



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN INGENIERÍA AGRÍCOLA

MENCIÓN INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN DEL SUELO EN LA TEXTURA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

PRESENTADA POR:

ROSARIO EDELY ORTEGA BARRIGA

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN INGENIERIA AMBIENTAL

PUNO – PERU
2014



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DE LOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN DEL SUELO EN LA TEXTURA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

AUTOR

ROSARIO EDELY ORTEGA BARRIGA

RECuento de palabras

24258 Words

RECuento de caracteres

120830 Characters

RECuento de páginas

146 Pages

Tamaño del archivo

3.2MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 28, 2023 10:16 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 28, 2023 10:18 AM GMT-5

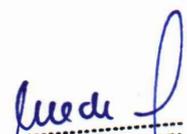
● **16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


WENCESLAO T. MEDINA ESPINOZA
Ing. Industrias Alimentarias Reg. CIP. 39643
Doctor en Ciencias de la Ingeniería

Resumen



Dedicatoria

A Valeria, Fabio y Victoria, mis tesoros

A mis padres Fabio y Valeriana,

por el ejemplo de perseverancia

A mis hermanos, Lucio, Edith y Ana,

por el enorme apoyo brindado a lo largo

de mi vida profesional y personal.

A Francisco con amor, por su

gran apoyo



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Escuela de Postgrado por haber contribuido en mi formación profesional especializada.

A mi asesor de tesis Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza por el apoyo brindado en la ejecución de este trabajo de investigación.

Al M. Sc. Wilfredo Zea Flores, por el apoyo incondicional en la ejecución de este trabajo de investigación.

Al M. Sc. Eduardo Manzaneda Cabala, por valioso apoyo para la culminación del trabajo de investigación.

A los miembros del jurado M.Sc. Pablo Pari Huarcaya por sus valiosos comentarios y acertadas sugerencias, al M. Sc. Angel Cari Choquehuanca por las correcciones en éste trabajo de investigación y al M. Sc. Emiliano Guevara Guerra, por su atenta lectura.

Al Sr. Rufino Aroni Acero por su apoyo en laboratorio, durante la ejecución de este trabajo de investigación.



ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	6
HIPOTESIS.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
ANTECEDENTES.....	8
MARCO REFERENCIAL.....	11
LA PAPA.....	11
ABONOS.....	15
FERTILIZANTES.....	23
CONTAMINACIÓN DEL SUELO.....	27
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	30
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	
LUGAR DE EJECUCIÓN.....	40
MATERIAL EXPERIMENTAL.....	40
MATERIALES Y EQUIPOS.....	41
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	42



UNIDADES DE ANÁLISIS Y OBSERVACIONES.....	50
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	52
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1. Del primer objetivo: Cantidad de macronutrientes (N, P, K) absorbidos por la papa.....	55
4.2. Del segundo objetivo: Análisis de textura de la papa mediante pruebas orientadas al consumidor	64
4.3. Del tercer objetivo: Análisis de textura de la papa mediante imágenes.....	70
CONCLUSIONES.....	103
RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXOS	



ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DE LA PAPA.....	15
CUADRO 2: VARIEDADES NATIVAS Y MODERNAS DE PAPA DE USO ACTUAL EN EL PERÚ.....	17
CUADRO 3: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ABONOS.....	22
CUADRO 4. FERTILIZANTES DE USO COMÚN EN EL PERÚ	25
CUADRO 5: NIVELES DE FERTILIZACIÓN APLICADOS EN EL CULTIVO.....	44
CUADRO 6. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES Y SUB-UNIDADES EXPERIMENTALES.....	52
CUADRO 7. ANVA PARA LA ABSORCIÓN DE NITRÓGENO.....	56
CUADRO 8. PRUEBA DE DUNCAN PARA ABSORCIÓN DE NITRÓGENO.....	56
CUADRO 9. ANVA PARA LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO.....	59
CUADRO 10. PRUEBA DE DUNCAN PARA ABSORCIÓN DE FÓSFORO.....	59
CUADRO 11. CANTIDAD TOTAL DE FÓSFORO ABSORBIDA POR CADA VARIEDAD DE PAPA.....	60
CUADRO 12. ANVA PARA LA ABSORCIÓN DE POTASIO.....	62
CUADRO 13. PRUEBA DE DUNCAN PARA ABSORCIÓN DE POTASIO.....	63
CUADRO 14. TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE SUAVIDAD DE PAPA VARIEDAD CANCHÁN	64
CUADRO 15. TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE DUREZA DE PAPA VARIEDAD CANCHÁN.....	65
CUADRO 16. TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE CROCANTÉZ DE PAPA VARIEDAD CANCHÁN.....	66



CUADRO 17. TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE SUAVIDAD DE PAPA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	67
CUADRO 18. TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE DUREZA DE PAPA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	68
CUADRO 19. TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE CROCANTÉZ DE PAPA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE LA PAPA.....	13
FIGURA 2. ESTACIONES EXPERIMENTALES DE MANEJO DE CULTIVO DE PAPA.....	19
FIGURA 3. REPRESENTACIÓN DE UNA IMAGEN DIGITAL.....	30
FIGURA 4. EJEMPLO DE LA MATRIZ DE CO-OCURRENCIA DE NIVEL DE GRISES (GLCM).....	36
FIGURA 5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL SEGUIDA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS TUBÉRCULOS A SER ANALIZADOS	43
FIGURA 6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL SEGUIDA PARA EL ANÁLISIS DE LOS TUBÉRCULOS.....	45
FIGURA 7. METODOLOGÍA PARA LA ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE IMÁGENES.....	48
FIGURA 8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA DETERMINACIÓN DE LOS DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS DE TEXTURA.....	50
FIGURA 9. DIAGRAMA DE PERFIL PARA LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO.....	61
FIGURA 10. EFECTOS SIMPLES DE LA CANTIDAD DE FÓSFORO ABSORBIDO POR LAS PAPAS DE ACUERDO A LA VARIEDAD.....	61
FIGURA 11. VARIACIÓN DE TEXTURA DURANTE LOS DIFERENTES TIEMPOS DE FRITADO.....	71
FIGURA 12. VARIACIÓN DE TEXTURA DURANTE LOS DIFERENTES TIEMPOS DE COCCIÓN.....	72
FIGURA 13. VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	73



FIGURA 14. VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	75
FIGURA 15. VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	76
FIGURA 16. VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	77
FIGURA 17. VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	78
FIGURA 18. VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	79
FIGURA 19. VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	80
FIGURA 20. VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	81
FIGURA 21. VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	83
FIGURA 22. VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	84
FIGURA 23. VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	85
FIGURA 24. VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	86
FIGURA 25. VARIACIÓN DEL MOMENTO INVERSO DE DIFERENCIA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	88

FIGURA 26. VARIACIÓN DEL MOMENTO INVERSO DE DIFERENCIA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	89
FIGURA 27. VARIACIÓN DEL MOMENTO INVERSO DE DIFERENCIA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	90
FIGURA 28. VARIACIÓN DEL MOMENTO INVERSO DE DIFERENCIA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	91
FIGURA 29. VARIACIÓN DEL MOMENTO INVERSO DE DIFERENCIA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	92
FIGURA 30. VARIACIÓN DEL MOMENTO INVERSO DE DIFERENCIA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	93
FIGURA 31. VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	95
FIGURA 32. VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	96
FIGURA 33. VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.....	97
FIGURA 34. VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	99
FIGURA 35. VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	100
FIGURA 36. VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.....	101

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Influencia de los Niveles de Fertilización del Suelo en la Textura de la Papa (*Solanum tuberosum*)”, en su primera etapa incluyó la instalación del cultivo en un invernadero en el CIP Camacani de la UNA- Puno entre los meses de Noviembre 2012 hasta Abril 2013. Luego de la cosecha se analizaron los tubérculos bajo tres metodologías: Determinación de la cantidad de macronutrientes (N, P, K) absorbidos por la papa cultivada en suelos con diferentes niveles de fertilización, análisis de las características de textura de la papa mediante pruebas orientadas al consumidor y evaluación de las características de textura de la papa mediante análisis de imágenes; planteando la hipótesis de que los niveles de fertilización del suelo influyen directamente en las características de textura de la papa. Según los resultados obtenidos, el nivel de fertilización del suelo influye en el incremento de la cantidad de macronutrientes absorbidos por el tubérculo; asimismo, en la percepción de las características sensoriales de la papa, siendo el Tratamiento con mayor nivel de fertilización el menos aceptado por los consumidores; el análisis de imágenes muestra que las características texturales de la papa evaluadas bajo los indicadores de Segundo Momento Angular (ASM), Contraste (CT), Momento Inverso de Diferencia (IDM), y Entropía (ET), muestran perfiles de textura completamente heterogéneos mientras el nivel de fertilización del suelo aumenta.

PALABRAS CLAVE

Análisis de Imágenes, Fertilización del Suelo, Macronutrientes, Papa, Textura.



ABSTRACT

The research paper entitled " Influence of Soil Levels Fertilization in Texture Potato (*Solanum tuberosum*)" in the first phase began by potato growing in a greenhouse at CIP Camacani UNA -Puno since November 2012 to April 2013. After harvest, the tubers were analyzed using three methods: Determination of macronutrients amount (N, P, K) absorbed by the potatoes grown in soils with different fertilization levels, analysis of texture characteristics of potato by consumer's oriented test, evaluation of textural characteristics of potato by image analysis, considering the hypothesis that soil fertility levels influences directly in the textural characteristics of potato. According to the results, the level of soil fertility influences the increase in the amount of macronutrients absorbed by the tubercle; also in the perception of the sensory characteristics of the potato with the treatment of highest level fertilization, less accepted by consumers, and image analysis shows that the textural characteristics of potato indicators evaluated under Angular Second Moment (ASM), Contrast (CT), Inverse Difference Moment (IDM) , and Entropy (ET), show profiles completely heterogeneous texture while the level of soil fertility increases.

KEY WORDS

Image Analysis, Soil Fertilization, Macronutrients, Potatoe, Texture.



CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La papa (*Solanum tuberosum*), es típicamente un cultivo propio de las regiones frías y/o templadas, pero con buena capacidad de adaptación en los diferentes climas del mundo, y es considerada como un alimento importante en la dieta humana; por sus cualidades nutritivas, por sus múltiples formas de consumo y de combinaciones culinarias con otros alimentos, ocupa el cuarto lugar entre los principales cultivos alimenticios del mundo, ubicándose después del trigo, arroz y maíz. En los países en desarrollo, la papa es superior a la mayoría de cultivos en cuanto a la producción de alimentos por hectárea, superando considerablemente a la yuca, cereales y leguminosas. (Cahuana y Arcos, 2004).

Considerando que en la actualidad hay tendencia al consumo de productos orgánicos, existe todavía la preferencia por parte de los empresarios agrícolas de incrementar la productividad y rendimiento en los campos de cultivo. Para lograr este objetivo, se ha creado la necesidad del uso de pesticidas y fertilizantes, dentro de estos se puede mencionar fertilizantes como el

“Compomaster”, cuya formulación es balanceada y comprende el mismo nivel de macronutrientes (20% de N, 20% de P_2O_5 y 20% de K_2O) y otros como la úrea, cuyo aporte principal es nitrógeno (46%), o el superfosfato triple de calcio, cuyo aporte de macronutrientes se basa en fósforo en forma de pentóxido de difósforo (P_2O_5 en un 46%), asimismo, el cloruro de Potasio, cuyo aporte principal es el óxido de dipotasio (60% de K_2O). Los fertilizantes en general ayudan a mejorar el rendimiento en la producción de cultivos, sin embargo se tiene evidencia de que un exceso en la utilización de éstos traerá como consecuencia cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo; también existe evidencia empírica de que afecta a la calidad y textura del producto que se ha cultivado.

Otro aspecto importante es que en los últimos años se ha puesto énfasis en el estudio de nuevas técnicas basadas en los sistemas de análisis de imágenes como herramienta útil y potencial para el estudio de la estructura y morfología de alimentos (Aguilera y Briones, 2005), con esta técnica se puede simular el rol de los ojos y cerebro para mejorar significativamente la evaluación de propiedades relacionadas con la calidad de materiales complejos como los alimentos y mejorar en gran medida el control de los procesos que actualmente viene siendo poco utilizada en la caracterización de productos de mayor consumo como la papa; entonces, por todo lo anteriormente expuesto, surgen las preguntas :

¿Cómo influyen los niveles de fertilización del suelo en las características de textura de la papa?

¿Qué porcentaje de macronutrientes (N, P, K) adicionados al suelo son absorbidos por la papa durante el periodo de cultivo?

¿Es posible correlacionar la variación de textura de la papa mediante análisis sensorial con pruebas orientadas al consumidor?

¿Es posible determinar la variación de la textura de la papa como consecuencia de la sobrefertilización del suelo mediante análisis de imágenes?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Existen Investigaciones que relacionan el nivel óptimo de fertilización del suelo para no afectar la propiedades fisicoquímicas del mismo (Palacios, 2008) así también para obtener buenos rendimientos en la cosecha (Muñoz y Mercedes, 2008). Sin embargo la información empírica existente respecto a la relación entre el nivel de fertilización del suelo y sus consecuencias en las características de textura, propiedades químicas y organolépticas del producto, conlleva a realizar Investigaciones para confirmar la relación existente entre los factores mencionados y determinar de esta manera la influencia del nivel de fertilización del suelo sobre la propiedades físicas del producto, en este caso particular sobre la textura de la papa, siendo la textura uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad sensorial del tubérculo (Ross y Scanlon, 2004).

Por otro lado el método de análisis de imágenes es una herramienta útil para la determinación de ciertas características de los productos como: dimensiones geométricas, características morfológicas, dimensión fractal, características de

color y textura de los materiales biológicos mediante análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerado jerárquico (Medina *et al*, 2010), haciendo posible entonces la caracterización de textura de la papa usando éste método.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia del nivel de fertilización del suelo sobre las características de textura de la papa.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de macronutrientes (N, P, K) absorbidos por la papa cultivada en suelos con diferentes niveles de fertilización.
- Determinar y analizar mediante pruebas orientadas al consumidor la característica de textura de la papa cultivada en suelos con diferentes niveles de fertilización.
- Determinar y analizar mediante imágenes las características de textura de la papa cultivada en suelos con diferentes niveles de fertilización.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- Los niveles de fertilización del suelo influyen directamente en las características de textura de la papa.



1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- A mayor nivel de fertilización del suelo, mayor es el porcentaje de macronutrientes (N, P, K) absorbidos por la papa.
- A mayor nivel de fertilización del suelo, menor es la preferencia de los consumidores por el producto.
- A mayor nivel de fertilización del suelo, mayor es la textura heterogénea de la papa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Palacios (2008), investigó el “Efecto de la fertilización sobre la calidad de la papa para procesamiento en dos suelos antioqueños con propiedades ándicas”. En este estudio se evaluó el efecto de tres niveles de NPK a la siembra (500, 1.500 y 3.000 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en combinación con Ca (0,2, 3 y 7 $\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), Mg (0; 0,7; 1,4 y 3,0 $\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}$), B (0; 0,5; 1,0 y 2,0 ppm) y S (0, 10, 20 y 40 ppm) sobre el contenido de azúcares reductores y la gravedad específica de la papa variedad Diacol Capiro en dos tipos de suelo. Se utilizó un diseño central compuesto $3\times 2\times 3\times 2$ para el nivel de $1.500\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $2\times 2\times 2\times 2$ para los niveles de 500 y $3.000\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. La fertilización con $500\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de NPK presentó en ambos suelos los mejores resultados para gravedad específica. En el suelo de Santa Rosa los niveles de $1.500\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $3.000\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ no mostraron diferencias estadísticas para los azúcares reductores con valores promedio de 0,750 y 0,631, respectivamente; el nivel de $500\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ presentó un promedio de 0,918. En el suelo de La Unión esta variable no presentó diferencias estadísticas en los niveles NPK evaluados. Los

niveles de Ca, Mg, B y S no tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre la gravedad específica ni sobre el contenido de azúcares reductores de los tubérculos.

