1.10 |      |      |
| Error        | 22   | 101.41 | 4.61  |      |      |      |
| Total        | 35   | 198.34 | 5.67  |      |      |      |

C.V. 23.44%

Estadísticamente y con un nivel de significancia del 5%, no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

En la figura 1 se analiza de manera global, el comportamiento de la producción de papa, cuando es influenciada por 3 densidades de siembra y 4 dosis de nitrógeno y fósforo. En el primer grupo de barras de la figura 1, se muestra como el rendimiento aumenta a partir de la primera dosis, pero esto se debe en parte a que con una densidad de población adecuada, (36400 plantas/ha), hay menor competencia entre plantas por espacio, agua y nutrientes y, con sólo variar la cantidad de nutrientes, la producción responde directamente a las dosis ascendentes de fertilizante. Este comportamiento se muestra claramente en la figura 2.

En el segundo grupo de barras de la figura 1, se muestra como el rendimiento crece de 10.666 a 13.666 TM/ha y luego baja hasta 11.444 TM/ha. En la figura 2 se presenta de forma lineal, el comportamiento de la producción utilizando 71500 plantas/ha, y se cumple lo descrito por Mitscherlich y Willcox (6), quienes demostraron que cuando se añaden nutrimentos al suelo, de modo que las cantidades se dupliquen, tripliquen o cuadrupliquen, el rendimiento no aumenta en la misma proporción, por el contrario, el incremento (incremento en rendimiento), se va haciendo gradualmente más pequeño. La ley natural que rige este fenómeno y que fué deducida de los hallazgos de Mitscherlich se ha llamado "Ley de Rendimientos Decrecientes".

Por otro lado en la figura 1 se puede ver que los rendimientos son decrecientes a medida que aumentan la dosis de nutrientes, lo cuál se debe, entre otros aspectos, a la elevada densidad de plantas utilizada, combinada con dosis altas de nutrientes, en donde el fertilizante ya no es un factor determinante del rendimiento, sino empiezan a serlo: La luz, el espacio, la humedad.

En la figura 2 se puede apreciar el comportamiento de la producción cuando aumentamos la dosis de fertilizante y variamos la densidad de siembra.

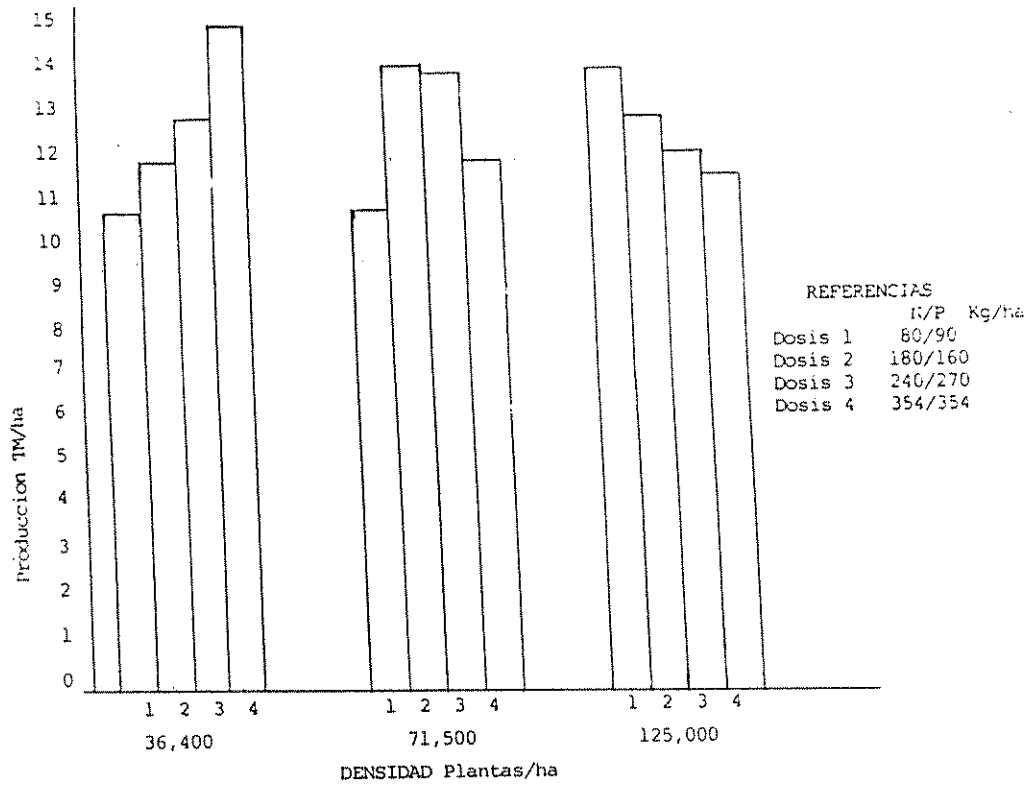


Figura No 1: Niveles de producción de papa, peso total, con cuatro dosis de Nitrógeno y fósforo y 3 densidades de siembra.

