

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas  
Turrialba, Costa Rica, C. A.

Pérdidas de Almacenaje de Papas, en Ciertas Regiones  
de Costa Rica, C. A., en Relación con la Temperatura  
y al Phytophthora infestans (MONT) de Bary.

Por

José Santos Aguirre V.

T E S I S

Presentada a la Facultad del Instituto Interamericano  
de Ciencias Agrícolas, como requisito parcial para op-  
tar el grado de Magister Agriculturae.

Aprobada

Fredrich Leibelmann Jefe Técnico

E. Haller Director

Turrialba, Costa Rica

Agosto de 1948

## BIOGRAFIA

José Santos Aguirre V.

Nació en la ciudad de Saltillo, Coahuila, República de México, en 1921.

Hizo sus estudios agronómicos en la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" del mismo Estado en 1938-44, pasando después un año y medio en los campos de producción de semillas de hortaliza bajo la dirección de W. Atlee Burpee Co. en Philadelphia y California, U. S. A.; en 1946 pasó a formar parte del cuerpo auxiliar docente de la Escuela de Agricultura de Saltillo y en octubre de 1947 hasta agosto de 1948, realizando estudios de especialización en Fitotecnica en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

## Tabla de Contenido

	<u>Pág. No.</u>
I- Introducción . . . . .	1
II- Importancia del Problema . . . . .	3
1. Regiones Productoras de Papa	
2. Problemas de la Producción de Papa	
III- Revisión de Literatura . . . . .	4
1. <u>El Phytophthora infestans</u> (MONT) de Bary, causante de pérdidas en los campos y en los almacenes	
2. <u>Conservación del Phytophthora infestans</u> , en los tubérculos	
3. Aspectos fisiológicos de las papas durante el almacenaje	
IV- Desarrollo del Proyecto . . . . .	13
1. Procedimiento usado para determinar las pérdidas de almacenaje	
2. Estudios de laboratorio	
3. Pérdidas en peso obtenidas del ensayo	
4. Pérdidas en número de tubérculos, causadas por enfermedades	
V- Conclusiones . . . . .	32
VI- Apéndice . . . . .	34
VII- Bibliografía . . . . .	38

## AGRADECIMIENTO

A los Sres. Dr. Ralph H. Allee, Director del Instituto; Ing. Don Manuel Elgueta, Jefe del Departamento de Fitotecnia; Dr. F. L. Wellman, Consejero Técnico; Ing. Ernesto H. Casseres e Ing. Mario Gutiérrez, por su valiosa cooperación técnica.

A los Sres. Enrique Robert y Hnos, Malaquías Jiménez, Julio Molina, por las facilidades en material y consejos prácticos, para desarrollar el tema.

## INTRODUCCION

La producción de papa (Solanum tuberosum L.), en Costa Rica ha aumentado considerablemente en los últimos años y su cultivo se ha extendido en todas las regiones donde el Clima y Suelo favorecen su desarrollo.

La producción ha aumentado, pero también aumentaron los problemas de este cultivo y ningún esfuerzo se ha hecho para tratar de resolverlos.

Se pueden considerar dos problemas fundamentales que afectan directamente la producción; primero la invasión de enfermedades, que como el Phytophthora infestans (MONT) De Bary, causa grandes daños en los papales y se extiende hasta causar pérdidas de consideración durante el almacenaje; segundo la falta de almacenes adecuados no ha permitido conservar la papa y se registran pérdidas notables en este respecto.

Antes de emprender un procedimiento que pueda evitar o cuando menos disminuir estas pérdidas, es de todos puntos de vista importante determinar: cuáles son las enfermedades más severas durante el almacenaje, qué relación tienen con la temperatura del almacén, dónde estas pérdidas se suceden con mayor intensidad y si es posible para estudios futuros hacer pruebas de almacenaje natural, bajo ciertas condiciones capaces de disminuir las pérdidas que con seguridad ocurren.

Por todas estas razones se emprende este ensayo, que tiene por objeto principal hacer un reconocimiento de las pérdidas causadas por el P. infestans, su relación con la tempe-

ratura y ésta con las pérdidas en peso de los tubérculos sometidos a almacenaje.

Dado que solamente se consideró para este estudio la región de Cartago, se escogieron cinco localidades o estaciones más o menos representativas de las diferentes Altitudes, incluyendo Turrialba que aunque no es un lugar propio para este fin, se quiso saber hasta dónde es de importancia la temperatura que rige en cada lugar comparada con este extremo; las otras estaciones escogidas fueron Finca La Loyla (Taras de Cartago), Finca Monte Carmelo (Chinchilla), Potrero Cerrado en la Finca de Don Malaquías Jiménez, y por último la Finca Chicué, propiedad de los Sres. Robert Lujan.

Es sólo un ensayo para demostrar que verdaderamente existen pérdidas notables, causadas por enfermedades y por falta de control de temperaturas en los almacenes.

Es seguro que pronto surgirá el deseo de seguir tratando de evitar estas pérdidas y tal vez algún día se pueda contar, con el esfuerzo de los que trabajan en la agricultura experimental, con datos suficientes para evitar hasta donde sea posible, todas estas dificultades y emprender una agricultura racional, capaz de elevar la producción hasta el máximo.

## PROBLEMAS DE LA PRODUCCION DE PAPAS

El aumento de la producción de papa en el país se ha debido más al aumento del área cultivada que al esfuerzo tendiente a resolver los problemas inherentes al cultivo.

La invasión arrolladora de algunas enfermedades, deficientes prácticas culturales y las malas condiciones de los almacenes donde se guarda este producto; han creado serios problemas, que de resolverlos pueden significar un mejoramiento inmediato.

Este ensayo, como ya se ha dicho, trata principalmente de encontrar las pérdidas que ocurren durante el almacenaje, causadas por desarrollo de enfermedades y su relación con la temperatura.

La enfermedad más extendida y la que causa mayores pérdidas tanto en los campos como en los almacenes es la Phytophthora infestans y es la que mayor importancia se le ha dado en este estudio; sin embargo existen enfermedades secundarias que son también causantes de pérdidas considerables.

El control de la temperatura, la humedad relativa, la luz, la calidad de los almacenes, tienen una relación muy estrecha con el desarrollo de la enfermedad durante el almacenaje y con las pérdidas que ocurren por disminución de peso debidas a pérdidas de agua de los tubérculos.

## EL *Phytophthora infestans*, CAUSANTE DE PERDIDAS

### EN LOS CAMPOS Y EN LOS ALMACENES

Siendo el *P. infestans* la enfermedad más importante, puesto que es la causante de mayores pérdidas tanto en los campos de cultivo como en los almacenes, es necesario revisar algo de su historia, síntomas en las plantas y en el tubérculo; pérdidas que causa en los almacenes y cómo se pueden evitar o disminuir sus daños.