Muñoz y Mercedes (2008), investigaron sobre el “Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*”. Trabajo que consistió en evaluar el rendimiento de tubérculos con la aplicación de fertilizante químico 13-26-6 en dosis de 0, 600, 900 y 1.200 kg·ha⁻¹ y abono orgánico en dosis de 0, 800, 1.000 y 1.200 kg·ha⁻¹, para lo cual se estableció un ensayo en la vereda Villa Nueva, municipio de Providencia (Nariño, Colombia). Los resultados mostraron que la fertilización conjunta de abono químico 13-26-6 y abono orgánico en dosis de 300-800 kg·ha⁻¹ dieron los mayores rendimientos de tubérculos de primera y total, con 6.366,7 y 13.888,9 kg·ha⁻¹, respectivamente. Además, se encontró que para el cultivo de papa criolla las cantidades adecuadas de abono orgánico están entre 800 y 1.200 kg·ha⁻¹ y la mejor dosis de fertilizante químico fue la de 300 kg·ha⁻¹. En la localidad evaluada los resultados mostraron que el cultivo de *S. phureja* reaccionó favorablemente en cuanto a rendimiento con dosis altas de abono orgánico; pero la dosis 900 kg·ha⁻¹ de fertilizante químico 13-26-6 no incrementó la producción, tal vez porque las mayores cantidades de nitrógeno inciden en un desarrollo excesivo de follaje y no de tubérculos. El análisis económico demostró que el Tratamiento 300/800 kg·ha⁻¹ de fertilizante químico y abono orgánico fue el que tuvo la mayor relación beneficio-costeo.

Hasbún (2009), investigó sobre las “Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa” donde comparó el contenido de sólidos totales, almidón, azúcares reductores y la gravedad

específica de 3 variedades promisorias de papa de reciente introducción en Costa Rica (MNF-41, MNF-72 y MNF-80) y de la tradicional Floresta mediante análisis gravimétricos y espectrofotométricos. El color y la textura en bastones de papa prefrita congelada, como producto terminado, y papa tostada, fueron evaluados instrumentalmente. Para el contenido de grasa se utilizó el método de Soxhlet. La MNF-80 mostró el contenido mayor de sólidos totales y almidón, con 23,1 y 20,8%, respectivamente; y Floresta los contenidos más bajos con 15,9% y 13,4%, respectivamente. Existe una correlación ($R_2 = 0,97$) del contenido de sólidos totales con la gravedad específica de los materiales. La MNF-80 presentó el porcentaje menor de azúcares reductores con 0,076%; mientras que MNF-41 y MNF-72 presentaron 1,142 y 1,384%, respectivamente. En los bastones de papa prefrita congelada, el porcentaje mayor de grasa se encontró en la MNF-80 y el menor en las MNF-72 y Floresta. No se observó diferencias en el oscurecimiento y textura entre variedades. En las papas tostadas la MNF-80 presentó un contenido menor de grasa y de grado de oscurecimiento. Las hojuelas elaboradas a partir de la MNF-72 y la MNF-80 mostraron valores de firmeza mayores. En la absorción de grasa, hubo un comportamiento distinto según el producto elaborado; en los bastones de papa prefrita congelados de la MNF-72 y Floresta, la absorción de grasa en el producto terminado fue menor, mientras que en las papas tostadas los contenidos de grasa menores se obtuvieron con la MNF-80.

Medina *et al* (2010), determinaron la procedencia geográfica de las 25 variedades de semillas de quinua, que se cultiva en Europa y en América del Sur los cuales fueron identificados a partir de 38 mediciones promediadas

como dimensiones geométricas, características morfológicas, fractal dimensiones y características de color. Análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de conglomerados jerárquico, con todos los datos se pudo distinguir las cinco variedades cultivadas en Europa situándolas en un sector de la gráfica de dispersión tridimensional ACP, donde se expresan 75% de la variabilidad.

2.2. MARCO REFERENCIAL

2.2.1. LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

La papa es una planta alimenticia que ha estado vinculada con las culturas más remotas de nuestra historia (Álvarez y Repo, 1999), constituyendo una de las fuentes más nutritivas de alimentación vegetal para el consumo humano a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar entre los principales cultivos, ubicándose después del trigo, arroz y maíz, (Cahuana y Arcos, 2004)

a. Botánica

La papa forma parte de una familia muy numerosa de especies que se agrupan en categorías según el grado de semejanza (Cahuana y Arcos, 2004) pudiéndose agrupar en dos especies: Silvestres, que crecen en forma natural solamente en América (existe poco más de 250 especies silvestres) y Cultivadas, que son las que tienen uso alimenticio, (existe 8 especies cultivadas, las cuales tienen diferentes variedades: Nativas y modernas)

- **Ubicación Taxonómica**

Egúsquiza (2000), menciona que la papa se encuentra en:

Reino: Vegetal

División: espermatophyta

Clase: Dicotiledoneae

Subclase: Metaclamideas

Orden: Scrophulariales.

Familia: Solanaceas

Sub-género: pachystemonum

Sección; Petota

Sub sección; potatoe

Serie: Tuberosas.

Especie: *Solanum Tuberosum*

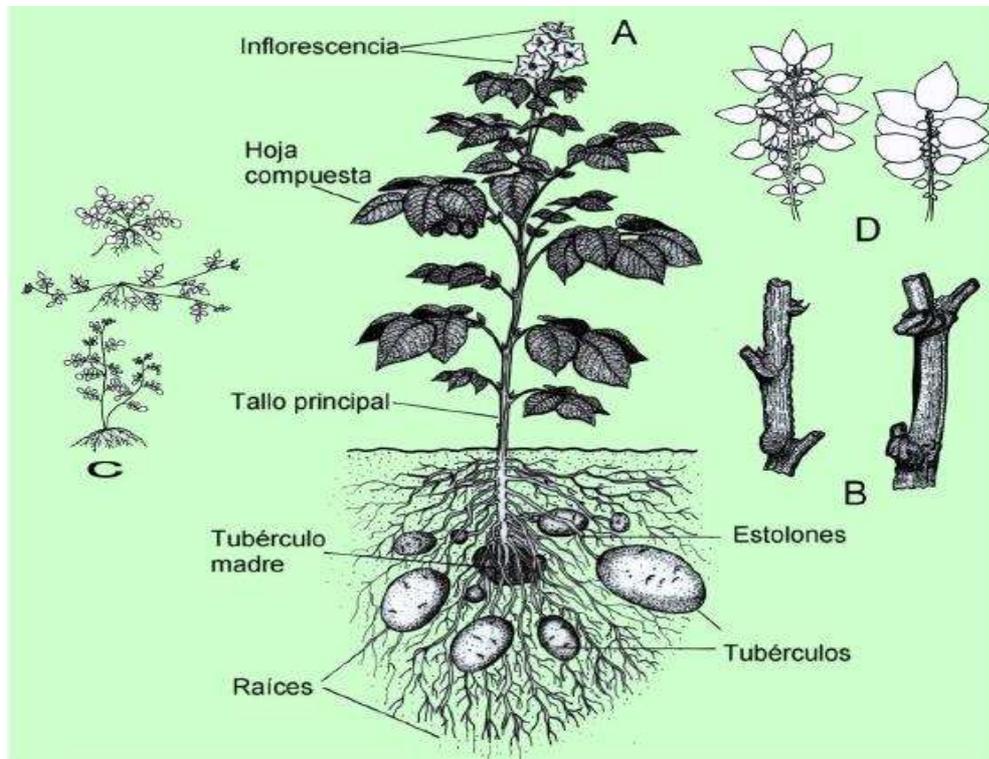
Ssp: Andígena

Ssp: Tuberosum

- **Características morfológicas**

Egúsquiza (2000), describe la papa como una planta de naturaleza herbácea, que consta de un sistema aéreo y un sistema subterráneo. En la Figura 1 se puede apreciar la morfología de la planta.

FIGURA 1.
MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE LA PAPA.



Fuente: Egúsqiza (2000)

- Brote: Es un tallo que se origina en el “ojo” del tubérculo, los cuales aceleran el crecimiento del cultivo y al salir a la superficie del suelo, se convierten en tallos.
- Tallo: lo conforman un conjunto de tallos aéreos y subterráneos: el tallo principal se origina del brote del cultivo de semilla, el tallo secundario, que se origina de una yema subterránea del tallo principal. El tallo estolonífero, que se origina de un estolón que toma contacto con la luz, la rama se origina de una yema aérea del tallo principal, el estolón, transporta sustancias que se trasladan desde el follaje, el tubérculo es el tallo que almacena sustancias.

- Raíz: Es una estructura subterránea, responsable de la absorción de agua, se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forma un sistema fibroso.
- Hoja: Es la estructura que sirve para captar y transformar la energía lumínica (luz solar) en energía alimenticia. (azúcares y almidón)
- Flor: Es la estructura aérea que cumple funciones de reproducción sexual, tienen importancia para diferenciación y reconocimiento de variedades.
- Fruto y semilla: el fruto o baya se origina en el desarrollo ovario. La semilla conocida también como semilla sexual, es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro.
- El tubérculo: Es una porción apical del estolón cuyo crecimiento es fuertemente comprimido y orientado hacia los costados (expansión lateral), es el tallo especializado para almacenamiento de los excedentes de energía (almidón).

b. Composición química de la papa

La composición química de la papa depende principalmente de las características genéticas, sin embargo, tubérculos de la misma planta pueden diferir notablemente en la composición química. Además, la composición se ve afectada por varios factores como: variedad, zonas de crecimiento, formas de cultivo, almacenamiento, madurez de cosecha etc. (Anderson *et al*, 1994). En el Cuadro 1 se presentan la composición química de la papa.

CUADRO 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DE LA PAPA

Sustancias	Rango (%)	Promedio (%)
Agua	63,2 - 86,9	77,5
Materia seca	13,1 - 36,8	23,7
Almidón	8,0 - 29,4	20
Proteína cruda	0,69 - 4,63	2
Cenizas	0,44 - 1,87	1,1
Fibra cruda	0,17 - 3,48	0,71
Ácidos orgánicos	0,4 - 1,0	0,6
Azúcares totales	0,05 - 8,0	0,5
Nitrógeno total	0,11 - 0,74	0,32
Azúcares reductores	0 - 0,5	0,3
Lípidos	0,02 - 0,2	0,12
Sustancias pépticas	0,2 - 1,5	-
Fósforo	39 – 45*	42*
Potasio		720*

Fuente: Anderson *et al.* (1994)

* Composición expresada en (mg/100g) por la FAO

c. Variedades de papa

De las especies de papa cultivadas en el Perú existen ocho especies que se cultivan en el Perú y cada una con diferentes variedades; se clasifican en nativas y modernas. (Cahuana y Arcos, 1992).

- **Variedades nativas**

Se siembran en la sierra, especialmente en comunidades campesinas localizadas a partir de los 3000 m.s.n.m., pudiendo sembrarse mezcladas (como una manera de evitar o reducir la diseminación de plagas o enfermedades) y también individualmente con fines de comercialización por ser de muy buena calidad culinaria (harinosas) o para su uso en forma de chuño o moraya (papas amargas). Las variedades nativas más importantes y sus principales características se muestran en el Cuadro 2.

- **Variedades modernas**

Se les conoce también como variedades mejoradas, y se caracterizan por tener mayor capacidad productiva que la mayoría de las variedades nativas. En 1952 se crearon las dos primeras variedades modernas: Renacimiento y Mantaro, creándose hasta la fecha más de 56 variedades modernas. En el Cuadro 2 se mencionan algunas características de las variedades nativas y modernas más importantes de uso actual en el Perú.

CUADRO 2.
VARIEDADES NATIVAS Y MODERNAS DE PAPA DE USO ACTUAL EN EL
PERÚ.

CARÁCTERÍSTICAS	VARIEDADES NATIVAS
Variedades comerciales, buen potencial productivo,	Huayro, Ccompis, Yana Imilla, Sani Imilla
Variedades nativas amarillas, buena calidad culinaria	Peruanita, Runtush, Tumbay, Huagalina
Variedades nativas de papa amarga, no se consumen directamente, tolerantes a heladas	Shiri, Piñaza
CARÁCTERÍSTICAS	VARIEDADES MODERNAS
Mayor Área de siembra	Tomasa Condemayta, Perricholi, Yungay, canchán INIA
Mayor uso regional	Norte: liberteña , Amapola, Molinera
	Centro : Yungay, Perricholi, Tomasa Condemayta
	Sur: Cica, Andina chasca
Tolerantes o resistentes a la Mancha	Perricholi , Amarilis, Canchán INIA
Resistente al "Nemátodo quiste"	María Huanca
Tolerantes a la mosca minadora	Tomasa Condemayta, María Tambeña
Aptitud para procesamiento (Para Industria)	Capiro, Tacna, María Bonita, desértica, María Reiche, costanera, única. primavera.
Variedades creadas entre 1995 y 1999	María Bonita INIA, San Juan INIA, San Antonio Abad, María Tambeña, Chagllina, UNALM Guisi, María Reiche, primavera, Amarilis, Única, Desértica.

Fuente: Cahuana y Arcos, (2004)

- **Zonas de producción**

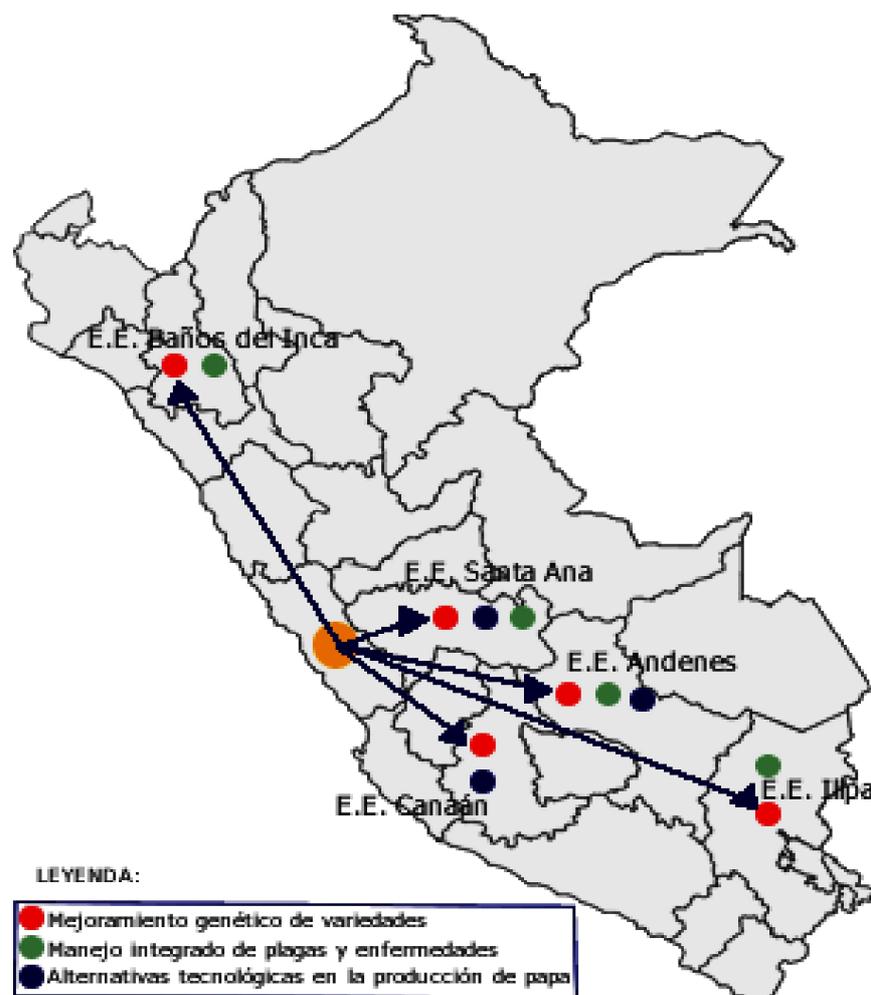
Los datos publicados por el INIA en su página web (<http://www.inia.gob.pe/papas/zonas.htm>), dan a conocer que la papa se cultiva en 19 de los 24 departamentos del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4200 metros de altura, concentrándose las unidades agropecuarias en las regiones Quechua y Suni. La mayor superficie de producción se encuentra en la sierra donde se concentra el 95% del área cultivada y un volumen de producción de 90%. En la sierra hay dos campañas de producción denominada, “campaña grande” que se inicia en octubre con la llegada de las lluvias y concluye en abril al finalizar la estación lluviosa y, la “campaña chica” que se inicia en mayo y concluye en setiembre, ésta última se encuentra localizada en las zonas bajas y abrigadas de la sierra debido a que en ese período del año, las heladas impiden el desarrollo del cultivo en las zonas altas. De otro lado, en la Costa la papa es un cultivo de invierno que se siembra entre abril y junio y se cosecha entre agosto y noviembre. Los cultivos de la “campaña chica” de la Sierra y los de la Costa requieren necesariamente de irrigación para su producción.