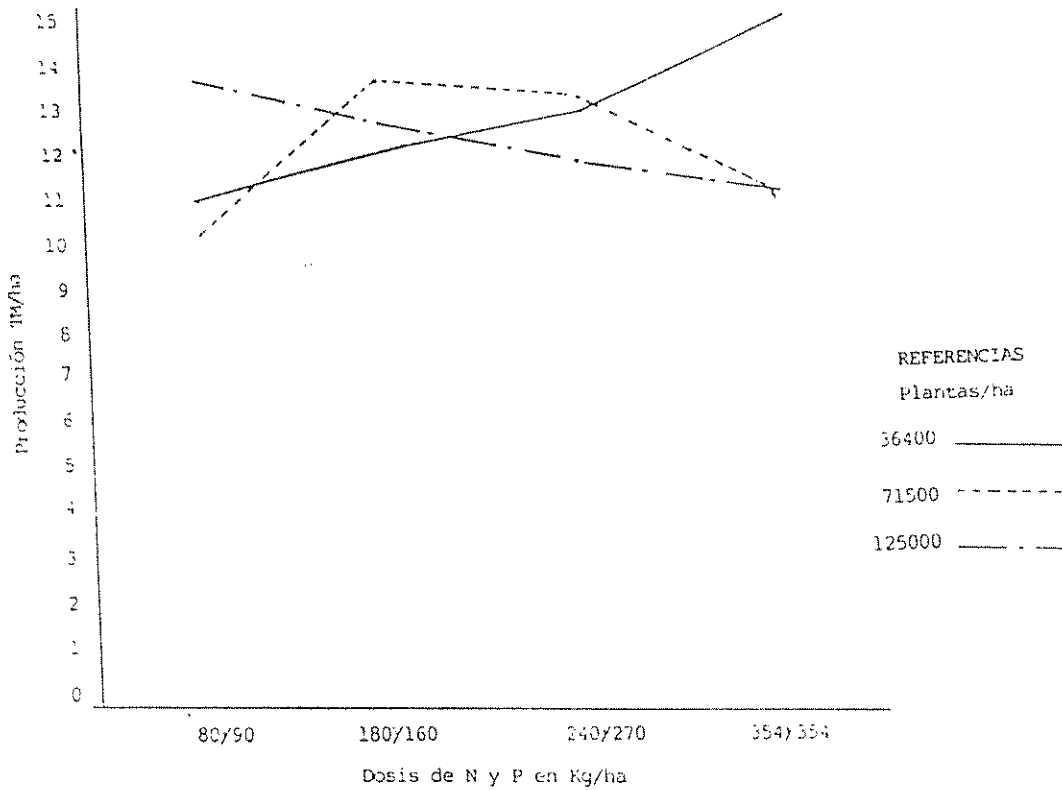


Figura No 2: Comportamiento de la producción de papa de peso total con 3 densidades de siembra.

En la figura 3, se analiza de manera global, el comportamiento de la producción de papa de primera calidad, cuando es influenciada por 3 densidades de siembra y 4 dosis de nitrógeno y fósforo; cada grupo de barras está representado en la gráfica lineal 2 que tiene en conjunto el comportamiento de la producción.

En la figura 4 se muestra como el rendimiento aumenta a partir de la dosis de 80 y 90 Kg/ha de nitrógeno y fósforo hasta llegar a la dosis máxima de 354 y 354 Kg/ha de N y P. Lo cual se debe a que con una población adecuada (36400 plantas/ha, hay menor competencia entre plantas por espacio, agua y nutrientes y que al variar la cantidad de nutrientes disponibles, la producción responde directamente a las dosis crecientes de nutrientes.

En esta misma figura también se muestran los niveles de producción utilizando la densidad de 71500 plantas/ha y crece de 7.66 a 10.444 TM/ha y luego decrece hasta llegar a 8.333 TM/ha; en esta gráfica se cumple nuevamente lo descrito por Mtscherlich y Willcox (6)

También se ve que los rendimientos decrecen a medida que aumenta la dosis de nutrientes cuando utilizamos una densidad de 125000 plantas/ha; en donde se demuestra de nuevo, que los nutrientes dejan de ser un factor determinante de la producción y empiezan a serlo: El espacio, la luz y la humedad.

En la figura 4 se muestra el comportamiento de la producción de papa de primera calidad con las 3 densidades de siembra de manera conjunta, para tener una apreciación global.