#### Historia:

Es sin duda la más seria de todas las enfermedades que afectan a las papas, cuando las condiciones son favorables para su desarrollo.

De acuerdo con Heald (5), fué introducida simultáneamente en Europa y en América entre 1830 y 1840 y por 1845 fué epifitótica, en nuestros días está presente en casi todos los países donde se cultiva la papa.

La crisis de alimentos en Irlanda en 1845-46, fué debida principalmente a las pérdidas en la cosecha de papa causadas por el *P. infestans*. El hongo causante de esta enfermedad es nativo de Los Andes (parte Norte) de donde se diseminó a Norte América y Europa.

Fué Heinrich Anton De Bary (1831-88) el científico alemán que estableció la causa y naturaleza de esta enfermedad (7), publicando sus investigaciones en 1861-63 y dándole al hongo el nombre que hoy tiene.



Síntomas y efectos:

La enfermedad empieza atacando las hojas de la parte baja, causando la quemadura; primero aparecen en los márgenes terminales de las hojas áreas de tejidos muertos que se extienden hasta matar la hoja entera en un término de dos a cuatro días si las condiciones del medio le son favorables. Las hojas empiezan a enrollarse poniéndose tiesas al secarse o decaídas al humedecerse. (5).

En tiempo húmedo y caluroso la enfermedad avanza rápidamente y las partes afectadas se vuelven negras, seguidas de una pudrición acuosa que llega hasta los tubérculos.

Cuando se origina una pudrición seca debido al hongo, se reduce a lesiones pequeñas o bien puede extenderse incluyendo grandes áreas. Estas manchas son evidentes durante la recolección cuando los tubérculos aparecen con decoloraciones de color café o púrpura-negras ligeramente hundidas, que penetran solamente 1/8 a 1/4 de pulgada en las porciones afectadas, pero que se pronuncian durante el almacenaje.

Del progreso del hongo en las lesiones, produce en los tubérculos una descomposición completa, ésta resulta de la acción combinada del Phytophthora, inicialmente seguida de bacterias y otros hongos dando entonces origen a una pudrición acuosa y de mal olor. (5).

Los síntomas que son visibles en las partes aéreas y subterráneas son los siguientes: la apariencia remojada de las

partes afectadas incluyendo las primeras hojas, obscurecimiento de estas partes con terminaciones negras y duras si el tiempo es seco, la apariencia blanquecina en la superficie inferior de las hojas debida al crecimiento polvoriento de los conidióferos y por último ese olor característico cuando el tiempo está húmedo (8).

En los síntomas generales están de acuerdo Duggar (4) y Chupp (2). Sólo hay que agregar que las lesiones usualmente aparecen en las hojas inferiores; sin embargo, en algunos casos se ha visto que la primera infección aparente se manifiesta en los pedicelos de las flores; en cuanto a los tubérculos afectados establecen que si predomina una humedad alta la pudrición puede causar la desintegración completa del tubérculo.

## CONSERVACION DEL Phytophthora infestans EN LOS TUBERCULOS

Según los datos recopilados por Sorauer (9) el tubérculo es infectado por los conidios que son transportados por las gotas de lluvia de las hojas a la tierra.

Las papas infectadas de esta manera parecen estar sanas al cosecharlas; sin embargo, durante el almacenaje se desarrolla la enfermedad y se transmite a los tubérculos sanos; por los conidios que se han formado en su parte externa.

Los tubérculos infectados muestran frecuentemente huellas o lesiones poco o nada apreciables y son llevados a los campos de cultivo como semilla de papa sana.

Si las condiciones del ambiente son favorables al desarrollo del hongo, sus hifas crecen hasta llegar a los "ojos" o yemas, esto se puede comprobar partiendo de una semilla de papa enferma, en donde el hongo llega a infectar tanto los brotes aéreos como subterráneos, pues se observan tallos muy nuevos que se marchitan, apareciendo todos los síntomas de la enfermedad.

En las variedades de estolones largos se puede comprobar también, que los tubérculos más cercanos a la papa madre son los primeros en enfermarse.

En 1861 se comprobó en ensayos de laboratorio, que el micelio es capaz de penetrar y desarrollarse en los brotes nuevos. En 1875 De Bary repitió los ensayos en el campo experimental.

Para que el micelio pueda invadir los brotes, se requieren ciertas condiciones del medio ambiente. No siempre es necesario que se produzca una infección, pues se pueden obtener plantas sanas de tubérculos enfermos si el micelio se encuentra en el tubérculo, pero no ha llegado a los "ojos" en el tiempo que estos brotan; el micelio debe ser favorecido por condiciones externas, que como la humedad, ha sido comprobada por de Bary. Cuando hay un período de sequía prolongada el hongo se paraliza en el tubérculo, mientras que en la planta huésped continúa desarrollándose.

En los brotes nuevos las condiciones son diferentes y si el hongo llega a tiempo a la base de uno de ellos, lo invade y crece en él hacia el apéndice.

Cuando Kuhn explica para la planta de papa una segunda época de susceptibilidad, sólo se puede explicar la transmisión del hongo admitiendo que pueda encontrar un medio de desarrollo adecuado. Mientras que la planta bajo condiciones normales se aproxima a la maduración y los tallos se van envejeciendo, sería menos probable que el micelio pudiese penetrar en los tallos desde el tubérculo para así formar una nueva fuente de infección.

Sorauer (9) concluye que se puede considerar como demostrado que la transmisión de la enfermedad de un año a otro se debe al hongo en los tubérculos usados como semilla. El micelio del Phytophthora está capacitado para desarrollarse en los "ojos" e invadir luego los brotes.

**Estos brotes infectados a veces mueren antes de llegar a la superficie de la tierra, pero en caso de traspasarla antes de sucumbir, un solo brote infectado es suficiente para contaminar todo un cultivo.**

9 A



**Planta sana**



**Primeros síntomas de la  
"Chasparria"**



Planta atacada por la "Chasparria"



Planta consumida por la "Chasparria"

## ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS PAPAS DURANTE EL ALMACENAJE

Las papas tienen tres fases fisiológicas principales cuando se conservan en almacenes (5), la primera fase ocurre durante las dos o tres primeras semanas, cuando las pérdidas son comparativamente mayores debidas a la pérdida rápida de agua a través de la epidermis imperfectamente desarrollada; la segunda época se caracteriza por un período de latencia, en la cual las pérdidas son menores, la tercera se inicia con el brote de los primeros tallos, en esta época las pérdidas en peso son nuevamente aceleradas, en comparación con la velocidad de crecimiento. La iniciación de esta fase final puede ser retardada por un período más largo cuando se usan temperaturas de 40° F o menos durante el almacenaje, y también por otros medios.

Las pérdidas durante las dos primeras semanas oscilan entre 2 y 4% de su peso inicial; esta pérdida es menor cuando existen condiciones de humedad relativa superiores, la circulación del aire a través de los tubérculos es mínima, y cuando los tubérculos están casi maduros y tienen un porcentaje bajo de agua.