Así mismo el INIA menciona que el 90 % de la producción nacional de la papa proviene de la sierra y un 10 % de la costa, las principales regiones mayor producción son: Primero: Puno (583,000 toneladas y 11 t/ha.), luego, Huánuco (515,000 toneladas y 15 t/ha.), Junín (417,000 toneladas y 18 t/ha.), Cuzco (355,000 toneladas y 11 t/ha.), La Libertad (339,000 toneladas y 15 t/ha.), Cajamarca (299,000 toneladas y 11 t/ha.), Huancavelica (271,000 toneladas y 11 t/ha.) y Arequipa (261,000 toneladas y 33 t/ha.).

Por otra parte, actualmente las mayores áreas de cultivo de papa están cubiertas por sólo cinco variedades que tienen aceptación en el mercado. Estas variedades son Tomasa Tito Condemayta y Yungay (liberadas por la Universidad Agraria La Molina), Perricholi, Canchan-INIA y Amarilis-INIA (liberadas por el INIA). En la Figura 2 se puede apreciar una distribución de las estaciones experimentales del INIA, en las cuales se realiza Investigaciones sobre manejo, mejoramiento y alternativas tecnológicas de la producción de papa.

FIGURA 2.

ESTACIONES EXPERIMENTALES DE MANEJO DE CULTIVO DE PAPA.



Fuente: (<http://www.inia.gob.pe/papas/zonas.htm>)

d. Cultivo de papa

- **Semilla**

La semilla de papa es una estructura botánica que se encuentra en condición disponible, económica y oportuna para regenerar una nueva planta de papa sana, productiva y con características de la variedad elegida (Egúsquiza, 2000). La estructura de uso más generalizado para regenerar el cultivo de papa, es el tubérculo semilla, el cual ofrece ventajas como:

- Regenera el cultivo con características idénticas a la planta madre de la que procede
- Produce plantaciones uniformes.

Del mismo modo, el uso de tubérculos semilla tiene desventajas como:

- Es capaz de transmitir o diseminar pestes.
- Insumo de alto costo por el volumen que se necesita por unidad de área
- Requiere de condiciones técnicas y ambientales apropiadas para su producción.

Las semillas de papa son de dos clases:

- Semilla sexual: “Semilla botánica” o “semilla verdadera”
- Semillas asexuales: Plántulas in vitro, brotes; esquejes de tallo, tubérculos.

- **Siembra, y necesidades nutricionales de la planta.**

La siembra es la fase de instalación del cultivo de papa. Para el momento de la siembra, el suelo debe estar adecuadamente preparado, en general las labores

esenciales en la preparación de suelos para la siembra de papa (Egúsqiza, 2000), son:

- Aradura: “Barbecho” o rompimiento del terreno.
- Cruzada: Aradura en sentido transversal al de la primera pasada del arado.
- Mullimiento: Desterronado o gradeado.
- Surcadura: Establecimiento de los surcos de siembra.

La planta de papa presenta cuatro necesidades esenciales:

- La energía lumínica. Es aportada por el sol y la planta lo capta en sus hojas.
- El Anhidrido Carbónico (CO_2), está presente en el aire y la planta lo capta a través de sus hojas.
- El agua, es el recurso natural cuya provisión puede ser abundante y la planta lo toma a través del sistema radicular.
- Los nutrientes, se encuentran en el suelo, la planta lo toma a través del sistema radicular conjuntamente con el agua del suelo.

- **Cosecha y comercialización**

La “extracción” es la operación de campo que se realiza cuando la cantidad y calidad de los tubérculos está nutricional y económicamente definida, teniendo en cuenta las técnicas relativas a la oportunidad (Madurez, tamaño, sanidad del tubérculo; clima, recursos y precios) y modalidad de cosecha (manual, tracción mecánica o tracción animal) (Horton, 1987).

De acuerdo a la variedad de papa esta se puede comercializar directamente en el mercado, o se puede proveer a las diferentes industrias: Hojuelas, chips, papas fritas en tiras, puré, etc.

2.2.2. ABONOS

Los abonos son fuentes de nutrientes cuyo origen es orgánico, para el cultivo de papa tiene especial importancia debido a las numerosas funciones benéficas que cumple (Egúsqüiza, 2000):

- Favorece la retención de agua que queda disponible para el uso de la planta.
- Retiene los nutrientes minerales evitando que se pierdan por arrastre hacia el subsuelo.
- Mejora la proporción de espacios porosos y proporciona así mejor aireación a las raíces.
- Mejora las características físicas del suelo
- Favorece la presencia de microorganismos
- Incrementa la temperatura del suelo y disminuye la compactación.

En el Cuadro 3 se puede apreciar la composición química de los abonos de acuerdo a su procedencia.

CUADRO 3.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ABONOS

Estiércoles (Guanos)	Composición química (%)		
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P₂O₅)	Potasio (K₂O)
Vaca	1,67	1,08	0,56
Caballo	2,31	1,15	1,3
Oveja	3,81	1,63	1,25
Llama	3,93	1,32	1,34
Alpaca	3,6	1,12	1,29
Gallinaza	3,0	1,8	1,3
Guano de islas			
Enriquecido	12,0	11,0	2,0
Normal	9,0	11,0	2,0

Fuente: Álvarez, R. (2010)

2.2.3. FERTILIZANTES

Los fertilizantes son sustancias químicas inorgánicas, que contienen elementos nutritivos esenciales para los cultivos (Álvarez, R., 2010), considerándose como fertilizante a toda sustancia que se añade a la tierra con objeto de aumentar las reservas alimenticias utilizables por las plantas (Sánchez, 2007), y aumentar la producción y/o calidad de la cosecha, éstas sustancias son

simples o compuestas, son naturales, industrializadas o de origen sintético y se aplican al cultivo incorporándolo al suelo, en el agua de riego o de forma foliar.

La utilización de fertilizantes, históricamente tendía a cubrir deficiencias nutritivas ya fueran absolutas, temporales o potenciales. Actualmente con la existencia del material genético y la tecnología de alto rendimiento, el concepto de deficiencia ha perdido vigencia en alguna medida: para alcanzar los altos rendimientos que pueden brindar muchos cultivos, los nutrientes no son suficientes y se requiere un agregado adicional, como los fertilizantes químicos. Desde este punto de vista el uso de fertilizantes es independiente de la deficiencia o no de algún nutriente (Álvarez, 2010).

a. Macronutrientes

Los fertilizantes son insumos que restituyen los nutrientes extraídos permitiendo mantener la fertilidad química del suelo, siempre y cuando se les utilice en forma correcta, aplicando la cantidad estrictamente necesaria, para el tipo de suelo, clima y cultivo que se desea producir (Egúsquiza, 2000), los nutrientes están disponibles solamente cuando los fertilizantes se han solubilizado, razón por la cual es importante la presencia de agua en el suelo.

En el Cuadro 4 se puede apreciar los fertilizantes de uso más común en el Perú.

CUADRO 4.

FERTILIZANTES DE USO COMÚN EN EL PERÚ

Clase	Fertilizante	Ley (%)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Nitrogenados	Nitrato de Amonio	31		
	Urea	45		
	Sulfato de amonio	21		
Fosfatados	Roca fosfórica concentrada		30	
	Superfosfato simple		20	
	Superfosfato triple		46	
Potásicos	Cloruro de Potasio			30
	Sulfato de Potasio			50
Compuestos	12-12-12	12	12	12
	20-20-20	20	20	20
	15-30-15	15	30	15
	Nitrato de Potasio	13,5		44
	Fosfato diamónico	18	46	

Fuente: Egúsqiza (2000)

- **Nitrógeno**

Es el elemento que las plantas absorben en mayor cantidad. Es el factor principal que determina el rendimiento y la base de la fertilización (Sánchez, 2007), dentro de los inconvenientes de su uso en exceso podemos citar: Alarga la vegetación y los frutos tardan más en madurar, la planta tiene mayor

sensibilidad a las plagas y enfermedades, aumenta la salinidad del suelo y los efectos de la sequía, favorece las carencias de cobre, hierro y boro (Moya, 2002).

- **Fósforo**

Es esencial para todos los procesos de crecimiento, así como para el desarrollo de semillas y raíces (Sánchez, 2007), da consistencia a los tejidos, favorece el desarrollo del sistema radicular y es un factor de precocidad (Moya, 2002). Dentro de los inconvenientes de su uso en exceso tenemos que se aplica en labores profundas y puede provocar carencias de cobre, cinc, hierro y boro.

- **Potasio**

Favorece la formación de los hidratos de carbono, el desarrollo de las raíces y las plantas resisten mejor la sequía, puede inducir a carencias de magnesio, cobre, cinc, manganeso y de hierro (Moya, 2002). El Potasio controla el proceso bioquímico de las plantas, protegiéndolas de enfermedades (Sánchez, 2007)

b. Micronutrientes.

Los micronutrientes que un cultivo necesita (Sánchez, 2007), son:

- Boro: Ayuda a estimular la floración de los cultivos.
- Cloro: Influye en el metabolismo de los carbohidratos y en la producción de clorofila,
- Cobre: Tiene acción fungicida que incrementa la resistencia natural de la planta.
- Hierro: Constituyente de las enzimas esenciales en el metabolismo.

- Manganeseo: Su función principal es el proceso de fotosíntesis.
- Molibdeno: Ayudan a convertir las formas inorgánicas de fósforo a formas orgánicas.
- Zinc: Ayuda en los procesos de crecimiento y es esencial para promover reacciones metabólicas.

c. Uso de Fertilizantes en un contexto ambiental

Los agrosistemas son el foco de grandes flujos de materia y energía, y están afectando significativamente los ciclos biogeoquímicos, además de los procesos de erosión, desertización y salinización (Álvarez, 2010). Los grandes requerimientos de energía y el potencial de degradación del medio ambiente, inherentes a las modernas técnicas agrícolas, han originado cambios en el enfoque de la investigación. Actualmente para reducir las salidas de los nutrientes de los agrosistemas y con ello su riesgo contaminante, se tiende hacia una agricultura de alta eficiencia y menor o más acortado nivel de uso de insumos.

2.2.4. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

El ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (MAPA, 1999), en el "Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes", menciona que, un contaminante del suelo es cualquier producto que degrada su calidad, puede ser un producto útil que se encuentra fuera del lugar o que alcanza una concentración tan elevada que impide la actividad normal del suelo, pudiendo provocar los siguientes efectos desfavorables.

- Disminución del rendimiento de los cultivos y pérdida de calidad de los productos obtenidos.
- Alteraciones en la población microbiana del suelo, cuando la concentración de los contaminantes sobrepasa la cantidad de aceptación del suelo, se produce una disminución de su poder autodepurante.

Hay que tener en cuenta que los efectos negativos de la contaminación no se manifiestan inmediatamente, lo que impide tomar enseguida medidas correctivas.

a. Contaminación por Fitosanitarios

Los productos químicos utilizados para el control de plagas, enfermedades y malas hierbas, en unos casos se aplican directamente al suelo, y en otros se aplican sobre las plantas, pero en mayor o menor cantidad, caen al suelo. (MAPA, 1999).

Los productos fitosanitarios y los productos resultantes de su degradación pueden seguir los siguientes procesos:

- Son absorbidos por los cultivos y las malas hierbas.
- Son adsorbidos por el suelo.
- Se volatilizan en la atmósfera.
- Se degradan y pasan a las aguas superficiales y subterráneas.

La persistencia de los productos fitosanitarios en el suelo dependen de factores como: La formulación química del producto, el grado de adsorción, la actividad microbiana del suelo, la aireación del suelo, la humedad y la temperatura del suelo, la introducción o la repetición del Tratamiento (MAPA, 1999).

b. Contaminación por nitratos

En condiciones normales todos los compuestos solubles del nitrógeno, pasan rápidamente a nitratos, que son absorbidos por el proceso de cambio y, por lo tanto, se encuentran en la solución del suelo. Estos nitratos salen del suelo de las siguientes maneras:

- Son absorbidos por las plantas y los microorganismos del suelo.
- Son lavados por el agua de percolación y arrastrados por el agua de escorrentía.
- Se volatilizan en la atmósfera.

Desde el punto de vista de contaminación, la parte más preocupante es el nitrato lavado que puede contaminar aguas subterráneas (MAPA, 1999).

c. Contaminación por metales pesados

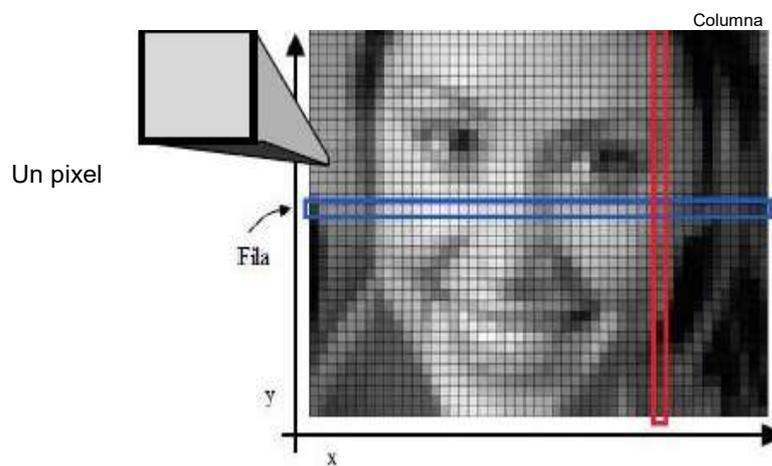
El suelo contiene pequeñas cantidades de metales pesados (manganeso, plomo, etc.) algunos de ellos esenciales para la nutrición de las plantas. Cuando hay cantidades excesivas provocan toxicidad en las plantas y una contaminación del suelo que puede durar varios años (MAPA, 1999). Estos metales pesados provienen de las siguientes fuentes:

- Aportaciones excesivas de estiércol de aves y porcino que consumen piensos con importantes contenidos de cobre y zinc.
- Aportaciones repetidas de lodos de depuradora y residuos sólidos urbanos.
- El plomo añadido a los carburantes pasa a la atmósfera y contamina las tierras próximas las grandes vías de comunicación.