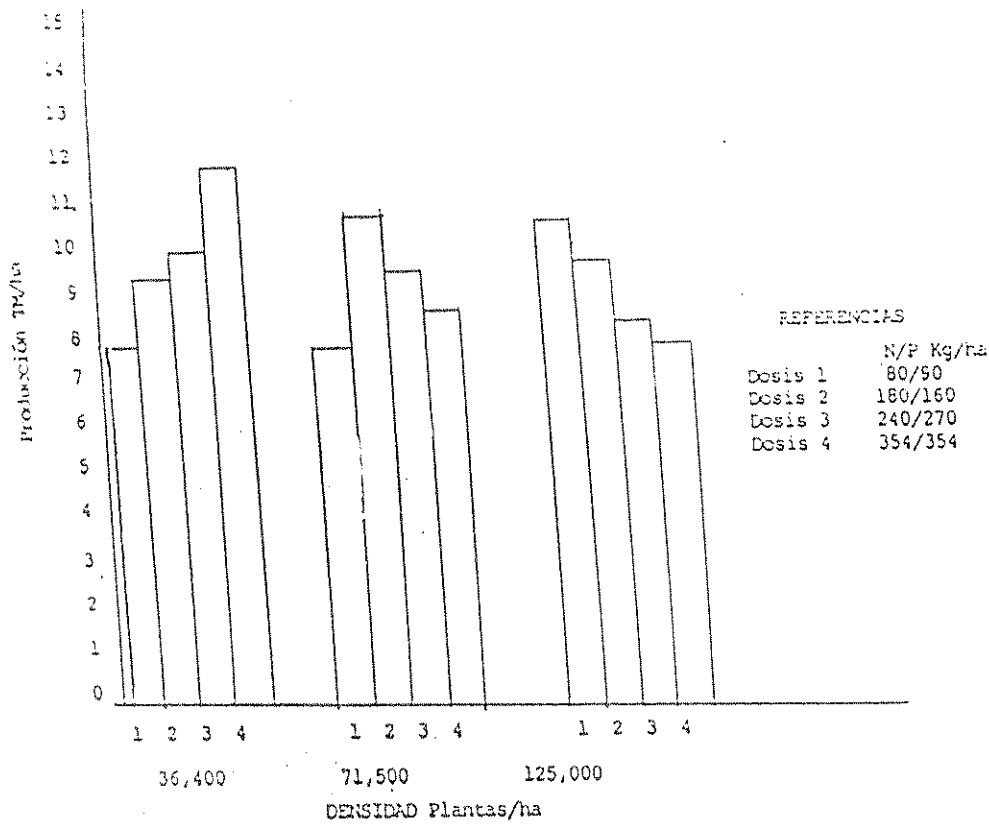


Figura No 3: Diferentes niveles de producción de papa de primera calidad con 4 dosis de fertilizante y 3 densidades de siembra.

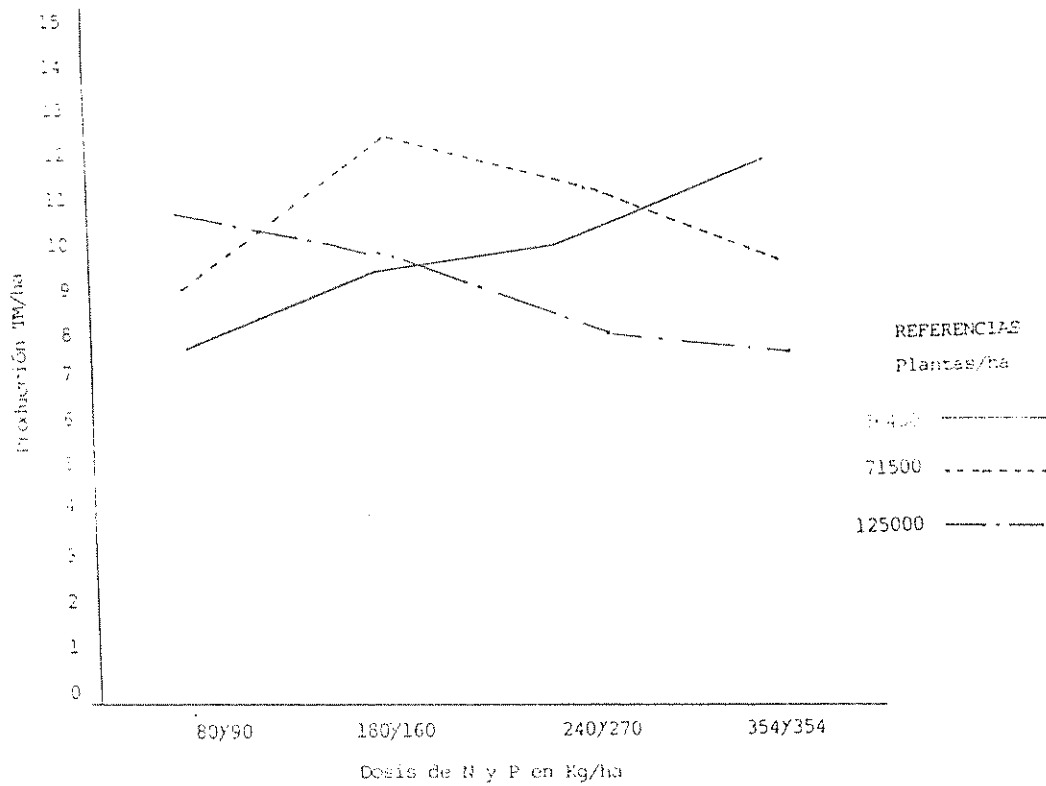


Figura No 4: Comportamiento de la producción de papa de primera calidad con 3 densidades de siembra.