Las celdas de los almacenes se deben mantener a temperaturas entre 60 y 70°F; con humedad relativa tan alta como sea posible durante los primeros 10 a 15 días, de manera que las heridas o cortadas que ocurren durante la recolección no se infecten por organismos que dan origen a pudriciones tan comunes durante el almacenaje.



Durante el período de descanso se acostumbra mantener temperaturas cerca de 40°F y en este caso las pérdidas en peso generalmente oscilan entre 0.2 a 0.3% por mes. A esta temperatura no existe el peligro de que los tubérculos empiecen a brotar antes de tiempo; si estos han sido infectados por organismos que producen su destrucción, las pérdidas se manifiestan en las dos primeras fases del almacenamiento.

A temperaturas de 40 y 45°F los organismos no desarrollan, pero pueden permanecer latentes y causar daños cuando la temperatura se aumente y les sea favorable.

La duración del período de descanso depende de la variedad y de las condiciones dentro de las cuales los tubérculos han sido producidos y almacenados.

Algunos tubérculos que han estado sujetos a temperaturas de 40°F por un período de varias semanas antes de subir la temperatura a 60 y 65°F, tallan más pronto y uniformemente que aquellos que se han almacenado siempre a altas temperaturas.

Durante el período final de almacenaje las pérdidas aumentan rápidamente (3) debido al agua transpirada por los tallos recién brotados. La pérdida total en peso puede atribuirse, la mitad a la salida del agua y la otra mitad a la traslocación de materias de reserva desde los tubérculos a los primeros tallos.

Si las temperaturas son suficientemente bajas, las papas pueden ser almacenadas por 20 ó más meses: sin embargo,

esta prolongación es impráctica debido al alto costo del almacenaje y no es aconsejable debido a la pérdida progresiva del valor alimenticio (Almidón y Vitamina C).

Durante los últimos años se han usado algunos productos químicos capaces de retardar la iniciación de los brotes. El más efectivo para este propósito es el Ester Metílico del Acido Alfa-Naftaleneacético, que ya se vende en forma comercial como Barsprout, y del cual se han hecho pruebas preliminares en Costa Rica, con resultados más o menos satisfactorios.

12 A



Efecto del Barsprout después de 60 días



A, sin Barsprout - B, con Barsprout después de 60 días

PROCEDIMIENTO USADO PARA DETERMINAR PERDIDAS  
DURANTE EL ALMACENAJE

El principal objeto de este ensayo, es el de determinar las pérdidas ocurridas durante el almacenaje, causadas por el Phytophthora infestans, en relación con la temperatura existente en cada localidad considerada.

Para este ensayo se escogieron lugares en los cuales se almacenaron lotes de papa llevando un record de temperatura diaria, durante el período de prueba. Se pesaron los lotes periódicamente cada 15 días y se recogieron las papas enfermas con la misma frecuencia en los lotes designados con la letra "A" mientras que en los lotes letra "B" se pesaron igualmente pero se dejaron las papas enfermas hasta el fin de cada experimento, para de esta manera determinar las pérdidas ocurridas en cada tratamiento (A y B) y las causas que las originaron.

Se usaron cinco almacenes de diferente tipo de construcción, representativos de diferentes condiciones de altitud y temperaturas, como sigue:

Estación No. 1.- Turrialba (Instituto) situada a 2000 pies de altitud, temperatura media de 23.5° C. y extremas de 27° y 19° C. durante el almacenaje, construido de madera fuerte casi nuevo, con demasiada luz y muy poca ventilación para ser usado como buen almacén de papas.

13 A



**Estación No. 1.**



**Estación No. 3.**

**Estación No. 2.-** Finca La Loyola (Taras de Cartago) situada a 4800 pies, construcción vieja y mal acondicionada, en la cual se han almacenado papas enfermas, temperatura media de 19.9°C. durante el almacenaje, con extremas de 24 y 17°C.

**Estación No. 3.-** Finca Monte Carmelo (Cuesta de Chinchilla, Cartago) situada a 6400 pies, casa nueva bien construida y abrigada, se han almacenado papas en pocas ocasiones, temperatura media de 17.2°C. y extremas de 18.5 y 15.0°C.

**Estación No. 4.-** Finca de Don Malaquías Jiménez (Potrero Cerrado) situada a 7200 pies, construcción vieja, tablas no ajustadas, muy ventilado y obscuro, temperatura media de 14.3°C y extremas de 15.5 y 12.0°C.

**Estación No. 5.-** Hacienda Chicué de los Sres. Robert Luján; situada a 8650 pies, almacén viejo muy ventilado, piso de tierra y usado durante muchos años para guardar grandes cantidades de papa, temperatura media de 11.2° C y extremas de 13.0 y 7.5°C.

**Primer experimento.** Se hizo el primer experimento cubriendo un período de 47 días, instalando lotes de papa de la variedad Morada Blanca, procedente de la Hacienda Chicué, se inició el 15 de enero del presente año y concluyó el 1° de marzo.

Cada lote consistía en 50 libras de papa cada uno; poniéndose dos lotes (A y B) en cada una de las cinco estaciones.

14 A



Estación No. 5.



Estación No. 5.  
(Detalle)

La papa procedía de campos que se habían tratado con Caldo Bordelés y cosechadas dos días antes de iniciarse el experimento.

Los lotes "A" se pesaron quincenalmente y al mismo tiempo se fueron sacando las papas en cada observación, mientras que en los lotes "B" sólo se pesaron cada 15 días, sacando las papas enfermas hasta el final del experimento.

Segundo experimento. Este se inició el 26 de febrero y cubrió un período de 57 días, bajo los mismos procedimientos que el ensayo No. 1.

Tercer experimento. Este se inició en mayo 29 y cubrió un período de 48 días, siguiendo el mismo sistema que para los experimentos Nos. 1 y 2.

El tiempo para estas pruebas se limitó debido a que las papas empezaban a brotar tan rápidamente que no se hubiera podido obtener datos prácticos más adelante, cuando los tubérculos estuvieran listos para la siembra.

Exámenes de laboratorio con papas procedentes de los tres ensayos, comprobaron que los organismos causantes de la pudrición de la papa durante su almacenaje son por su orden de importancia el Phytophthora infestans, ataque de Fusarium sp. y bacterias; por lo tanto es un hecho de que el ataque del P. infestans le siguen el de Fusarium y bacterias, produciendo una pudrición acuosa (5).



Como se ha dicho las temperaturas fueron observadas diariamente en los cinco alscenes durante todo el tiempo que duraron los ensayos, determinándose después sus medias aritméticas o promedios, sacando las extremas por considerar que esta medida de concentración esté o puede estar afectada por variaciones extremas.