2.2.5. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

El campo del procesamiento de imágenes deriva en dos áreas principalmente: mejorar la información pictórica para la percepción humana, incluyendo la impresión y transmisión y procesar los datos de una escena para la percepción autónoma por una máquina. Una imagen digital se define como una imagen descrita por la función, donde x e y son las coordenadas espaciales y f representa la intensidad de esas coordenadas. Las coordenadas espaciales se relacionan con la resolución de la imagen entre mayor sea el valor que adquieran, mayor será la resolución. También puede considerarse como una matriz cuyos índices de fila y columna identifican un punto de la imagen y el valor correspondiente al elemento de la matriz indica el nivel de color en ese punto y los elementos de esa distribución digital se conocen como píxeles (García, 2010) como se muestra en la Figura 3. La cantidad de valores empleados para describir un pixel depende de cuanta información es empleada para representar el color de tales elementos de la imagen (Barrera, 2010).

FIGURA 3.
REPRESENTACIÓN DE UNA IMAGEN DIGITAL



Fuente: García (2010)

El análisis de imágenes se aplicó con éxito para investigar la estructura de un medio poroso (Pires *et al.*, 2007), siguiendo la metodología descrita por Aguilera y Stanley (1999), se pueden convertir las micrográficas a imágenes digitales con píxeles en la escala de gris de 0 a 255 (de negro a blanco) mediante el programa computacional de procesamiento de imagen digital denominado Image J.

En las imágenes digitales, los píxeles oscuros correspondieron a las áreas ocupadas por agrupaciones de islas, mientras que los píxeles claros fueron relacionados con las áreas ocupadas por la matriz proteica (Abramoff *et al.*, 2004) Cuando las imágenes son en blanco y negro solo se requiere de una función y los valores de un pixel son 0 (negro) y 1 (blanco). En una imagen en escala de grises, permite 256 niveles de grises, donde, 0 es negro y 256 blanco. (Barrera, 2010; García, 2010).

Aguilera y Stanley (1999), explican que las imágenes fueron segmentadas transformando los píxeles grises a píxeles blancos o negros, se realizó la selección de los objetos desplegados en la imagen y las medidas más relevantes en la estructura del alimento.

a. Análisis Fractal

Un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica se repite en diferentes escalas, combinan irregularidad y estructura. El término fue propuesto por el matemático Benoit Mandelbrot en 1975. En muchos casos los fractales pueden ser generados por un proceso recursivo o iterativo, capaz de producir estructuras auto- similares independientemente de la escala específica (Laencina *et al.*, 2009).

- **Realización de una imagen fractal**

Existen varias maneras de realizar una imagen fractal, una de ellas es con la repetición constante de un cálculo simple. Las computadoras implementadas con un software adecuado pueden generar imágenes fractales repitiendo un patrón fijo (Laencina y Ortiz, 2009).

- **Dimensión fractal**

Durante las últimas décadas, varios autores han tratado de cuantificar la rugosidad de la superficie de los materiales por análisis de imagen. Un objeto fractal tiende a llenar el espacio de la superficie, y es su valor de la dimensión, no es un entero. La dimensión fractal es el contorno y la superficie (Medina *et. al.*, 2010).

- b. Pre-Procesamiento de Imágenes**

A través del pre-procesamiento, la calidad de las imágenes digitales es mejorada antes de que sean analizadas. Algunas de las técnicas empleadas en el pre-procesamiento son eliminación de ruidos de la imagen y mejora del contraste a través del filtrado digital, problemas que son causados por deficiencias en la iluminación. En esta etapa la imagen en color se convierte en una imagen en escala de grises, con el fin de mejorar la calidad de la imagen (Castleman, 1996).

- c. Segmentación de Imágenes**

La segmentación subdivide una imagen en sus partes constituyentes u objetos, con el fin de separar las partes de interés del resto de la imagen, por lo tanto el nivel al que se lleva a cabo esta subdivisión depende del problema a resolver.

En el proceso de detectar las partes en una imagen se identifican bordes de la imagen, o se segmenta está en regiones, líneas o curvas, etc. Otra definición considera a la segmentación como la clasificación de los puntos de la imagen (píxeles), indicando las clases a la que pertenecen los diferentes píxeles. Los atributos básicos de segmentación de una imagen son: la luminancia en imágenes monocromáticas, los componentes de color en imágenes en color, textura, forma, etc. (Gonzales y Woods, 1996). La intensidad de la imagen se utiliza para identificar regiones disjuntas de la imagen con el fin de separar la parte de interés del fondo. Esta imagen segmentada es una imagen binaria compuesta sólo de píxeles blanco y negro, donde "0" (negro) y "1" (blanco) significan fondo y objeto respectivamente (Morales, 2008).

Dentro de las metodologías para realizar la segmentación de una imagen, se encuentra:

- Segmentación basada en características
- Segmentación por niveles de gris
- Segmentación de imágenes en color
- Segmentación por texturas

d. Características Texturales

La textura de las materias primas cambia a menudo durante el procesado. Los cambios de textura se deben a causas muy diversas que incluyen la pérdida de agua, desnaturalización de las proteínas que da lugar a la pérdida de la capacidad de retención de agua, o a la coagulación, hidrólisis y solubilización de las proteínas. La gelatinización del almidón, la hidrólisis de las pectinas y la

disolución de las hemicelulosas causan también el ablandamiento de los tejidos (Brennan, 2008).

- **Textura de la papa.**

La textura uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad sensorial del tubérculo (Ross y Scanlon, 2004). La textura de la papa cocida está asociada con el contenido en sólidos secos, amilasa, azúcares, almidón, materias pécticas, proteínas y contenido en nitrógeno total del tubérculo (Kaur *et al.*, 2002). Siendo el almidón la sustancia predominante en la papa, las variaciones de textura durante la cocción se deben principalmente a los cambios producidos en él y en las materias pécticas. Se produce la gelatinización y retrogradación de almidón y una degradación enzimática y no enzimática de las pectinas que constituyen la pared celular.

Para caracterizar la textura existen básicamente tres formas de procesar la imagen y extraer su información como: los descriptores de frecuencia, descriptores estructurales y descriptores probabilísticos (González y Woods 2002; Cocquerez y Philipp, 1997). Históricamente, el método más común para describir la información de la textura es el enfoque estadístico, el cual incluye los métodos estadísticos de primer orden, segundo orden y órdenes más altos. Estos métodos analizan la distribución de propiedades específicas de la imagen usando el valor de sus píxeles. Particularmente, nosotros estamos interesados en el método de segundo orden porque toma en cuenta la distribución de las intensidades de los píxeles y además su posición espacial sin sacrificar mucho tiempo en los cálculos, siendo el caso de los métodos de órdenes más altos.

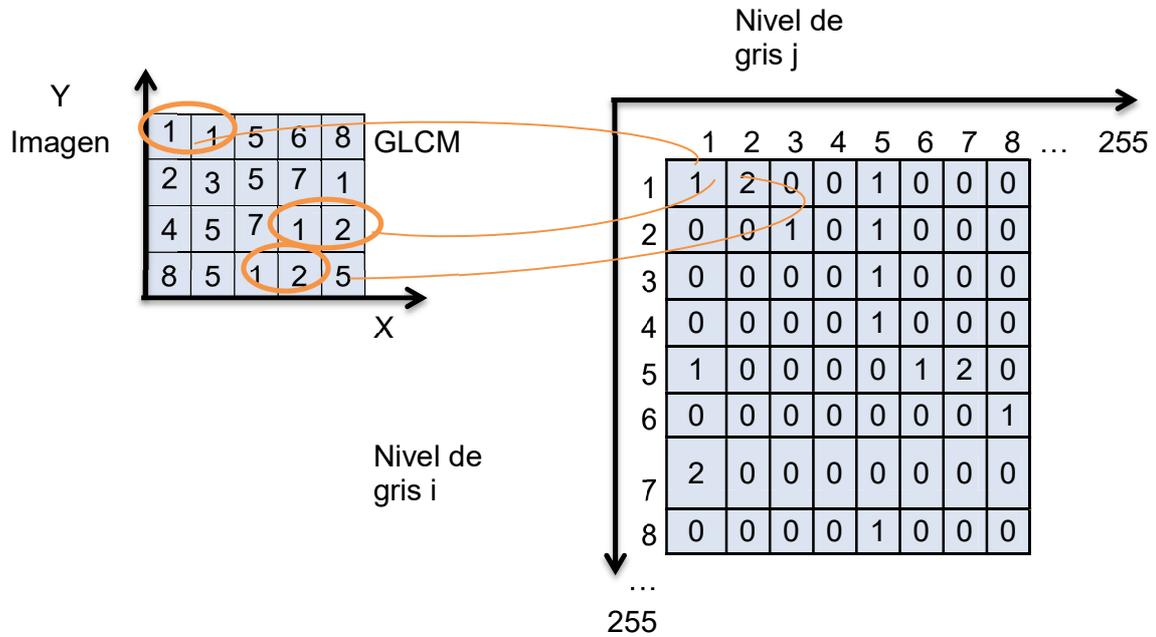
- **Matriz de Co-ocurrencia en nivel de Gris o Grey Level Co- occurrence Matrix (GLCM).**

Haralick, et al., (1973), introdujo la matriz de co-ocurrencia y características de textura para la automatización. Donde define como una matriz de frecuencias relativas, $P_{\delta}(i,j)$ en la cual dos pixeles, separados por un vector, ocurren en una imagen, el primero con una intensidad i y el segundo con una intensidad j . Esto es, el valor de la matriz de co-ocurrencia P_{δ} en la posición (i, j) indica cuantas veces j co-ocurre con el valor i en alguna relación espacial designada por el vector d , el cual es un vector de desplazamiento (dr, dc) , donde dr es un desplazamiento en filas (hacia abajo), y dc es un desplazamiento en columnas (hacia la derecha). Así, la matriz de co-ocurrencia de tipo asimétrico para una imagen en escala de grises I , está definida por:

$$P_{\delta}(i,j) = \left| \begin{array}{l} | (r, c) | \\ I(r, c) = i \\ I(r + dr, c + dc) = j \end{array} \right|$$

La dimensión de un GLCM es determinada por el máximo valor de gris de un pixel. El número de niveles de grises es un factor importante en computación de GLCM. Más niveles querrían decir más información extraída precisa del textural, con costos computacionales aumentados. La complejidad computacional de método GLCM es altamente sensible al número de niveles de grises y es proporcional a 0 (cero) (Clausi, 2002). La Figura 4 ilustra un ejemplo de GLCM, donde la distancia d es definida como l y la dirección θ es definida como 0° .

FIGURA 4.
EJEMPLO DE LA MATRIZ DE CO-OCURRENCIA DE NIVEL DE GRISES
(GLCM)



Fuente: Pérez (2010)

Por otro lado, la GLCM presenta un problema cuando el número de diferentes niveles de gris en una región R incrementa, tornándose difícil manejar la información o usarla directamente, debido a las dimensiones que tendría la matriz. Afortunadamente, la información codificada en la GLCM puede ser expresada por un conjunto de descriptores estadísticos que son relevantes para caracterizar la textura de una imagen. Estos descriptores son extraídos de $P_{\delta}(i,j)$ dan como resultado diferentes tipos de información acerca de su textura. Tales descriptores pueden ser definidos en el dominio espacial extrayéndolos directamente de la GLCM (Haralick *et al.*, 1973; Bevk y Kononenko, 2002):

- **Segundo Momento Angular o Angular Second Moment (ASM)**

Esta estadística es también llamada uniformidad. Mide la uniformidad de una imagen. Cuanto más suave es la textura, mayor valor toma el ASM. Esto detecta desorden en la textura. El ASM alcanza un máximo valor equivalente a 1. Un valor alto de ASM ocurre cuando la distribución de nivel de gris es constante o forma periódica. El ASM tiene un rango normalizado (Gadkari, 2004; Haralick *et al.*, 1973)

$$f_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{P_{\delta}(i, j)\}^2$$

- **Contraste (CT)**

Este descriptor de estadística mide la frecuencia espacial de una imagen y la diferencia de momento GLCM. Esto es la diferencia entre los valores superior e inferior de un continuo grupo de píxeles. Estas medidas suman la variación local presente en la imagen. Un pequeño contraste presente en la imagen GLCM durante la concentración acerca de la diagonal principal y características pequeñas de frecuencia espacial (Gadkari, 2004) es lo opuesto a la homogeneidad. El contraste es una medida de la diferencia entre los valores de intensidad de los píxeles vecinos (Pérez, 2010).

$$f_2 = \sum_{k=0}^{n-1} k^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{\delta}(i, j)$$
$$|i - j| = k$$

- **Momento inverso de diferencia o Inverse Difference Moment (IDM)**

Esta estadística también es llamada homogeneidad, esto mide la homogeneidad de la imagen cuando este asume valores altos por pequeños tonos de gris diferentes en un par de elementos. Esto es más sensitivo a la presencia de diagonal cerca de elementos en GLCM. Esto tiene un valor máximo cuando todos los elementos en la imagen son iguales (Gadkari, 2004)

$$f_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{1 + (i - j)^2} P_{\delta}(i, j)$$

- **Entropía (ET)**

Es un término común en termodinámica o mecánica estadística. La entropía es una medida del nivel de desorden en un sistema. Las imágenes que contienen escenas altamente homogéneas tienen una entropía asociada muy baja, mientras que las escenas heterogéneas tienen una medida de entropía muy alta (Pérez, 2010; Gadkari, 2004). La medida de entropía se obtiene de la siguiente manera:

$$f_4 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{\delta}(i, j) \log\{P_{\delta}(i, j)\}$$

Haralick (1973) , describe la textura como uno de los tres tipos fundamentales de la función utilizada por los seres humanos para distinguir las regiones en una escala de grises, los otros dos son el tono y el contexto, de estos tres tipos de función, el tono y la textura solo pueden ser evaluados automáticamente por una computador, también señala que el tono y la textura no se pueden separar



por completo en un área pequeña con grandes variaciones en el tono, la textura es la característica dominante, mientras que en una pequeña área con grandes variaciones en la textura, el tono es la propiedad dominante. En un área que consta de un solo pixel, es imposible definir la textura, el tono es la única propiedad, que puede ser definida, ya que la textura es una propiedad de las variaciones espaciales en el tono y no puede haber variación espacial dentro de un solo pixel. El tono es fácilmente definido, tanto en términos subjetivos y condiciones objetivas. La textura, por otro lado, puede ser definida fácilmente en términos subjetivos: grueso o fino, estriado o cantos rodados, y así sucesivamente, pero es muy difícil definir medidas objetivas correspondientes a estos conceptos subjetivos. En términos de texturas primitivas tonales, regiones con tonos uniformes. Los primitivos tonos tienen las propiedades de forma, tamaño y nivel de tono gris, estas propiedades de las primitivas tonales se pueden utilizar para describir la textura de manera que se pueda calcular.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en dos fases: la primera corresponde a la obtención de materia prima, para lo cual se cultivó tubérculos de papa con diferentes niveles de fertilización del suelo en el invernadero del CIP Camacani de la UNA- Puno, La parte experimental se realizó en el laboratorio de Ingeniería, sección de adquisición de imágenes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado a una altitud de 3824 m.s.n.m. en la ciudad de Puno.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

- Semilla certificada de Papa, variedad Canchán INIA, (Variedad Moderna) obtenida de la Estación Experimental del INIA- Huancayo
- Semilla certificada de Papa, Variedad Imilla Negra. (Variedad Nativa) Obtenida de la Estación Experimental del INIA. Puno.