En la figura 5 se puede observar el comportamiento de la producción, cuando teóricamente se promedia la densidad evaluada, y vemos que las dosis de nutrientes cuando se duplican, triplican, o cuadruplican, influyen directamente en la baja del rendimiento.

Cuando se analiza la producción de papa de primera calidad, esta sube desde la primera dosis 80 y 90 Kg/ha de N y P, hasta la dosis de 240 y 270 Kg/ha de N y P.

Cuando se analiza la producción de papa en peso total vemos que tiene casi el mismo comportamiento con la única variante que esta empieza a disminuir a partir de la dosis de 180 y 160 Kg/ha de N y P.

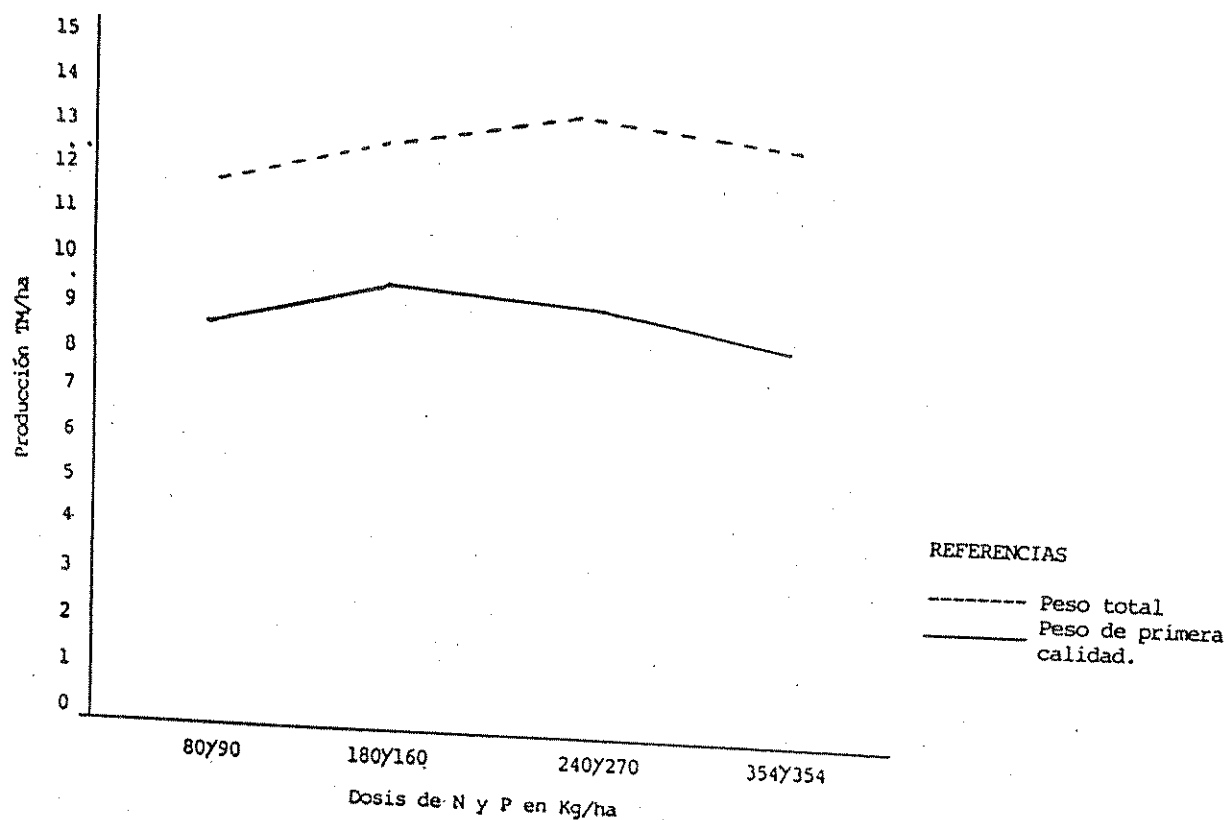


Figura No 5: Comportamiento de la producción de papa, de primera calidad y en peso total, con 4 dosis de nitrógeno y fósforo y una densidad promedio.

En la figura 6 se puede apreciar que en la medida que el costo por aplicación de fertilizante aumenta, disminuye la producción, esto se debe interpretar de la siguiente manera: Que cuando se adiciona más fertilizante, aumenta el costo y los rendimientos siguen disminuyendo.