## ESTUDIOS DE LABORATORIO

Los estudios de laboratorio se llevaron a cabo cada 15 días, hasta el final de los tres experimentos, con material recolectado de todas las estaciones.

**Materiales usados:** El Phytophthora infestans puede vivir en soluciones acuosas y en cultivos de Agar. En estas determinaciones se usó el Agar-Papa, que se prepara como sigue:

### Primero, materiales necesarios

Agua destilada	1000 cc
Papa pelada	200 grs.
Agar	17 "
Dextrosa	20 "

### Segundo, procedimiento

Se calientan 500 cc de agua destilada hasta 70°C y se agrega la papa pelada manteniéndose el calor a 60°C durante una hora; en los otros 500 cc de agua se mezcla el agar y la dextrosa, juntándose después las dos cantidades de agua. Se pasa la mezcla a través de un tamiz y se ajusta hasta completar 1000 cc nuevamente agregando agua, se coloca en envases adecuados y se someten a auto-clave a 15 lbs. de presión durante 20 minutos (6).

El agar es un buen medio de cultivo para hongos y para bacterias, por lo tanto se emplea un método para poder diferenciar, para poder aislar unos de otros.

Para separar bacterias de hongos se usa tintura de Triphenylametano en soluciones de 1:5000 y 1:200,000 en este caso el hongo no sobrevive.

Para separar hongos de bacterias se acostumbra acidificar el medio; las bacterias no pueden vivir en un medio menor de pH. 4.0, para hacer esto posible se agregan tres gotas de Acido Acético al 25% para cada 10 cc de medio de cultivo (6).

Los hongos parásitos esporulan más rápidamente sobre fragmentos de tejidos vegetales que en medios artificiales por lo tanto se pueden emplear además del Agar-Papa, cilindros de papa o tubérculos completos debidamente preparados y puestos en cámaras húmedas, esterilizando tanto la superficie de los tubérculos como las cámaras con soluciones de Bicloruro de Mercurio al 1 por 1000 y lavadas después con agua destilada.

En los estudios de laboratorio se identificó primeramente el Phytophthora infestans y luego otros hongos y bacterias causantes de enfermedades secundarias.

Para este fin se tomaban muestras de papas enfermas representando los distintos lugares, se lavaban separadamente, se esterilizaban con soluciones de HY-PRO al 10% durante 15 minutos y se colocaban en cámaras húmedas inmediatamente (6).

Después de cuatro o cinco días, los hongos allí existentes se desarrollaban suficientemente como para infectar algunas siembras sobre agar, acidulado algunas veces y no acidulado otras, tomándose nota de la apariencia externa de cada una de las colonias, dando como resultado el resumen de las hojas siguientes:

En la estación No. 1 se encontraron tres clases de infecciones aparentes y secundarias.

1. Pudrición suave, color café y motas blancas superficiales.
2. Pudrición suave, iguales síntomas que el anterior, al parecer más avanzada en su desarrollo.
3. Desarrollo de hongos color rojo ladrillo, en combinación con otros hongos.

Todos puestos en Agar acidulado y no acidulado.

Estación No. 2, dos clases de infecciones aparentes.

1. Infección seca aérea, parecen motitas de algodón.
2. Infección blanca, seca concentrada, corta.

Estación No. 3, tres clases de infecciones.

1. Tubérculos con infección acuosa, fuertemente infectados por varias clases de hongos y bacterias.
2. Motas blancas redondas y numerosas, sobre cutícula.
3. Infección azulosa ligera e irregular.

**Estación No. 4, tres clases de infecciones.**

1. Infección aérea blanca, desarrollo de micelios largos.
2. Infección aérea blanca moteada y reducida.
3. Pudrición interna, clorosa, acuosa y fuerte.

**Estación No. 5, tres clases de infecciones.**

1. Infección aérea blanca, desarrollo superior aéreo afectando a todos los tubérculos de la muestra.
2. Infección aérea blanca, concentrada.
3. Infección aérea color ladrillo, pequeña.

De las observaciones finales al microscopio de los cultivos sobre agar, después de una semana de ser infectados se puede resumir en lo siguiente:

**Estación No. 1.-**

- a. Desarrollo de hongo color rosado, Fusarium sp.
- b. Desarrollo de hongo color azul, Penicillium, (exótico).
- c. Fusarium sp.
- d. Bacteria
- e. Fusarium sp.

**Estación No. 2.-**

- a. Fusarium sp.
- b. Penicillium y otras infecciones de Fusarium.

**Estación No. 3.-**

- a. Penicillium y Fusarium sp.
- b. Penicillium
- c. Fusarium sp.
- d. Bacteria.

**Estación No. 4.-**

- a. Fusarium y Penicillium
- b. Bacteria y Fusarium sp.
- c. Bacteria y Fusarium sp.
- d. Bacteria y Fusarium sp.

**Estación No. 5.-**

- a. Fusarium sp.
- b. Fusarium sp.
- c. Fusarium sp.

El Phytophthora infestans, causante principal de la pudrición de los tubérculos, se identificó en los momentos de empezar el trabajo de laboratorio, pues este hongo desaparece casi inmediatamente para dar lugar a la invasión de enfermedades secundarias causadas por Fusarium sp. y bacterias.

Después de algunos días no se ven manifestaciones de que el Phytophthora exista, por esta razón sólo se encontró después de una semana, Fusarium y bacterias; sin embargo, al principio de la infección se puede aislar el Phytophthora con facilidad en cualesquiera de los medios de cultivos seleccionados para este fin.

No se identificaron cuáles especies de Fusarium o en las causantes de las pudriciones y cuáles bacterias, ya que el hongo más importante estaba manifestado y no era el propósito estudiar en detalle enfermedades secundarias.

Se encontró también algunas infecciones de Penicillium y Rhizopus, que aparecieron en el medio de cultivo probablemente llevadas ahí por los instrumentos usados o por esporas suspendidas en el aire.

**PERDIDAS EN PESO OBTENIDAS DEL ENSAYO Y ANALISIS**

Datos de las pérdidas en Peso tomados directamente en observaciones quincenales durante las tres repeticiones.

Sujetos al análisis de Variancia, no obstante los pocos Grados de Libertad.