- Fertilizantes sintéticos :
 - Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$: *Ley 46% de Nitrogeno (N).
 - Superfosfato triple de calcio $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$: *Ley 46% de P_2O_5 .
 - Cloruro de Potasio KCl : *Ley 60% de K_2O .

*Ley: Expresa el contenido del nutriente en 100 kg de fertilizante.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

- Cocina eléctrica Ohaus con conexión eléctrica a la red de 220V.
- Olla de cocción y fritura.
- Recipientes para lavado, pinzas, tabla para cortar y cuchillos.

3.3.2. Equipos

- Cámara fotográfica digital: D7000 4F – S DX con objetivo micro Nikkor 40 mm marca Nikon
- Computador Intel (R) Core (TM) i7-2600 CPU @ 3,40 GHz.
- Sistema de iluminación. (LEDs ALGU103WCW de 3,1W 220V).
- Soportes y conexión eléctrica a la red de 220V.
- Soporte para la cámara.
- Calibre digital de 6" (150 mm) marca Stanley.

3.3.3. Infraestructura

- Invernadero acondicionado a temperatura ambiente de entre 18 a 23°C.

3.3.4. Software

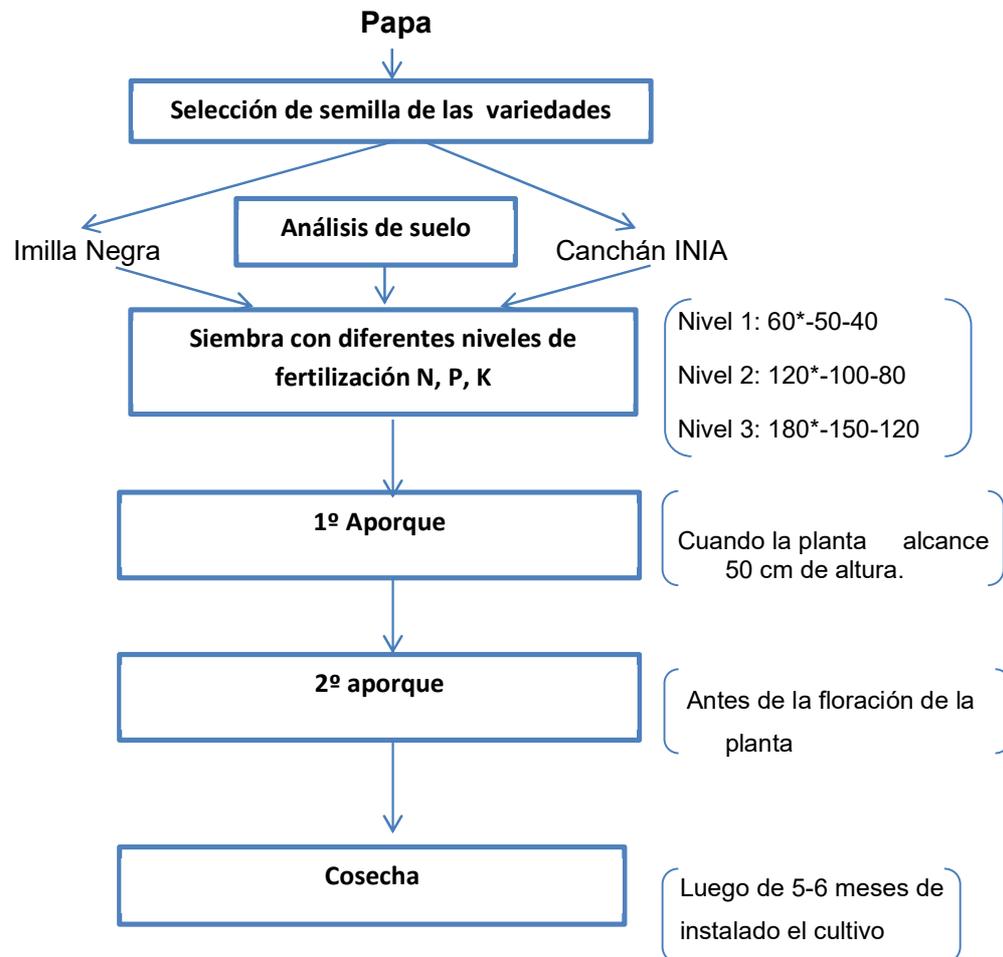
- Software Matlab, (The Language of Technical Computing) versión 9.0 para el procesamiento de los datos obtenidos en las características de textura.
- Software SAS, para el procesamiento de datos obtenidos sobre niveles de absorción de macronutrientes en las papas.
- Software Minitab 16.2.2 (Análisis Estadístico) para el procesamiento de datos obtenidos en la evaluación sensorial.
- Camera Control Pro 2 versión 2.8.001.
- Sigma Plot 12.0 (Exact Graphs and Data Analysis).

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

Para cumplir con los objetivos planteados, se adoptó la metodología experimental planteada en la Figura 5 para la obtención de los tubérculos a ser analizados.

FIGURA. 5.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL SEGUIDA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS
TUBÉRCULOS A SER ANALIZADOS



Fuente: Elaboración Propia

*El nitrógeno se agregó en razón del 50% en la siembra y el otro 50% durante el primer aporque.

3.4.1. Instalación del cultivo y fertilización.

La instalación del cultivo se realizó en tres surcos por Tratamiento o nivel de fertilización, de cuatro metros de largo por dos de ancho por cada tratamiento,

haciendo un total de 8m^2 por Tratamiento (de los mismos se extrajo la repeticiones necesarias para la toma de imágenes), en un invernadero del cual se hizo el análisis inicial del suelo cuyos resultados se aprecian en el Anexo XIII, para tomar en cuenta la cantidad de macronutrientes con el que contaba ese suelo antes del inicio del experimento.

Se estimó las necesidades de fertilización para el cultivo de papa (Anexo I), mediante el conocimiento de las cantidades extraídas por el cultivo (Egúsqiza, 2000).

- **Niveles de fertilización:**

Se tomó los niveles recomendados por el INIA (Instituto de investigación agraria- Puno) para cultivo de papa, utilizado actualmente, variando para el nivel inferior y superior en 50% del nivel recomendado, como se aprecia en el Cuadro 5.

CUADRO 5.

NIVELES DE FERTILIZACIÓN APLICADOS EN EL CULTIVO ($\text{kg} \cdot \text{há}^{-1}$)

Tratamientos	Nutriente		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T0 (Sin adición de fertilizante)	0	0	0
T1	60	50	40
T2 (recomendado)	120	100	80
T3	180	150	120

Fuente: Elaboración propia

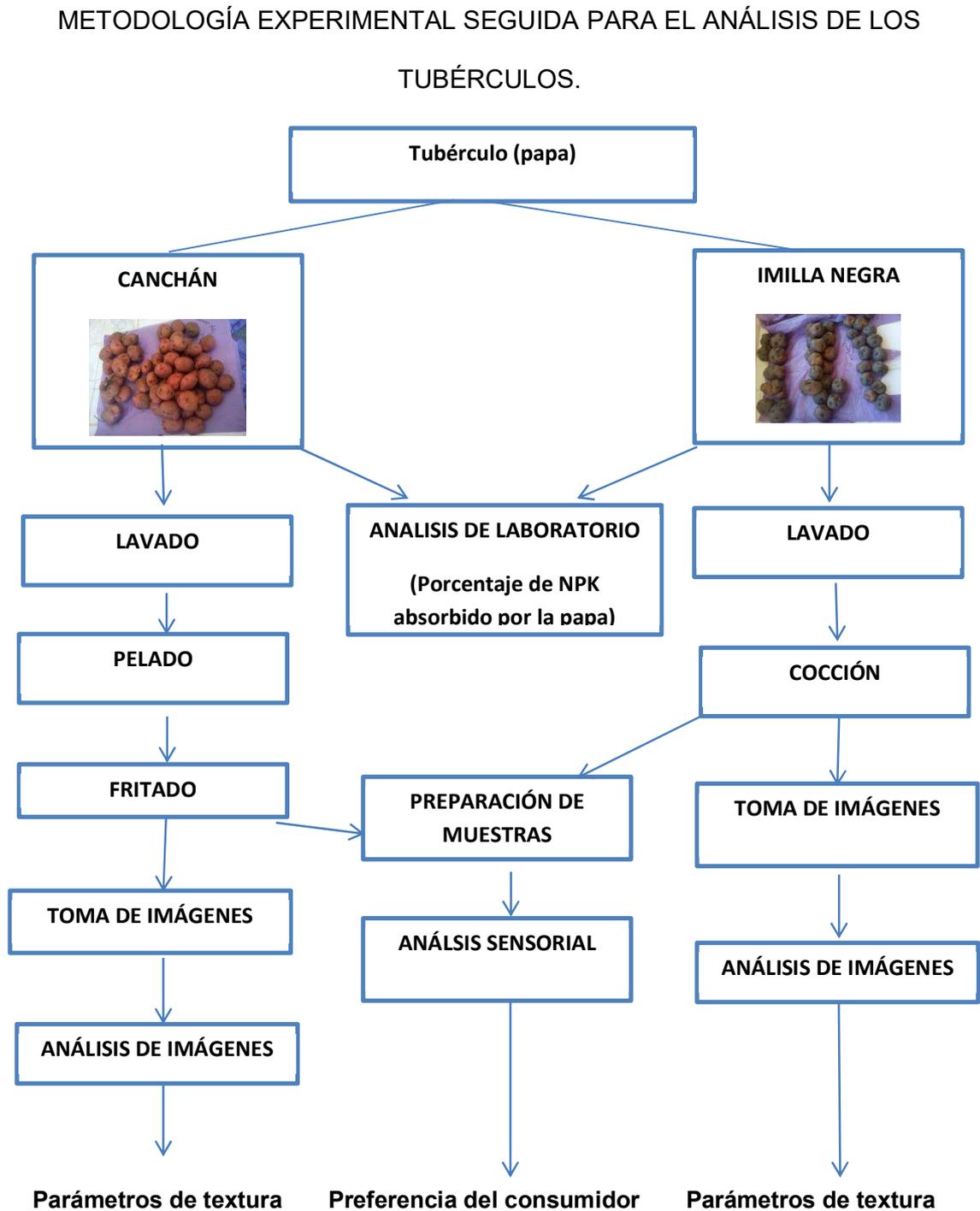
- **Acondicionamiento de temperatura de invernadero y frecuencia de Riego para los cultivos:**

Con la intención de disminuir algunos factores adversos al trabajo de investigación como los cambios climáticos (lluvias heladas o sequía), se controló la temperatura dentro del invernadero, las cuales oscilaron entre 18 a 23°C, la frecuencia de riego para los cultivos se hizo cada 4 días y la cantidad de agua a capacidad de campo.

3.4.2. Análisis del producto

Se evaluó la cantidad de macronutrientes absorbidos por la papa mediante análisis de laboratorio, la preferencia del consumidor por alguno de los tratamientos a través del Test de Friedman y los parámetros de textura mediante análisis de imágenes bajo la metodología que se muestra en la Figura 6.

FIGURA 6.



Fuente: Elaboración Propia

Para lograr los objetivos específicos propuestos el producto (papa) se evaluó en tres etapas:

1. **Porcentaje de macronutrientes absorbidos.** La determinación del porcentaje de macronutrientes absorbidos: Nitrógeno (N), Fósforo (P), y Potasio (K), por la papa se realizó en Laboratorio de Aguas y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno, bajo las metodologías descritas por la AOAC (Association of Official Analytical Chemist. 1993) para la cuantificación de estos componentes en los alimentos a través de los Métodos Oficiales de Análisis (OMA).

2. **Análisis sensorial.** El análisis sensorial de los tratamientos se realizó con pruebas orientadas al consumidor, para caracterizar sensorialmente y resaltando el atributo de textura, las preferencias de los panelistas por alguno de los tratamientos a los que se sometió el producto.

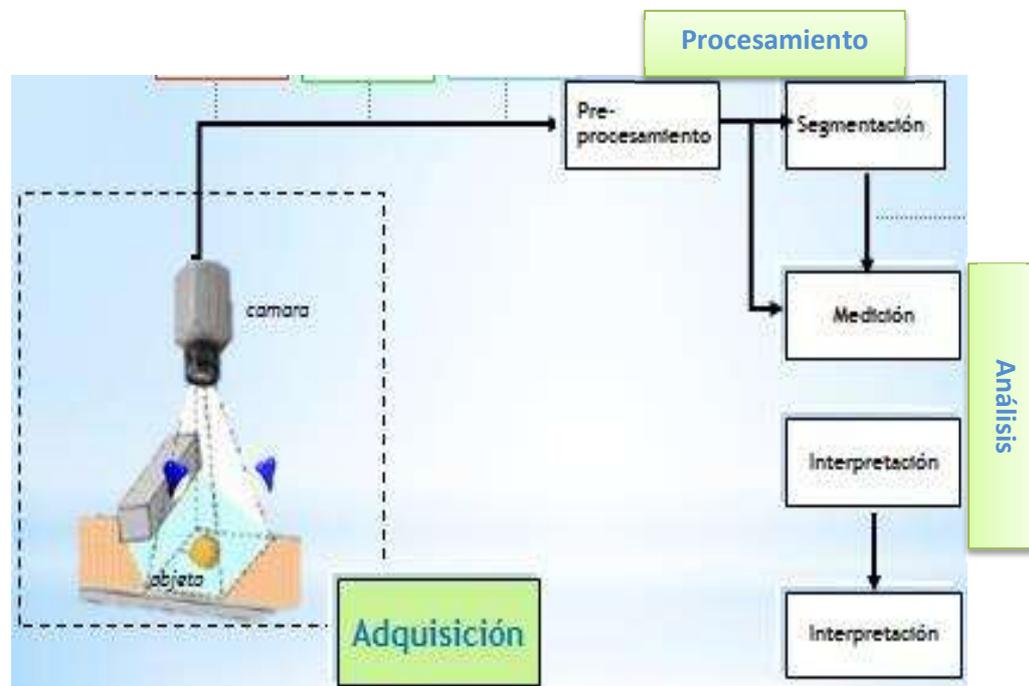
3. **Evaluación del cambio de la textura.** La evaluación del cambio de textura de los tubérculos durante los procesos de cocción y fritura se llevó a cabo bajo la metodología descrita a continuación:

Análisis digital de imágenes: Las características de la papa de la variedad Canchán se analizaron en estado natural y luego de ser tratado térmicamente por fritura por lapsos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 minutos, tiempo estimado en el cual el centro del producto alcanza la temperatura de tratamiento térmico y del cual se detalla el cambio en las características de textura de la papa a través del tiempo. La variedad Imilla Negra se analizó por imágenes, en estado natural y

luego de tratarla térmicamente por cocción por lapsos de 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 minutos. Tomándose en cuenta estas consideraciones para cada uno de los niveles de fertilización con los cuales se cultivó la papa y tres repeticiones por cada nivel de fertilización.

a. **Sistema de adquisición de imágenes y características a evaluar:** En la Figura 7 se presenta el esquema de la metodología para la adquisición y procesamiento y análisis de imágenes

FIGURA 7.
METODOLOGÍA PARA LA ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS
DE IMÁGENES



Fuente: Elaboración propia.