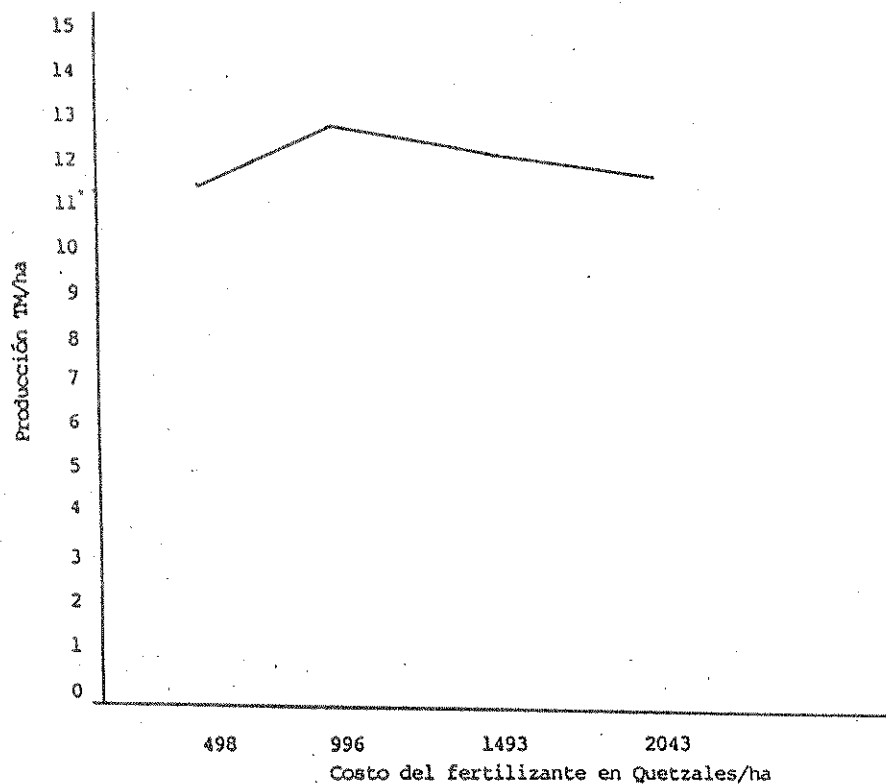


Figura No 6: Comportamiento de la producción ante el costo de fertilizante.

En la figura 7 se puede apreciar que mientras el costo de la semilla y la siembra aumentan, disminuye la producción, pero más lentamente que cuando se elevan los costos en fertilizantes, esto quiere decir, que para aumentar las dosis de fertilizante, es necesario, saber si los rendimientos aumentarían de forma tal que los costos sean recuperados y los rendimientos proporcionen mayor rentabilidad.



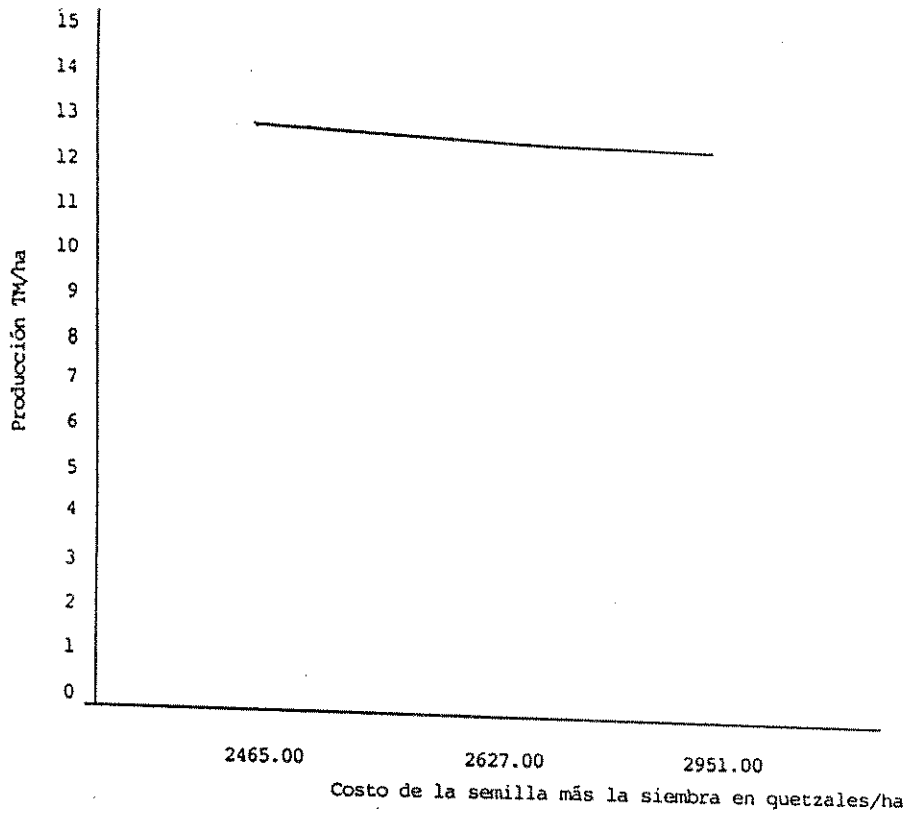


Figura No 7: Comportamiento de la producción ante el costo de la semilla más la siembra.