Datos originales obtenidos en %:

Localidades	1	2		3		4		5		
Tratamientos	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Blocks 1	6.9	8.1	2.0	1.9	1.0	1.5	5.2	6.6	3.6	3.6
2	7.0	6.0	5.5	5.0	6.0	4.0	5.0	4.0	7.0	8.0
3	10.0	18.0	3.0	7.0	4.0	5.0	2.0	2.0	2.0	1.0

**Cálculo del Ensayo:**

En el Apéndice están los cálculos de Variancia para cada una de las localidades y de estos datos y de los originales podemos calcular primero el Cálculo del Ensayo y luego el Análisis de Variancia; para este fin ordenamos los datos como se ve en la tabla siguiente:

Localidades	1	2	3	4	5	Totales
Tratamientos A	23.9	10.5	11.0	12.2	12.5	70.1
B	32.1	13.9	10.5	12.6	12.6	81.7
Totales	56.0	24.4	21.5	24.8	25.1	151.8



Tratamientos:

S.S. . . .  $\frac{(70.1)^2 + (81.7)^2}{15}$  - F.C. . . . . 1.48 (1)

F.C. . . . . 768.11

Localidades:

S.S. . . .  $\frac{(56.0)^2 + (24.4)^2 + (25.1)^2}{3}$  - F.C.  
 . . . . . 138.33 (2)

Repeticiones:

S.S. . . Rep. Turrialba + Rep. Loyola . . . + Rep. Robert\*  
 . . . . . 149.25

Tratamientos X Localidades:

S.S. . . .  $\frac{(23.9)^2 + (32.1)^2 + (12.6)^2}{3}$  - F.C. + (1) + (2)  
 . . . . . 8.73

Error

Error Turrialba + Error Loyola . . . . . + Error Robert  
 . . . . . 33.26

---

\* Véase Variancia de Localidades en Apéndice

Análisis de Variancia

<u>Origen de la Su-</u> <u>ma de Cuadrados</u>	<u>Gr.</u>	<u>S.S.</u>	<u>M.S.</u>	<u>F.</u>	
Repeticiones	10	149.25	14.93	4.48	S.
Tratamientos	1	4.48	4.48		
Localidades	4	133.33	34.59	15.87	A.S.
Tratamientos X Localidades	4	8.73	2.18		
Error	10	33.26	3.33		
Total	29	334.05			

Significancia para Repeticiones:

F . . . . . 4.48      P. al 5% (3.07) al 1% (5.06)

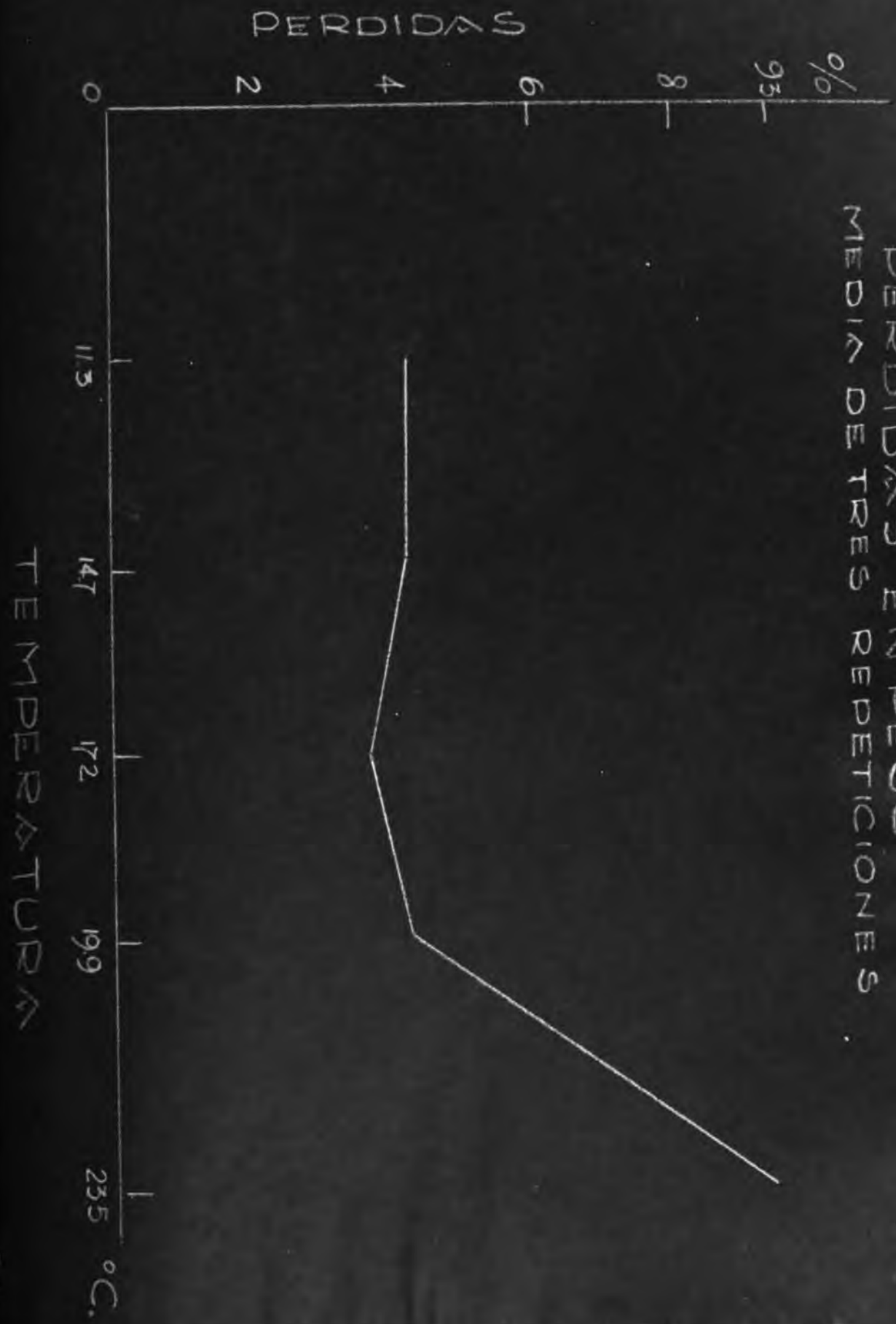
Es significativo entre el 1 y 5%

Significancia para Localidades

F . . . . . 15.85      P. al 5% (3.48) al 1% (5.99)

Altamente significativo

PERDIDAS EN PESO  
MEDIDAS DE TRES REPETICIONES



PERDIDAS EN NUMERO DE TUBERCULOS CAUSADAS POR  
ENFERMEDADES

En este caso, usando el mismo material, no fué posible que los Lotes los cuales tenían UN PESO igual, tuvieran el mismo NUMERO de tubérculos; se necesitó transformar estas pérdidas a porcentajes.

Se hizo una prueba para determinar primero si estaban estos datos sujetos a Análisis de Variancia, como en el caso de las pérdidas en peso, se determinaron, por consiguiente los valores de  $g_1$  y  $g_2$  así como los valores de  $ESg_1$  y  $ESg_2$ , lo cual se puede ver en el Apéndice, por este medio se encontró que no era posible analizar los datos más que por Variancias de las Líneas de Regresión.