Se instaló un sistema de adquisición de imágenes digitales para el cual se hizo uso de cámara digital (marca Nikon). La cámara fue montada con un lente de video telecéntrico (55mm F2.8 Edmund optics, NJ, USA) con un convertidor 2x a un soporte de fácil movimiento #SK-200 y un apoyo estable. Para la toma de imágenes se hizo uso de un anillo de luz LED, que fue colocado alrededor del sistema del lente que se utilizó como fuente de iluminación. Para la vista lateral, con el fin de obtener iluminación uniforme a este sistema se le instaló un ordenador personal en el cual se instalaron los Software (Matlab 9.0.1, ImageJ, ImageJ pro-plus 4.0, un convertidor de imagen a formato TIFF), que se utilizó durante la experimentación (Medina et. al., 2010).

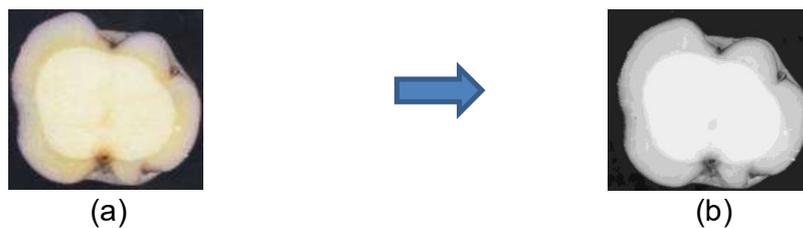
b. Textura: GLCM (Grey-level co-occurrence matrix). La textura de la papa depende del nivel de fertilización del suelo de cultivo y del propósito al que se destina el producto. La construcción de la co-ocurrencia de matrices son los cálculos de las propiedades estadísticas de estas matrices. La optimización de este cálculo comenzó por asegurar según el orden en que los datos fueron procesados por medio del software Image pro-plus 4.0, reduciendo el número de errores, aprovechando algunas propiedades inherentes de la matriz de co-ocurrencia para limitar el número de veces de los datos que se registran en el software, mientras se obtenga la imagen con más profundidad y con más pixel es más fácil la obtención de textura por un medio computacional (Miyamoto and Merryman, 2011; Haralick, 1973).

c. Determinación de los descriptores estadísticos de textura. La metodología utilizada para determinar los descriptores estadísticos de textura, se basó en el trabajo de Haralick *et al.*, (1973) donde las imágenes son

convertidas a escala de grises con la función $I=rgb2gray$ en una rutina desarrollada en una hoja script (MATLAB) y de ahí se va armando GLCM (Grey Level Co- ocurrence Matrix) de donde se obtienen las características que describen la textura tales como: ASM (Angular Second Moment), CT (Contrast), IDM (Inverse Different Moment) y ET (Entropy). La Figura 8 indica el esquema seguido en el presente trabajo de investigación.

FIGURA 8.

PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN LA DETERMINACIÓN DE LOS DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS DE TEXTURA: (A) IMAGEN ORIGINAL, (B) ÁREA EN ESCALA DE GRISES.



Fuente: Elaboración propia.

3.5. UNIDADES DE ANÁLISIS Y OBSERVACIONES

3.5.1. Variables de estudio

a. Variedades de papa

- Variedad Canchán (V1)
- Variedad Imilla Negra (V2)

b. Niveles de fertilización del suelo

- T0 (Sin adición de fertilizante)
- T1 (60 N 50 P₂O₅ 40 K₂O)
- T2 (120 N 100 P₂O₅ 80 K₂O)
- T3 (180 N 150 P₂O₅ 120 K₂O)

c. Tiempos de fritura o cocción

- 0,1,2,3,4,5,6,7 minutos de fritura para la variedad Canchán
- 0,5,10,15,20,25,30,35 minutos de cocimiento para la variedad Imilla Negra

3.5.2. Variables de respuesta e indicadores

a. Porcentaje de macronutrientes absorbidos por el tubérculo.

- Porcentaje de Nitrógeno absorbido
- Porcentaje de Fósforo absorbido
- Porcentaje de Potasio

b. Características sensoriales

- Suavidad
- Dureza
- Crocantéz

c. Características texturales.

- Segundo Momento Angular (ASM)
- Contraste (CT)
- Momento Inverso de Diferencia (IDM)
- Entropía (ET)

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para el análisis estadístico se tomó en cuenta la distribución de las unidades y subunidades experimentales de acuerdo al Cuadro 6.

CUADRO 6.

DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES Y SUBUNIDADES EXPERIMENTALES.

Rep.	Variedad 1				Variedad 2			
	Testigo	T1	T2	T2	Testigo	T1	T2	T3
r1								
r2								
r3								

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1. Para el primer objetivo, Determinación del porcentaje de macronutrientes absorbidos por la papa: Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA) con arreglo factorial, con igual número de sub-unidades por unidad experimental.

En este diseño el valor de cada unidad experimental Y_{ijk} se aplica según el siguiente modelo lineal (Ibáñez, 2009):

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

} $i = 1, 2, \dots, t$
} $j = 1, 2, \dots, r$
} $k = 1, 2, \dots, s$

Dónde:

Y_{ijk} = Es la variable respuesta de la k-ésima muestra (sub-unidad) de la la j-ésima unidad experimental sujeto al i-ésimo tratamiento.

τ_i = Es el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento

μ = Es la media general poblacional o constante común.

ε_{ij} = Efecto verdadero de la j-ésima unidad experimental, sujeta al i-ésimo tratamiento.

δ_{ijk} = Es el verdadero efecto aleatorio del error maestral en la k-ésima sub-unidad, de la j-ésima unidad experimental sujeta al i-ésimo tratamiento.

En los casos que la fuente de variación resultó significativo se efectuó la prueba de significación de rango múltiple de Duncan ($\alpha = 5$)

3.6.2. Para el segundo objetivo, las pruebas sensoriales: test de Friedman: Este contraste está diseñado para comprobar si n elementos, elegidos aleatoriamente muestran diferencias cuando se les somete a k tratamientos siendo el estadístico de contraste (Ureña, 1999):

$$S = \frac{12}{nk(k+1)} \Sigma R_1^2 - 3n(k+1)$$

Dónde: n= número de Jueces

K=número de Tratamientos

El estadístico que se aplicará en este caso es la prueba de significancia de Chi-cuadrado, para comparar si existen diferencias significativas entre las unidades experimentales.

3.6.3. Para el tercer objetivo, análisis de imágenes: Diseño irrestrictamente al azar (DIA), con igual número de subunidades por unidad experimental: El modelo estadístico se presenta en el punto 2.6.1.

En los casos que la fuente de variación resultó significativo se efectuó la prueba de significación de rango múltiple de Duncan ($\alpha = 5$)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Del primer objetivo: Cantidad de macronutrientes (N, P, K) absorbidos por la papa.

Mediante el Software SAS V.8 se analizaron los datos obtenidos en laboratorio respecto al porcentaje de macronutrientes absorbidos por la papa, cultivados en suelos con diferentes niveles de fertilización, obteniendo los siguientes resultados:

4.1.1. Absorción de Nitrógeno. En el Anexo II se muestra el porcentaje de Nitrógeno encontrado en las dos variedades de papa, los resultados fueron obtenidos en laboratorio utilizando la metodología AOAC (1993), para la determinación de Nitrógeno en alimentos

Mediante un análisis de varianza (Cuadro 7), se pudo determinar la variación existente entre la absorción de Nitrógeno respecto al nivel de fertilización del suelo, del cual se puede apreciar que, la variable A (variedad de papa) se comporta igual respecto al contenido de Nitrógeno, la variable B que corresponde a los tratamientos presenta una variabilidad altamente significativa, por lo que se puede inferir que la absorción de Nitrógeno en el

tubérculo se ha visto directamente influenciada por el nivel de fertilización en el Suelo, siendo el Tratamiento3 para la variedad Canchán y el Tratamiento 2 para la variedad Imilla Negra, los tratamientos que presentaron mayor incorporación de Nitrógeno en el tubérculo, (Anexo II).

CUADRO 7.

ANVA PARA LA ABSORCIÓN DE NITRÓGENO

F de V	GL	SC	CM	Fc	Signific.
Variedad de papa (A)	1	0.00000417	0.00000417	0.8954	ns
Tratamiento(B)	3	0.00471250	0.00157083	0.0038	**
A*B	3	0.00184583	0.00061528	0.0852	ns
Error	16	0.00373333	0.00023333		
Total	23	0.01029583			

C.V= 4.35 %

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 8.

PRUEBA DE DUNCAN PARA ABSORCIÓN DE NITRÓGENO

Promedio	N	B	
0.363333	6	4	a
0.361667	6	3	a
0.348333	6	1	b
0.328333	6	2	b

Fuente: Elaboración propia.

Según la prueba de Duncan, (Cuadro 8) las tres primeras interacciones tienen un comportamiento similar entre los promedios de los niveles de fertilización, El

T1 de la variedad Imilla Negra, con un promedio de 0.328333 es el que menos porcentaje (%) de nitrógeno ha incorporado, el T0 de la Variedad Imilla Negra puede haber absorbido fertilizante del suelo y no del fertilizante incorporado. De acuerdo a Anderson (1994), Las plantas pueden absorber nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). Cuando a una planta ingresa nitrógeno en forma de nitrato este debe ser transformado en amonio, en un proceso costoso energéticamente, siendo principales funciones del nitrógeno: Componente esencial de los aminoácidos que forman las proteínas, necesario para la síntesis de clorofila y componente de vitaminas y sistemas energéticos, además de ser constituyente de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas hexoaminas., la elevada disponibilidad del nitrógeno puede prolongar el crecimiento vegetativo, retrasar el inicio de la tuberización y reducir el rendimiento y el porcentaje de materia seca de los tubérculos (Saluzzo et al., 1999). Los porcentajes de Nitrógeno absorbidos por los tubérculos del experimento, se mantienen dentro del rango establecido (Cuadro 1), lo que conduciría a afirmar que los tubérculos asimilaron e incorporaron el nitrógeno en la cantidad necesaria de acuerdo al nivel de fertilización del suelo.

4.1.2. Absorción de Fósforo. En el Anexo III, se muestra la cantidad de Fósforo (mg/100g) encontrada en las dos variedades de papa, los resultados fueron obtenidos en laboratorio utilizando la metodología AOAC (1993), para la determinación de Fósforo en alimentos. Mediante un análisis de varianza (ANVA) se pudo determinar la variación existente entre la absorción de Fósforo respecto al nivel de fertilización del suelo, los resultados se presentan

en el Cuadro 9 del cual, se puede apreciar que las variables: variedad de papa, nivel de fertilización del suelo y su interacción presentan una respuesta estadística altamente significativa, lo que quiere decir que la absorción de fósforo en el tubérculo se ha visto directamente influenciada por la variedad de papa y por el nivel de fertilización en el suelo, siendo el Tratamiento2 para la variedad Canchán y el Tratamiento3 para la variedad Imilla Negra, los tratamientos que presentaron mayor incorporación de fósforo en el tubérculo.

Según los datos reportados por la FAO, la cantidad de fósforo presente en promedio en los tubérculos de papa es de 42 mg/100 g, por lo se puede afirmar que la incorporación de éste nutriente tiene efecto también en la cantidad absorbida por el tubérculo afectando directamente su composición química, ya que el fósforo cumple funciones como hacer parte de los fosfolípidos y las nucleoproteínas, activación y aceleración de la floración y la fructificación, intervención en el desarrollo y crecimiento de raíces y tejidos meristemáticos, esencialidad en la división y crecimiento celular, participación activa en el almacenamiento y transferencia de energía (ATP, NADP), intervención en la fotosíntesis, la respiración, la síntesis y descomposición de los carbohidratos, las proteínas y las grasas, así como funciones hereditarias al estar involucrado en la transferencia genética de una generación a otra.

CUADRO 9.

ANVA PARA LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO

F de V	GL	SC	CM	Fc	Signific.
Variedad de papa (A)	1	88.1666667	88.1666667	<.0001	**
Tratamiento(B)	3	145.6666667	48.5555556	<.0001	**
A*B	3	26.8333333	8.9444444	0.0021	**
Error	16	18.6666667	1.1666667		
Total	23	279.3333333			

C.V.=. 2.50 %

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 10.

PRUEBA DE DUNCAN PARA ABSORCIÓN DE FÓSFORO.

Promedio	N	B	
45.3333	6	3	a
44.5000	6	4	ba
43.8333	6	2	b
39.0000	6	1	c

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de Duncan (Cuadro 10), el T2 que corresponde a la Variedad Imilla Negra con un promedio de 45.3333 es la que más cantidad de fósforo ha incorporado a los tubérculos, como se puede apreciar en la Figura 5 y el T3 para ambas variedades, ocupa el segundo lugar en la cantidad de fósforo incorporado a los tubérculos (Figura 10). Como la interacción entre variedad de

papa y Tratamiento resulta altamente significativa es necesario graficar un diagrama de perfil (Figura 9) y un diagrama de los efectos simples (Figura 10) en el cual se aprecia cómo han interactuado las variables: variedad de papa y nivel de fertilización del suelo, con base en la suma de los totales de cada Tratamiento presentados en el Cuadro 11.

CUADRO 11.

CANTIDAD TOTAL DE FÓSFORO ABSORBIDA POR CADA VARIEDAD DE
PAPA.

VARIEDAD TRATAMIENTO	Canchán (mg/100g)	Imilla (mg/100g)
T0(sin fertilizante)	115	119
T1(60N; 50P; 40K)	125	138
T2(120N; 100P; 80K)	132	140
T3(180N; 150P; 120K)	123	144

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 9.

DIAGRAMA DE PERFIL PARA LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO

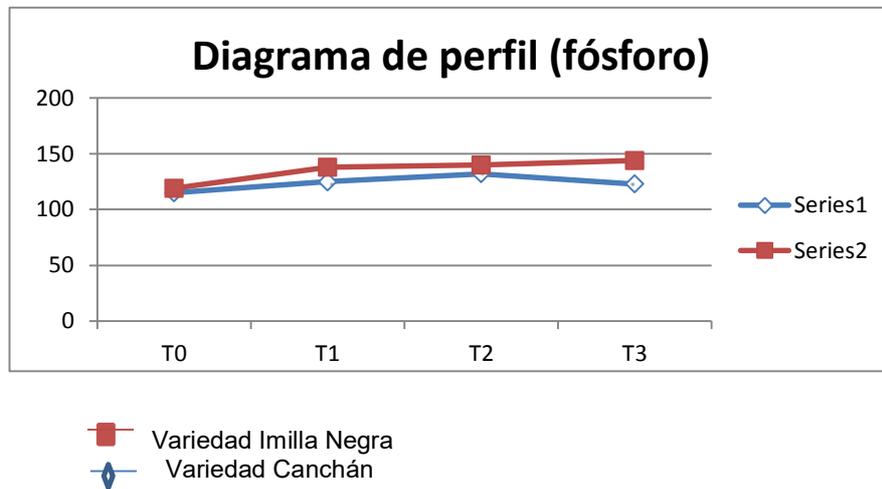
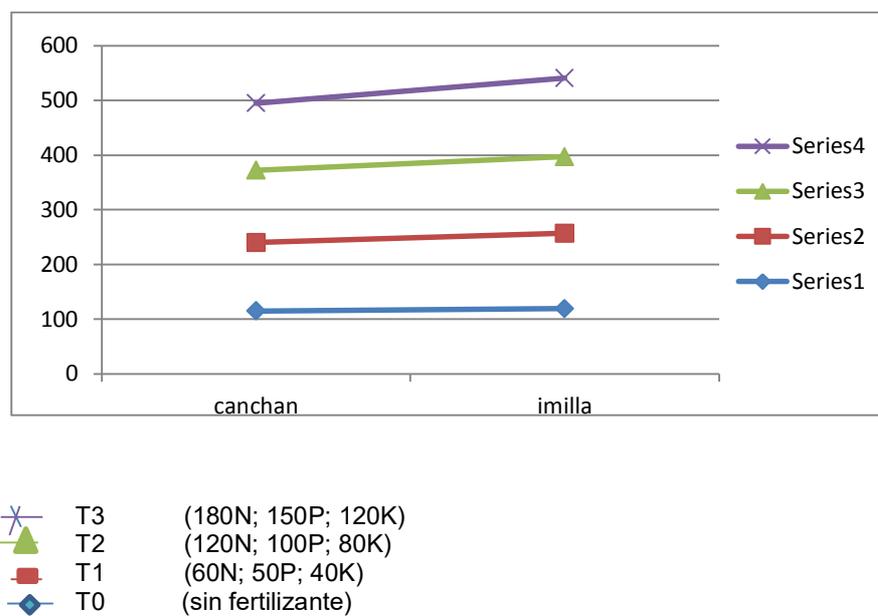


FIGURA 10.