## 7.4 ANALISIS ECONOMICO

En el análisis de Rentabilidad, vemos que los tratamientos con las dosis altas de fertilizante, tienen menores rentabilidades y los tratamientos con las dosis bajas tienen las rentabilidades altas. También se puede ver claramente que los tratamientos con las densidades inferiores a las del agricultor son los que ocupan los primeros 5 lugares al ordenarlos de mayor a menor en base a la Rentabilidad en el cuadro 14, lo que significa, que tanto las dosis altas de fertilizante, como las densidades de población altas, producen rentabilidades menores a las que se pueden alcanzar con las dosis y densidad que recomienda el ICTA que consiste en aplicar 180 y 160 Kg/ha de nitrógeno y fósforo respectivamente con 36400 plantas/ha.

Cuadro 14: Ordenamiento de los resultados del análisis de Rentabilidad de los tratamientos aplicados al cultivo de la papa, Palencia, 1994.

| Tratamiento | Kg/ha |                               | Densidad<br>plant/ha | Quetzales/ha |                   | %<br>Rentabilidad |
|-------------|-------|-------------------------------|----------------------|--------------|-------------------|-------------------|
|             | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |                      | Costo total  | Ingreso<br>bBruto |                   |
| 2           | 80    | 90                            | 71500                | 4325         | 10936             | 319               |
| 5           | 180   | 160                           | 71500                | 4626         | 13929             | 301               |
| 7           | 240   | 270                           | 36400                | 5149         | 15172             | 294               |
| 4           | 180   | 160                           | 36400                | 4464         | 13050             | 292               |
| 1           | 80    | 90                            | 36400                | 3839         | 11049             | 287               |
| 3           | 80    | 90                            | 125000               | 4001         | 13807             | 273               |
| 6           | 180   | 160                           | 125000               | 4950         | 12713             | 256               |
| 8           | 240   | 270                           | 71500                | 5311         | 13577             | 255               |
| 9           | 240   | 270                           | 125000               | 5665         | 11354             | 211               |
| 10          | 354   | 354                           | 36400                | 5817         | 12246             | 210               |
| 11          | 354   | 354                           | 71500                | 5979         | 11691             | 195               |
| 12          | 354   | 354                           | 125000               | 6303         | 11670             | 185               |

## 8. CONCLUSIONES

- 1) En forma general se puede concluir que: Con las densidades de siembra (36400 y 71500 plantas/ha) que son inferiores a las utilizadas por el agricultor (125000 plantas/ha), combinadas con la dosis de fertilizante de ICTA (180 y 160 Kg/ha de N y P respectivamente), se puede obtener mayor beneficio económico.
- 2) En la presente investigación, la dosis más adecuada para el cultivo de la papa en las condiciones del municipio de Palencia, es la de 180 y 160 Kg/ha de N y P respectivamente, con una densidad de siembra de 36400 plantas/ha, y es la densidad con que se obtuvo la mayor cantidad de papa de primera calidad.
- 3) En la medida que se aumentó la cantidad de nitrógeno y fósforo, el rendimiento máximo se alcanzó con la dosis de 180 y 160 Kg/ha de N y P respectivamente; a partir de este punto, los rendimientos decrecieron. Con la densidad de 36400 plantas/ha, se obtuvo un crecimiento positivo cada vez que se aumentó el N y P; mientras que con la densidad de 71500 plantas/ha, el rendimiento decreció.

## 9. RECOMENDACIONES

- 1) Para el cultivo de papa en las condiciones de Palencia, utilizar densidades de 36400 plantas/ha o 71500 plantas/ha, con la dosis de fertilizante de 180 y 160 Kg/ha de nitrógeno y fósforo respectivamente.
- 2) Hacer otras investigaciones que permitan determinar el rendimiento óptimo económico en el cultivo de la papa, en las condiciones del municipio de Palencia.
- 3) Investigar el sistema de cultivo de la papa, tomando en cuenta, el manejo post-cosecha y la industrialización de la misma para mejorar los ingresos del agricultor.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ARZE BORDA, J. 1979. Algunas consideraciones sobre el cultivo de la papa. Costa Rica, CATIE. 22 p.
- 2.- CAMPOS, E. 1986. Manual de abonamiento en cultivos. Costa Rica, CAFESA, 89 p.
- 3.- CHRISTIANSEN, J. 1980. Generación de tecnología en la fertilización química de la papa. In Curso nacional de papa (1980, Guatemala). Memorias. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. P. 126-130.
- 4.- CHRISTIANSEN, J.A.: VARGAS, M.R. 1980. La papa: su utilización en Guatemala. Guatemala, ICTA-PRECODEPA. 50 p.
- 5.- FERNANDEZ, M.V. Niveles de nitrógeno, fósforo y magnesio en suelos bajo el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Loman, en el área de San José Pacul, Sacatepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 111 p.
- 6.- GALINDO SANTIZO, C. 1980. Evaluación del efecto de la fertilización de nitrógeno sobre el rendimiento de materia fresca en bledo (*Amaranthus* spp.) 637 en dos cortes en Guatemala, departamento de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 58 p.
- 7.- GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA. 1987. Informe técnico. Guatemala. 270 p.
- 8.- -----. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLA. 1988. Informe técnico. Guatemala. 270 p.
- 9.- -----. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1970. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala. Escala 1:50,000. color.
- 10.- -----. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento, según el sistema Holdridge. Guatemala. Esc. 1:60,000.
- 11.- GUDIEL, V.M. 1972. Manual Agrícola Superb. Guatemala, Productos Superb. 116 p.
- 12.- KEHR, A.; AKELEY, R. 1967. Producción comercial de papa. traducido por el servicio de investigación agrícola de Estados Unidos. México, CECSA. 62 p.
- 13.- LITTLE T.; HILL, j.f. 1975. métodos estadísticos para la investigación en agricultura. México, Trillas. 193 p.