Datos originales en porcentaje

Localidades	1		2		3		4		5		
Tratamientos	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
Blocks	1	10.1	9.3	3.1	2.4	0.8	1.2	4.0	4.4	0.6	0.6
	2	13.3	9.4	2.1	2.0	1.6	0.5	8.5	2.3	1.0	0
	3	16.5	37.1	14.7	1.9	8.2	3.2	0.6	0.6	0	2.9

Tomamos separadamente los datos del tratamiento A y los relacionamos con las temperaturas medias obtenidas en cada uno de los almacenes, se trata de esta manera obtener  $b$  y  $t$  para determinar si el Análisis de Regresión es significativo.

Lo mismo se hace para B, así como para los datos combinados de A y B.

Datos del tratamiento "A" para determinación de  $b_1$  y  $b_2$  en la Línea de Regresión y comprobación por Correlación.

<u>Localidades</u>	<u>% pérdida (Y)</u>	<u>Temperatura (X)</u>
Turrialba	13.3	23.5
Loyola	6.6	19.9
Chinchilla	3.8	17.2
Potr. Cerrado	4.3	14.3
Hda. Robert	0.5	11.9

Cálculo de  $b$  :

$$b_{YX} = \frac{S(XY) - (SX)(SY)/N}{SX^2 - S(X)^2/N}$$

b . . . . . 0.975

Cálculo de  $t$

Se calcula primeramente  $S_{dv.X} = \sqrt{\frac{S(y^2) - \frac{S(xy)^2}{S(x)^2}}{S(x)^2}}$

S<sub>dv.X</sub> . . . . . 11.93

Después se calcula S.b

$$S.b = \sqrt{\frac{S_{dv.X}}{(Sx^2)n - 2}}$$

S.b . . . . . 0.2175

De donde  $t = \frac{b}{S.b}$

t . . . . . 4.483

Para comprobar por Correlación se usan las fórmulas siguientes:

- 28 -

Donde  $r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{(S_x^2)(S_y^2)}} \dots \dots \dots 0.935$

$t = r \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2} \dots \dots \dots 4.4379$

igual que en Regresión

Análisis de Regresión de % de tubérculos enfermos

Tratamiento "A"

Variación	G.L.	S.S.	Variancia	F
Debida a Regresión	1	79.93	79.93	20.10
Desviaciones desde regresión	3	11.88	3.96	
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>91.86</b>		

F es significativo al 5%

Datos del tratamiento "B" para determinación de  $b$  y  $t$  en la Línea de Regresión y comprobación por Correlación

Localidades	% pérdida (Y)	Temperature (X)
Turrialba	13.60	23.5
Loyola	2.10	19.9
Chinchilla	1.63	17.2
Potr. Cerrado	2.43	14.3
Hda. Robert	1.16	11.9

Aplicando las mismas fórmulas que para el Tratamiento "A" obtenemos, 2.146 como valor de  $t$  en Regresión y 2.13 en Correlación.

### Análisis de Regresión de % de tubérculos enfermos

#### Tratamiento "B"

#### Variación

Debida a Regresión	1	136.76	136.76	4.603
Desviaciones de regresión	3	89.15	29.71	
Total	4	225.91		

F es significativo

Datos para los Tratamientos A y B combinados para determinación de  $t$  en la Línea de Regresión

<u>Localidades</u>	<u>% pérdida (Y)</u>	<u>Temperatura (X)</u>
Turrialba	15.95	23.5
Leyola	4.36	19.9
Chinchilla	2.58	17.2
Potr. Cerrado	3.39	14.3
Hda. Robert	0.84	11.9

De estos datos obtiéndose un valor de 2.799 para  $t$  en la Línea de Regresión y de 2.798 en Correlación

Al hacer el Análisis de Regresión se obtiene:

Análisis de Regresión de % de tubérculos enfermos cuando se combinan los tratamientos A y B.

Variación	G.L.	S.S.	Variancia	F.
Debidas a Regresión	1	104.92	104.92	7.824
Desviaciones desde regresión	3	40.25	13.41	
Total	4	145.17		

F es significativo

Se calculó la significación entre las Líneas de Regresión de los tratamientos A y B por la fórmula siguiente:

$$t = \frac{b_A - b_B}{\sqrt{\frac{Sdy.XA - Sdy.XB}{d.f.(a-P) (Sx^2)}}$$

en donde  $t = 0.476$  que

no es significativo por lo tanto las dos Líneas de Regresión son posibles y ciertas. Obtenidos los valores de  $b$  en los dos tratamientos, se pueden determinar los puntos por los cuales las Líneas de Regresión respectivas deben de pasar de acuerdo con la fórmula:

$$Y = Y + b (X - X)$$

se obtienen los siguientes

valores:



Tratamiento "A"

$$Y = 5.70 - 0.975 (-5.48) = 0.36$$

$$" \quad " \quad (-3.03) = 2.70$$

$$" \quad " \quad (-0.14) = 5.57$$

$$" \quad " \quad ( 2.56) = 8.19$$

$$" \quad " \quad ( 6.16) = 11.70$$

Tratamiento "B"