EFFECTOS SIMPLES DE LA CANTIDAD DE FÓSFORO ABSORBIDO POR LAS PAPAS DE ACUERDO A LA VARIEDAD.



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Absorción de Potasio. En el Anexo IV se muestra el porcentaje de Potasio encontrado en las dos variedades de papa, los resultados fueron obtenidos en laboratorio utilizando la metodología AOAC (1993), para la determinación de Potasio en alimentos.

Mediante un análisis de varianza (ANVA) se pudo determinar la variación existente entre la absorción de Fósforo respecto al nivel de fertilización del suelo, los resultados se presentan en el Anexo IV, y como se puede apreciar la variable variedad de papa, presenta una variabilidad altamente significativa, lo que quiere decir que la absorción de Potasio en el tubérculo se ha visto directamente influenciada por la variedad de papa, siendo el Tratamiento3 para ambas variedades los tratamientos que presentaron mayor incorporación de Potasio en el tubérculo, como se puede apreciar en el Cuadro 12.

CUADRO 12.

ANVA PARA LA ABSORCIÓN DE POTASIO

F de V	GL	SC	CM	Fc	Signific.
Variedad de papa (A)	1	11008.16667	11008.16667	<.0001	**
Tratamiento(B)	3	2810.16667	936.72222	0.0824	n.s.
A*B	3	913.50000	304.50000	0.4775	n.s.
Error	16	5606.00000	350.37500		
Total	23	20337.83333			

C.V= 4.62%

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 13.

PRUEBA DE DUNCAN PARA ABSORCIÓN DE POTASIO

Promedio	N	B	
422.50	6	4	a
405.00	6	2	ba
397.33	6	3	b
394.83	6	1	b

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de Duncan (Cuadro 13), se puede apreciar que la variedad Imilla Negra, presenta mayor cantidad de absorción de Potasio siendo T3 el que mayor cantidad de Potasio ha incorporado a los tubérculos sin embargo, la cantidad de Potasio presente en las papas de experimento no superan la cantidad promedio establecida por la FAO, El Potasio es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción de las mismas, es considerado como el "nutriente de calidad". El Potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la planta y a otras medidas atribuidas a la calidad del producto, por lo que se podría afirmar que el nivel de fertilización del suelo con Potasio no influye en el incremento de la absorción en de éste nutriente en el tubérculo.

4.2. Del segundo objetivo: Análisis de textura de la papa mediante pruebas orientadas al consumidor.

En los Cuadros 14 a 19 se muestran los resultados de las pruebas orientadas al consumidor, analizados por el Test de Friedman, según tres características organolépticas (Suavidad, Dureza, crocantéz) que definen textura de los alimentos en pruebas sensoriales, el test aplicado y la tabulación de datos se muestra en los Anexos XVI y XVII

CUADRO 14.

TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE SUAVIDAD DE PAPA VARIEDAD CANCHÁN

TRAT.	Nro. MUESTRAS	MEDIA	SUMA DE RANGOS
T0 (sin fertilizante)	30	3.3125	88.0
T1 (60N; 50P; 40K)	30	3.3125	88.0
T2 (120N; 100P; 80K)	30	2.6875	68.5
T3 (180N; 150P; 120K)	30	2.4375	55.5

S=18.93

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 14 podemos apreciar que la suma de rangos asignados a los tratamientos T0 (sin fertilizante) y el Tratamiento T1 (nivel mínimo de fertilización), son los mismos, esto quiere decir que los panelistas no distinguieron notablemente la suavidad del alimento cuando compararon estos tratamientos, sin embargo, mientras el nivel de fertilización del suelo aumenta

la suavidad de la papa (variedad Canchán) disminuye indicando una relación inversamente proporcional, entre estos dos factores.

CUADRO 15.

TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE DUREZA DE PAPA
VARIEDAD CANCHÁN

TRAT.	Nro. MUESTRAS	MEDIA	SUMA DE RANGOS
T0 (sin fertilizante)	30	1.688	44.5
T1 (60N; 50P; 40K)	30	2.188	61.5
T2 (120N; 100P; 80K)	30	2.813	89.5
T3 (180N; 150P; 120K)	30	3.563	104.5

S=52.84

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro 15 se puede indicar que a mayor nivel de fertilización del suelo, mayor es el grado de dureza percibido por los panelistas existiendo una amplia diferencia entre el nivel más bajo y el nivel más alto de fertilización, precisando entonces que en la variedad Canchán el nivel de fertilización del suelo afecta de forma drástica al comportamiento textural de la papa, especialmente en el atributo de dureza.

CUADRO 16.

TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE CROCANTÉZ DE
PAPA VARIEDAD CANCHÁN

TRAT.	Nro. DE MUESTRAS	MEDIA	SUMA DE RANGOS
T0 (sin fertilizante)	30	2.0000	47.5
T1 (60N; 50P; 40K)	30	2.0000	57.0
T2(120N; 100P; 80K)	30	3.0000	89.5
T3(180N; 150P; 120K)	30	3.0000	106.0

$$S = 56.52$$

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 16, se puede apreciar el amplio rango de diferencia que existe entre el nivel de fertilización del suelo y la calificación de los panelistas en el atributo crocantéz, siendo este atributo uno de los más importantes para calificar papas fritas (Ureña, 1999), los resultados presuntamente indicarían que a mayor nivel de fertilización del suelo, la papa de la variedad Canchán presenta mejores características de crocantéz cuando el alimento es sometido a fritura, sin embargo en los reportes presentados por los panelistas, se recogió algunas observaciones en las que se indicaban que algunas de las papas del código T3 (mayor nivel de fertilización del suelo) más que crocantéz, presentaban mayor dureza en la parte central de la muestra, aparentemente porque no alcanzó el completo fritado en esa zona, razón por la cual se puede presumir que un mayor nivel de fertilización del suelo afecta de manera

significativa a las características texturales del alimento especialmente en los atributos sensoriales de crocantéz y dureza.

CUADRO 17.

TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE SUAVIDAD DE PAPA
VARIEDAD IMILLA NEGRA

TRAT.	Nro. DE MUESTRAS	MEDIA	SUMA DE RANGOS
T0 (sin fertilizante)	30	3.0000	91.0
T1 (60N; 50P; 40K)	30	3.0000	76.5
T2 (120N; 100P; 80K)	30	3.0000	67.5
T3 (180N; 150P; 120K)	30	3.0000	65.0

$$S = 13.82$$

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro17 se puede observar que los valores asignados al Tratamientocero (sin fertilizante), son los mayores respecto al atributo de suavidad, y el menor valor asignado corresponde al Tratamiento3 (El mayor nivel de fertilización), entonces existe una relación inversa entre la suavidad de las papas de la variedad Imilla Negra con respecto al nivel de fertilización, considerando que la suavidad como atributo sensorial es la respuesta que ofrece el alimento al ser deformado, (Ureña,1999) , mientras mayor sea el valor de suavidad, mayor será la facilidad a la deformación que presente el producto, entonces a mayor

nivel de fertilización del suelo, menor es la suavidad que presenta la papa de la variedad Imilla Negra.

CUADRO18.

TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE DUREZA DE PAPA
VARIEDAD IMILLA NEGRA

TRAT.	NRO. DE MUESTRAS	MEDIA	SUMA DE RANGOS
T0 (sin fertilizante)	30	1.5000	51.5
T1 (60N; 50P; 40K)	30	2.5000	80.0
T2 (120N; 100P; 80K)	30	2.5000	81.5
T3 (180N; 150P; 120K)	30	2.5000	87.0

$$S = 20.45$$

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 18 se aprecia que a medida que el nivel de fertilización aumenta, también lo hace los valores de dureza, considerando que el atributo de dureza, se define como la resistencia que ofrece el alimento a ser deformado (Ureña, 1999), se tiene entonces que existe una relación directa entre el nivel de fertilización del suelo y el atributo de dureza.

CUADRO 19.

TEST DE FRIEDMAN PARA LA CARACTERÍSTICA DE CROCANTÉZ DE
PAPA VARIEDAD IMILLA NEGRA

TRAT.	Nro. DE MUESTRAS	MEDIA	SUMA DE RANGOS
T0 (sin fertilizante)	30	2.0000	58.0
T1 (60N; 50P; 40K)	30	2.1250	66.0
T2 (120N; 100P; 80K)	30	2.3750	81.5
T3 (180N; 150P; 120K)	30	3.0000	94.5

S=20.06

Fuente: Elaboración propia

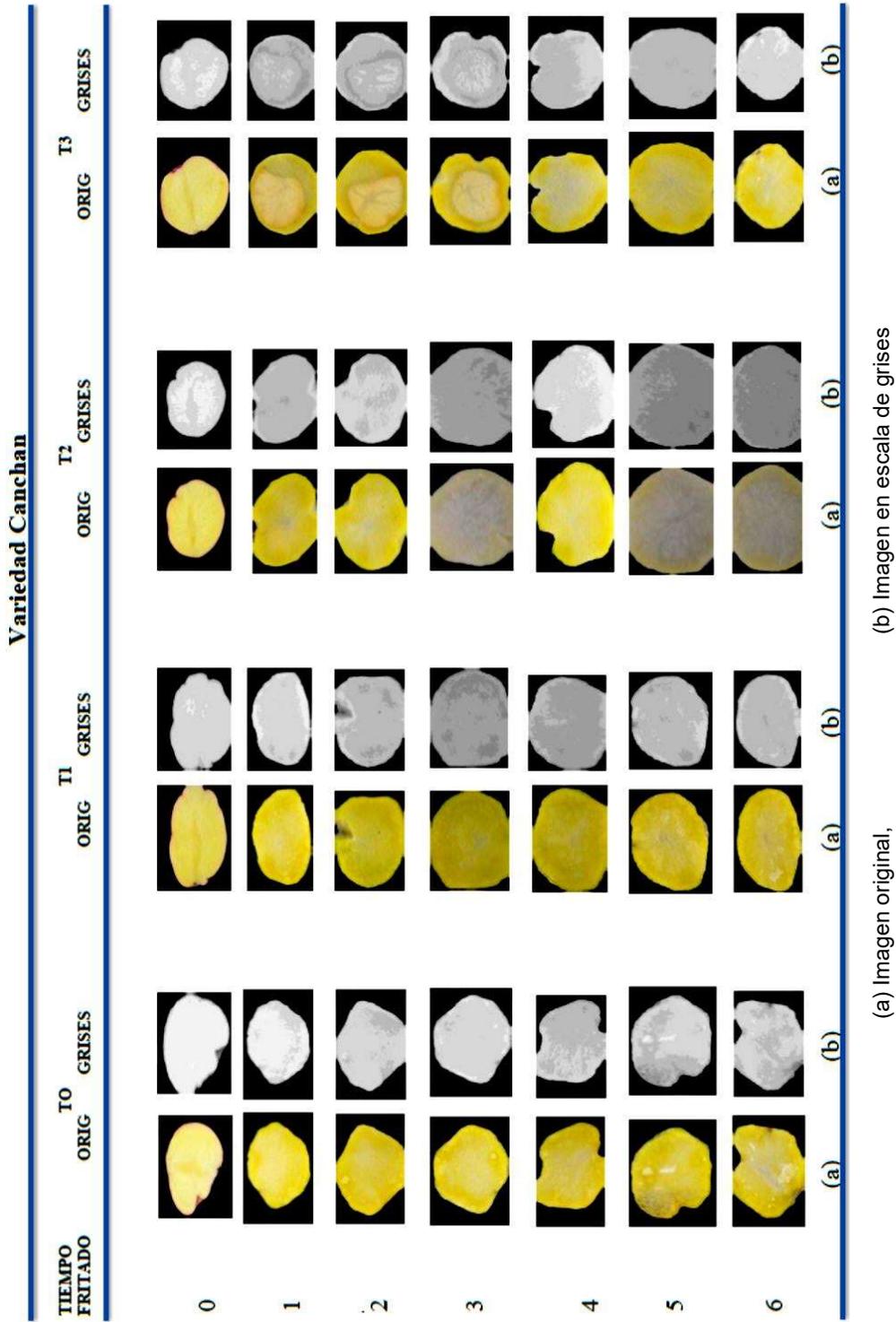
En el Cuadro19 se aprecia la relación directa entre el nivel de fertilización del suelo y la crocantéz que presenta la papa cocida de la variedad Imilla Negra, considerando que la crocantéz es una característica usada para calificar papas fritas, (Ureña, 1999), definitivamente un mayor grado de crocantéz en papas cocidas no será bien apreciado por los consumidores ya que se relacionará también con la dureza que pueda presentar el alimento y en este caso un mayor nivel de fertilización del suelo conduce a un mayor grado de crocantéz de la papa.