- 14.- MAZARIEGOS RAMIREZ, C. 1988. Evaluación de la incidencia del moco de la papa (Pseudomonas solanacearum E.F. Smith) en las áreas de producción del municipio de Palencia. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
- 15.- MIRANDA, O.H. 1981. Determinación de dosis óptimas económicas para capital limitado e ilimitado en el uso del nitrógeno, fósforo y distanciamientos de siembra en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.), para el altiplano central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
- 16.- SAMAYOA, E. 1992. El análisis de Rentabilidad y la Tasa Marginal de Retorno. Boletín Agro (Gua.) no. 3:92.
- 17.- SIMMONS, CH. S. : TARANO, J.M. : PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Tradd. Pedro Tirado S. Guatemala, ed. José de Pineda Ibarra. p. 15-18.
- 18.- TARANO, D. 1987. Horticultura. 7 ed. Barcelona, España. 187 p.
- 19.- TEUSCHER, P. ; ADLER, A. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. Rodolfo Vera y Zapata. 5 ed. México, CECSA, 491 p.
- 20.- VILLAGRAN RIVERA, C. 1984. Evaluación agroeconómica de dos variedades de papa (Solanum tuberosum L.), Tollocan y Loman a nivel de agricultores, en el altiplano central de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 46 p.

*V. B. Quijano De La Roca*



A P E N D I C E

APENDICE 1

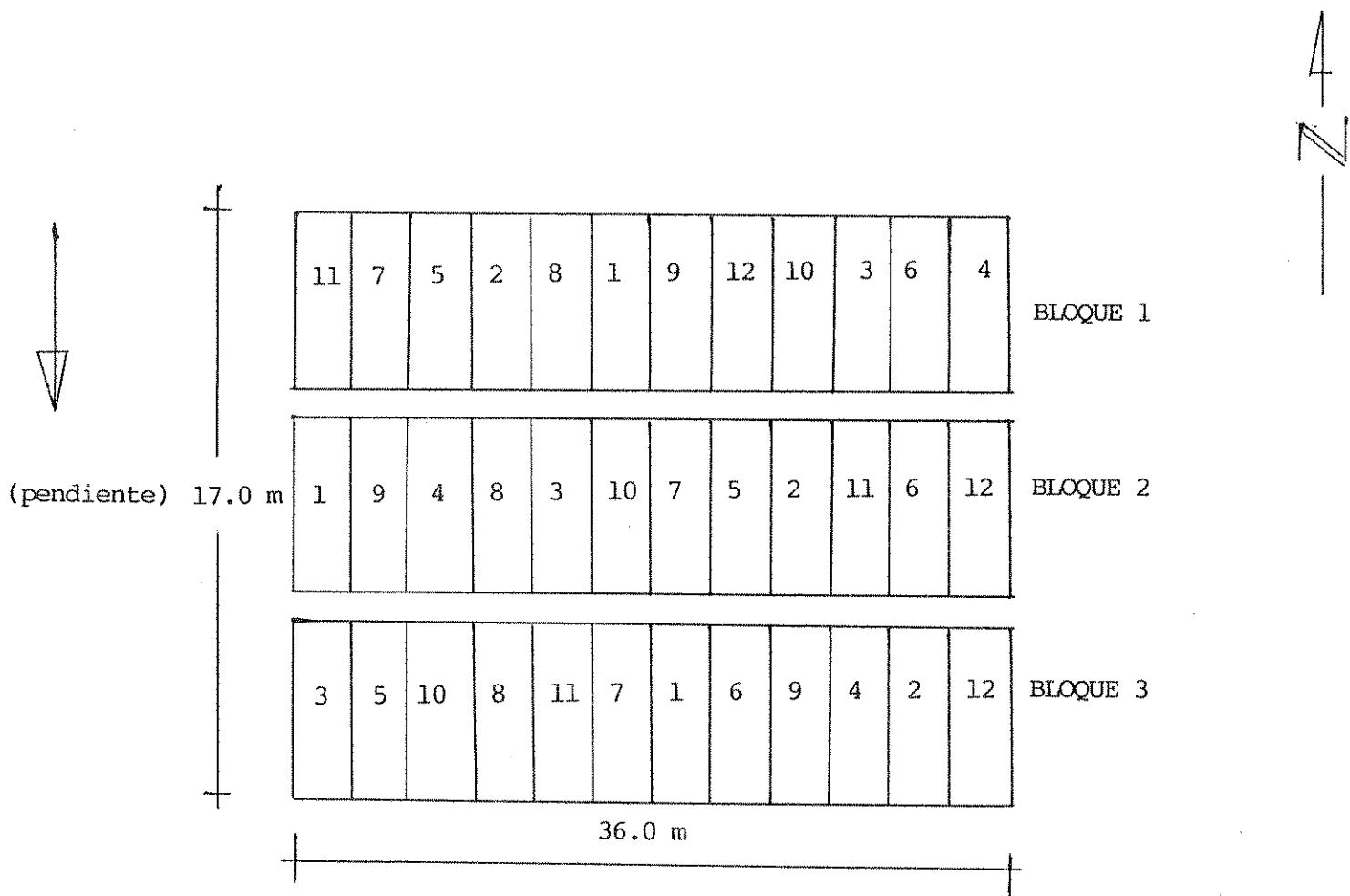


Figura 1: Dimensiones del área experimental y distribución de los tratamientos, Palencia, 1993.



## APENDICE 2.

Según Simmons (17), son suelos poco profundos sobre materiales volcánicos firmemente cementados, de la serie Pinula, cuyo material madre puede ser Toba, breccia, de relieve escarpado, con buen drenaje, color oscuro de textura y consistencia franco-limoso, gravoso friable, con un espesor aproximado de 20-30 centímetros. El subsuelo es de color café, de consistencia friable, de textura arcillosa a franco-arcillo-arenosa, con un espesor aproximado de 60-80 centímetros.

Están dentro de los suelos que son poco profundos sobre materiales volcánicos firmemente cementados, ocupan pendientes demasiado escarpadas para el cultivo y gran parte del área, está seriamente erosionada a causa del sobrepastoreo y porque el cultivo no ha sido adecuado.