$$Y = 5.18 - 1.275 (-5.48) = -1.81$$

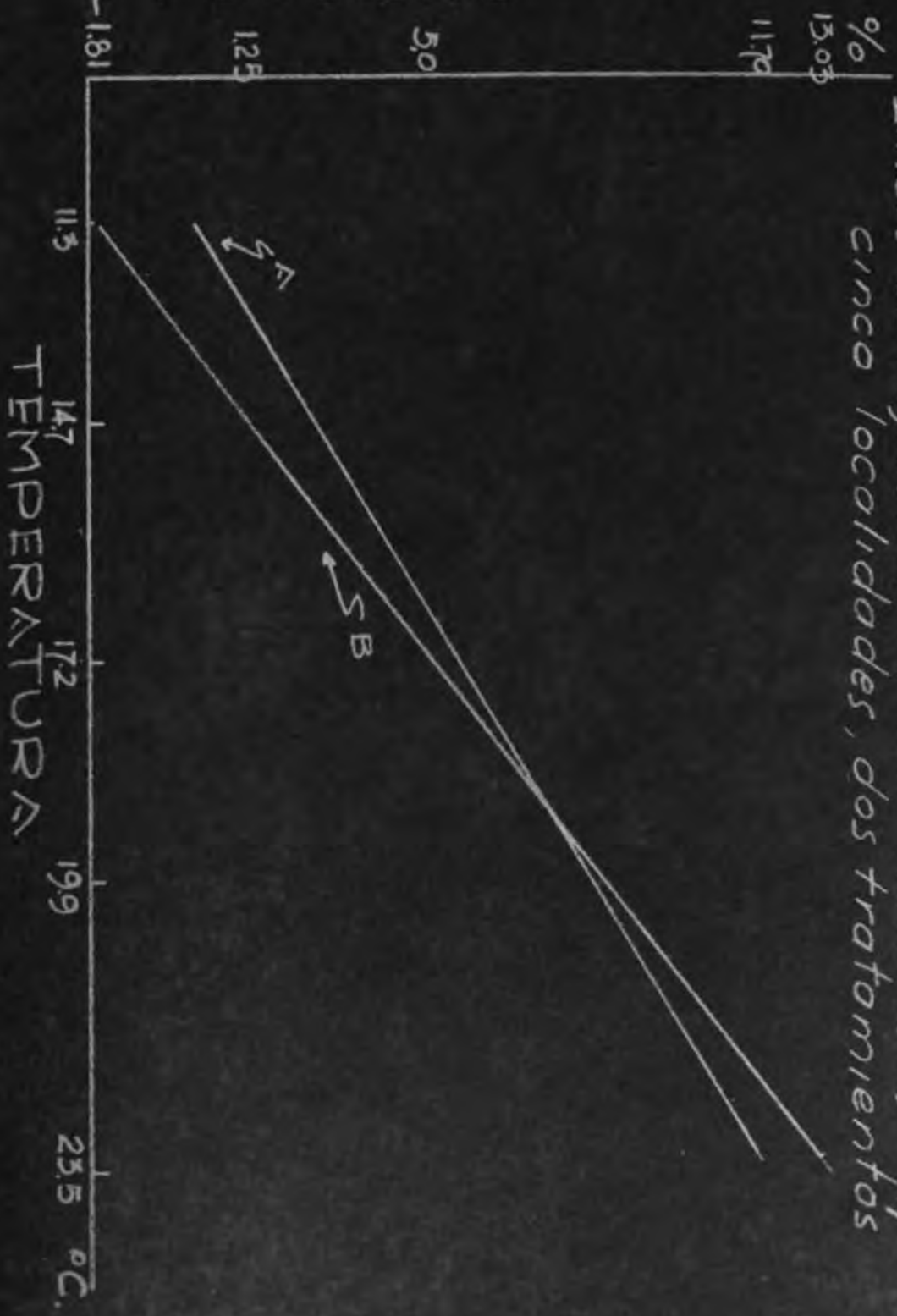
$$" \quad " \quad (-3.08) = 1.25$$

$$" \quad " \quad (-0.14) = 5.00$$

$$" \quad " \quad ( 2.56) = 8.44$$

$$" \quad " \quad ( 6.16) = 13.03$$

# PERDIDAS



*Líneas de regresión en % de tuberculosis enferma, cinco localidades, dos tratamientos*

## CONCLUSIONES

De este Ensayo se desprende que: El Phytophthora infestans, es el principal causante de la pudrición de los tubérculos, sometidos a Almacenaje, seguido de enfermedades secundarias, causadas por Fusarium y por Bacterias.

Que la pérdida por este concepto, está en relación directa con la temperatura registrada durante el almacenaje, teniendo una oscilación desde 0.5%, en la Hda. Chicuá, hasta el 13.3% en Turrialba, cuando se emplea el Tratamiento "A", y de 1.16% hasta 18.60%, en los mismos lugares, cuando se emplea el Tratamiento "B" y de 0.84% hasta 15.95% cuando se analizan los Tratamientos "A" y "B" juntos.

Que las pérdidas en Peso tienen con la temperatura registrada, relación directa, a medida que aumenta la temperatura las pérdidas también aumentan; sin embargo, al determinar la Gráfica se nota que en la Estación No. 3 (Monte Carmelo) esta relación no se manifiesta y hay una variación a su favor y en las Estaciones Nos. 4 y 5 donde existen temperaturas más bajas, la pérdida es mayor. Puede haber factores determinantes en este respecto y probablemente sean: Calidad de la Construcción, la Orientación o tal vez otros factores que no se han considerado.

Que existen probabilidades de almacenar tubérculos de papa, en las Estaciones de gran Altitud, si se pudiera controlar el ataque de la P. infestans, desde los campos y tratando de

controlar la temperatura, en los almacenes.

Que en el Análisis de Variancia, de pérdidas en Peso causadas por temperatura, Localidades resultó Altamente significativo, lo que comprueba, que hay variancias entre los diferentes locales escogidos.

Hubo también Significancia entre 5 y 1% para Repeticiones afectadas por la influencia de la época del año, probablemente.

- 54 -

APPENDICE

RESULTADOS DEL ENSAYO Y ANALISIS

Datos originales obtenidos en %:

Localidades	1		2		3		4		5	
Tratamientos	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Blocks 1	6.9	8.1	2.0	1.9	1.0	1.5	5.2	6.6	5.5	3.6
2	7.0	6.0	5.5	5.0	6.0	4.0	5.0	4.0	7.0	8.0
3	10.0	18.0	5.0	7.0	4.0	5.0	2.0	2.0	2.0	1.0

Estos datos son el resultado de las pérdidas en Peso, tomados directamente en observaciones quincenales durante las tres repeticiones.

Están sujetos al Análisis de Variancia, no obstante su reducido número de Grados de Libertad.

Siguiendo el método conocido, se calcula: Para Turrialba:

$Sx^2$  . . . . . 622.22  
 FC . . . . . 522.66  
 Totales . . . . . , 99.56

Repeticiones:

$Sx^2$  . . . . . 583.00  
 - FC . . . . .  
 66.34

Tratamientos:

$Sx^2$  . . . . . 533.87  
 -FC . . . . .  
 11.21

Error = Total - (Tratamientos + Repeticiones) = 23,01

VARIANCIAS ESTACION TURRIALBA

Origen de S.S.	G.L.	S.S.	M.S.	F.
Tratamientos	1	11,21	11,21	
Repeticiones	2	56,34	28,17	
Error	2	23,01	11,50	

Para Loyola:

$SX^2$  . . . . . 120,86  
 FC . . . . . 99,22  
 Totales . . . . . 21,64

Tratamientos

$SX^2$  . . . . . 101,15  
 -FC . . . . . 1,93

Repeticiones

$SX^2$  . . . . . 112,73  
 -FC . . . . . 13,51

Error . . . . . 6,20

VARIANCIAS ESTACION LOYOLA

Origen de S.S.	G.L.	S.S.	M.S.	F.
Tratamientos	1	1,93	1,93	
Repeticiones	2	13,51	6,75	
Error	2	6,20	3,10	
Totales	5	21,64		

Para Chinchilla:

SX<sup>2</sup> . . . . . 96.25  
 FC . . . . . 77.04  
 . . . . . 19.21

Tratamientos

SX<sup>2</sup> . . . . . 77.08  
 -FC . . . . . 0.04

Repeticiones

SX<sup>2</sup> . . . . . 93.62  
 -FC . . . . . 16.58

Error . . . . . 2.59

VARIANCIAS ESTACION CHINCHILLA

Origen S.S.	G.L.	S.C.	M.S.	F.
Tratamientos	1	0.04	0.04	
Repeticiones	2	16.58	8.29	
Error	3	2.59	1.29	
Totales	6	19.21		

Para estación No. 4.- Potrero Cerrado:

SX<sup>2</sup> . . . . . 119.60  
 FC . . . . . 102.50  
 . . . . . 17.10

Tratamientos

SX<sup>2</sup> . . . . . 102.50  
 -FC . . . . . 0.03

Repeticiones

$SX^2$	118,95
-FC	15.62
Error	1.45

VARIANCIAS ESTACION POTRERO CERRADO

Origen de S.S.	G.L.	S.S.	M.S.	F.
Tratamientos	1	0.03	0.03	
Repeticiones	2	15.62	7.81	
Error	2	1.45	0.73	
Totales	5	17.10		

Para Estación No. 5.- Hda. Robert:

$SX^2$	143.21
FC	105.00
-FC	33.21

Tratamientos

$SX^2$	105.00
-FC	0.00

Repeticiones

$SX^2$	142.20
-FC	37.20

Error	1.01
-------	------

VARIANCIAS ESTACION HDA. CHICU

Origen S.S.	G.L.	S.S.	M.S.	F.
Tratamientos	1	0.0	0.0	
Repeticiones	2	37.20	18.6	
Error	2	1.01	0.55	
Totales	5	38.21		



~~BIBLIOGRAFIA~~ CITADA

1. Centro Nacional de Agricultura, Cubierta Inferior, San José, C.R., 1939.
2. Chupp, C. Manual of Vegetable Garden Disease. p. 647. Macmillan Co., New York, 1925.
3. Commercial Potatoes Production in Nebraska. H. O. Werner, Bull. 384, p. 127-32.19.
4. Duggar, B.M. Fungous Diseases of Plants, p. 508, Ginn & Co., New York, 1909.
5. Heald, F.D. Introduction to Plant Pathology. First Edition, p. 84. McGraw-Hill Book Co., New York & London 1937.
6. Riker & Riker. Introduction to Research on Plant Diseases p. 28-30. Source John S. Swift Co., Inc. Chicago, New York, Indianapolis, 1936.
7. Reddick, D. Effect of Internal Conditions on the Potato Plant in their Relation to Susceptibility to Blight Caused by Phytophthora infestans. Cornell Univ. Ag. Exp. Sta. Report for 1933.
8. Owens, C.E. Principles of Plant Pathology, p. 629 John Wiley & Sons. New York, 1928.
9. Sorauer, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Tommo II, Berlin, 1921. (Traducción al español)

BIBLIOGRAFIA NO CITADA

- Stuart, William. The potato: its culture, uses, history, and classification. 4th ed. rev. Philadelphia, Lippincott, 1937.
- Carpenter, C. W. Potato diseases in Hawaii and their control. Honolulu, Hawaiian agricultural experiment station, 1920. Bulletin 45.

- The cultivation, composition and diseases of the potato.**  
London, H. M. Stationery office, 1919.
- Dey, P.K.** Cold storage of potatoes. Allahabad, United Provinces, 1928.
- Dykstra, T.P.** Potato diseases and their control. Washington D.C., U.S.D.A. Farmers' bulletin 1831. Rev. 1948.
- \_\_\_\_\_. Potato diseases in Florida. Gainesville, Univ. of Florida, Agricultural Experiment Station, 1946. Bulletin 427.
- Edgar, Alfred.D.** Potato storage. Washington, D.C., U.S.D.A. 1947. Farmers' bulletin 1986.
- Fawcett, G.L.** Una nueva enfermedad de las papas. Tucumán, Argentina, Estación experimental agrícola, 1935. Circular 67.
- Hardenburg, E.V. & Smith, Ora.** Harvesting and storing potatoes. Ithaca, Cornell extension bulletin 532. 1942.
- Jehel, R.A.** El tison tardío y la pudrición de la papa. Habana, Cuba, Estación experimental agroquímica, 1915. Circular 48.
- Jensen, J.H. & Livingston, J.E.** Potato diseases in Nebraska, Lincoln, Univ. of Nebraska, Agricultural experiment station, 1945. Bulletin 378.
- Lombard, P.M. & others.** Potato production in the northeastern and north central states. Washington, D.C., U.S.D.A., Rev. 1948. Farmers' bulletin 1958.
- Long, Thomas E.** Temperature studies in various types of potato storage houses. Fargo, North Dakota agricultural college, Agricultural experiment station, 1942. Circular 66.
- \_\_\_\_\_. Disinfectants and cut-seed potatoes. Burlington. Univ. of Vermont, Agricultural experiment station, 1937. Bulletin 418.
- Potato blights.** New Brunswick, Rutgers univ., 1941. Circular 411.
- Potato ring-rot.** Orono, Maine agricultural experiment station, 1945. Circular 189 (Rev.)

- Potato storage investigations, 1924-1925. by Committee on storage investigations, State of Pennsylvania. Canton, Pa., Marble laboratory, inc.
- Potatoes: growing them in Vermont. 2nd ed. Burlington, Univ. of Vermont, Agricultural experiment Station, 1944. Extension service brieflet 665. 1944.
- Ritchie, T.F. The potato in Canada. Ottawa, Canada, Dept. of agriculture, 1936. Publication 483.
- Rose, R.C. & Eide, C.J. Late blight of potatoes. St. Paul, Univ. of Minnesota, Agricultural Extension service, 1943. Extension folder 116.
- Scotland. Dept. of agriculture. Register of potato crops, 1946. Edinburgh, H.M. Stationery office, 1946.
- Schultz, Enrique F. El cultivo de la papa en Tucumán. Argentina, Estación experimental agrícola de Tucumán, 1944. Boletín 46.
- Smith, Ora. Fertilizing potatoes in 1944. Ithaca, Cornell extension bulletin 551. 1942
- 
- \_\_\_\_\_ . Influence of storage temperature and humidity on seed value of potatoes. Ithaca, Cornell univ., Agricultural experiment station, 1937. Bulletin 663.
- 
- \_\_\_\_\_ . Potato seed-treatment studies in Wyoming, 1932-1936. Laramie, Univ. of Wyoming, Agricultural experiment station, 1937. Bulletin 222.
- Stuart, W. Disease resistance of potatoes. Burlington, Univ. of Vermont, Agricultural experiment station, 1914. Bulletin 179.
- Stuart, William & Milstead, E. H. Shortening the rest period of the potato. Washington, D.C., U.S.D.A., 1934. Technical bulletin 415.
- Vaughan, R.E. & Brann, J.W. Healthy potatoes; how to produce them. Madison, Univ. of Wisconsin, 1927. Extension service circular 218.
- Wilson, J.D. & Slesman, J.P. Potato spraying experiments in 1945. Reprinted from the Ohio vegetable and potato growers association, 31st annual proceedings, 1946.
- Wright, R.C. & Peacock, W.M. Influence of storage temperatures on the rest period and dormancy of potatoes. Washington, D.C., U.S.D.A., 1934. Technical bulletin 424.