### DESCRIPCION DEL PERFIL

Horizonte AP de 0-25 Cms

Color café oscuro, materia orgánica media, hay concreciones medianas frecuentemente, el drenaje interno es bueno, semipermeable, la estructura es granular en bloques tamaño mediano, suelo suelto, de textura franco arenoso.

Horizonte AC de 25-50 Cms.

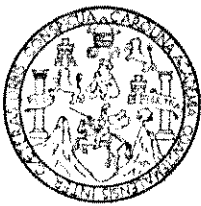
Color café claro, no hay materia orgánica, hay concreciones grandes abundantemente, drenaje interno regular, semipermeable. estructura en bloques tamaño mediano suelto, de textura arcillosa.

Horizonte C de 50-100 Cms.

Color amarillo, no hay materia orgánica, hay concreciones grandes abundantemente, el drenaje interno es regular, semipermeable, estructura en bloques grandes, suelo suelto y sin textura.

### CONTENIDO DE NUTRIENTES

| Horizonte | Profundidad<br>Cms. | pH  | P   | K   | Ca    | Mg   | Cu  | Zn  | Fe | Mn |
|-----------|---------------------|-----|-----|-----|-------|------|-----|-----|----|----|
| AP        | 0-25                | 6.0 | 0.1 | 130 | 11.30 | 1.75 | 1.0 | 2.5 | 38 | 23 |
| AC        | 25-50               | 5.6 | 0.1 | 20  | 8.22  | 1.03 | 2.0 | 1.5 | 37 | 14 |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

Ref. Sem.037-95

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE 4 TRATAMIENTOS DE NITROGENO Y FOSFORO Y 3 DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) EN EL MUNICIPIO DE PALENCIA, GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: OSCAR OVIDIO PEREZ BELTRAN

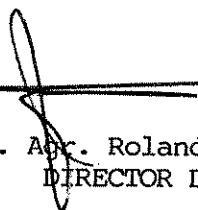
CARNET No: 8612863

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Carlos Fernández  
 Ing. Agr. Aníbal Sacabajá

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

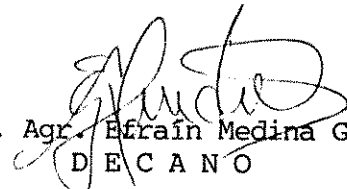
  
 Ing. Agr. M. Sc. Maxdelio Herrera  
 ASESOR

  
 P. Agr. Ernesto Carrillo  
 ASESOR

  
 Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

  
 Ing. Agr. Efraín Medina Guerra  
 DECANO



.c.Control Académico  
 Archivo  
 RL/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770