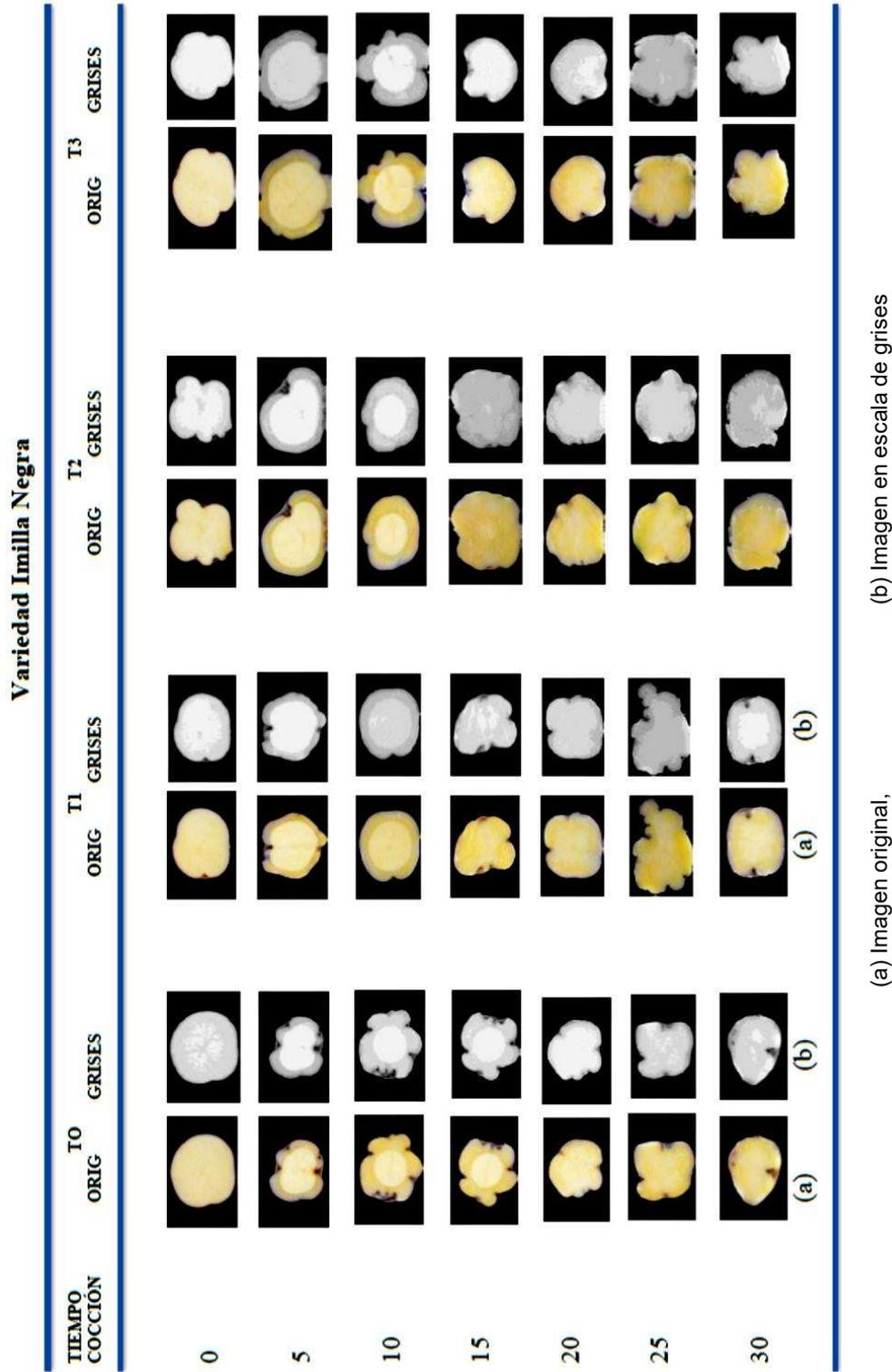
4.3. Del tercer objetivo: Análisis de textura de la papa mediante imágenes

Los cambios en las características de textura a consecuencia del frito o la cocción de las papas se presenta en las Figuras 11 y 12; para su evaluación a través del Segundo Momento Angular (ASM), Contraste (CT), Momento Inverso de Diferencia (IDM) y Entropía (ET) como descriptores estadísticos de textura.

FIGURA 11.
VARIACIÓN DE TEXTURA DURANTE LOS DIFERENTES TIEMPOS DE FRITADO



FIRGURA 12.
VARIACIÓN DE TEXTURA DURANTE LOS DIFERENTES TIEMPOS DE COCCIÓN

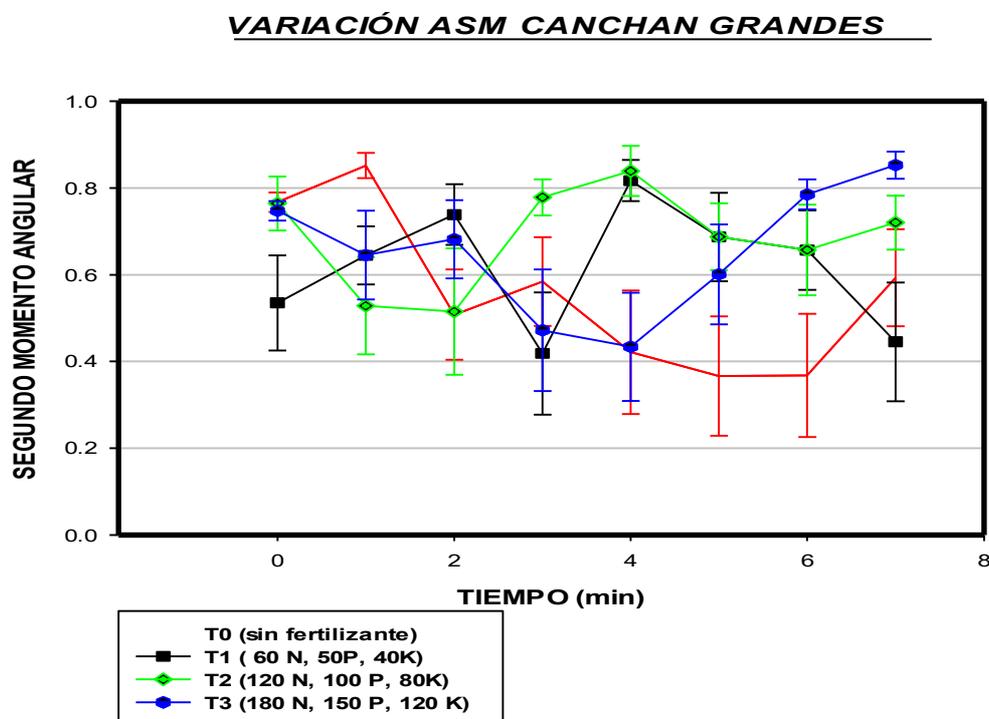


4.3.1 Segundo Momento Angular

En las Figuras 13, 14 y 15 se presentan los valores promedios de la variación de la uniformidad de las muestras y su comparación entre tratamientos, a través del cálculo del Segundo Momento Angular (ASM) como parámetro de evaluación de textura, en función del tiempo de fritado de la variedad de papa Canchán. (Los datos completos se presentan en el Anexo V).

FIGURA 13.

VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN.

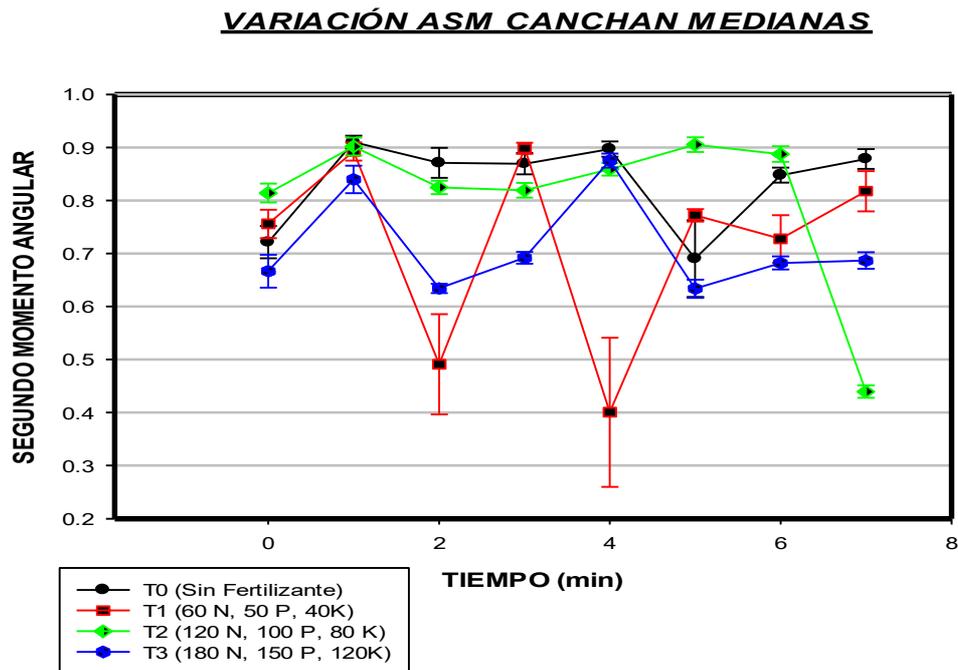


Los tratamientos T2 y T3 muestran una reducción de su uniformidad inicial en los primeros 2 minutos de cocción debido a la aparición de las diferentes proporciones de área fritada en las muestras. Entre los 2 y 3 minutos de fritado, esta tendencia se revierte ligeramente al recuperar las muestras su uniformidad debido al incremento de las proporciones de área cocida. Una vez que las muestras han alcanzado el máximo de la proporción de área fritada (4 minutos de fritura) se alcanza también una relativa uniformidad para luego perderla y recuperarla conforme transcurre el proceso de fritado pues la textura se hace más suave y/o blanda con el transcurrir del tiempo de cocción.

Según Brennan (2008), la disminución de los valores de ASM en los últimos minutos de fritado se deben a la desintegración de la estructura de las papas, a una distribución constante de nivel de grises (Gadkari, 2004). El Tratamiento T0 es el que pierde y gana uniformidad más bruscamente al transcurrir el tiempo de fritado, lo que no sucede con el Tratamiento T3, ya que éste en los primeros 4 minutos pierde constantemente su uniformidad para luego recuperarla hasta un valor extremo, por lo que se puede aseverar que el nivel de fertilización del suelo influye en el comportamiento de la uniformidad de la papa durante el proceso de fritado, conservando entonces su estructura lo que se reflejaría directamente en la dureza de su estructura luego del proceso de fritado.

FIGURA 14.

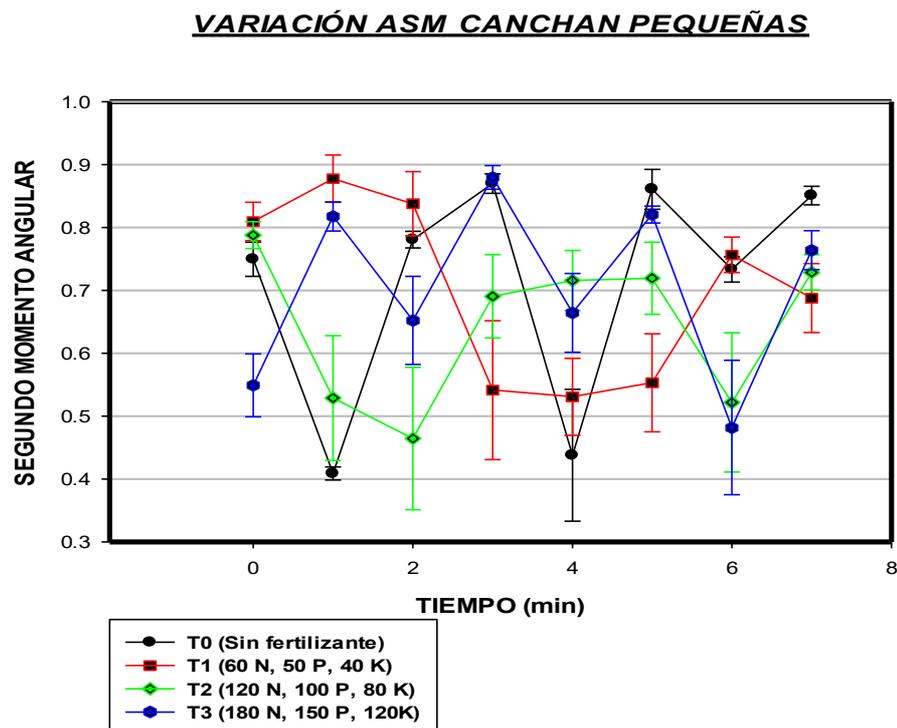
VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO
DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD
CANCHÁN.



En el caso de las papas de la variedad Canchán de tamaño mediano, su comportamiento es más homogéneo durante los primeros tres minutos de fritado, luego del cual, el T1 reduce drásticamente su uniformidad en el minuto 4, mientras que los tratamientos T0 y T4 lo harían en el minuto 5, a partir de este tiempo los tratamientos T0, T1 y T3 recuperarían su uniformidad debido a que la proporción del área tratada térmicamente alcanzaría su nivel máximo, no siendo así con el T2, ya que la curva muestra que la reducción de su uniformidad es drástica en el último minuto de fritado.

FIGURA 15.

VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO
DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD
CANCHÁN.



Para el caso de las papas de la variedad Canchán de tamaño pequeño la tendencia más pronunciada a ganar o perder uniformidad corresponde a los tratamientos T0 (sin fertilizante), y T3 (máximo nivel de fertilización), lo que evidenciaría que este comportamiento está ligado al nivel de fertilización del suelo en el que se cultivó las papas y/o al tamaño del tubérculo

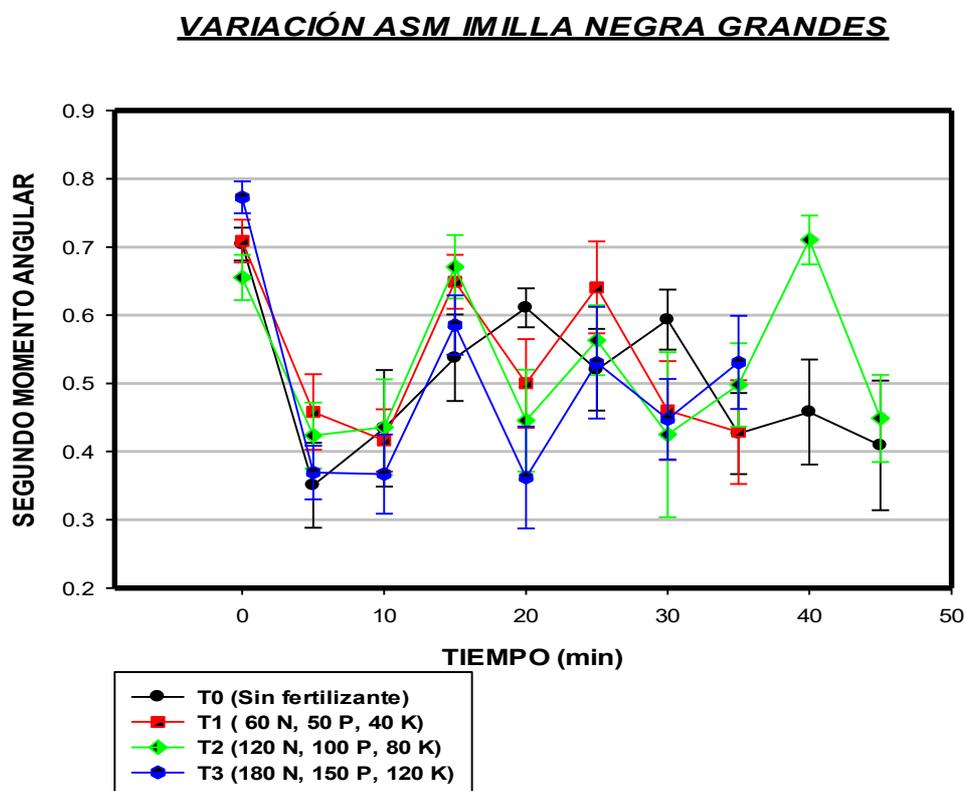
En el Anexo V, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la evaluación del ASM, el cual nos indica que existe una diferencia significativa ($P \leq 0.01$) para el factor tamaño de las papas. Esto implica que este factor es independiente en el ASM con un 95.0% de nivel de significancia. Para el factor tamaño se realizó

la prueba de comparación múltiple Duncan (Anexo V). Se distinguen dos grupos con resultados similares que indican que el tamaño de la papa influye directamente en el comportamiento textural frente a la fritura.

En las Figura 16 , 17 y 18 se presentan los valores promedios de la variación de la uniformidad de las muestras y su comparación entre tratamientos, a través del cálculo del Segundo Momento Angular (ASM) como parámetro de evaluación de textura, en función del tiempo de cocción de la variedad de papa Imilla Negra. (Los datos completos se presentan en el Anexo V)

FIGURA 16.

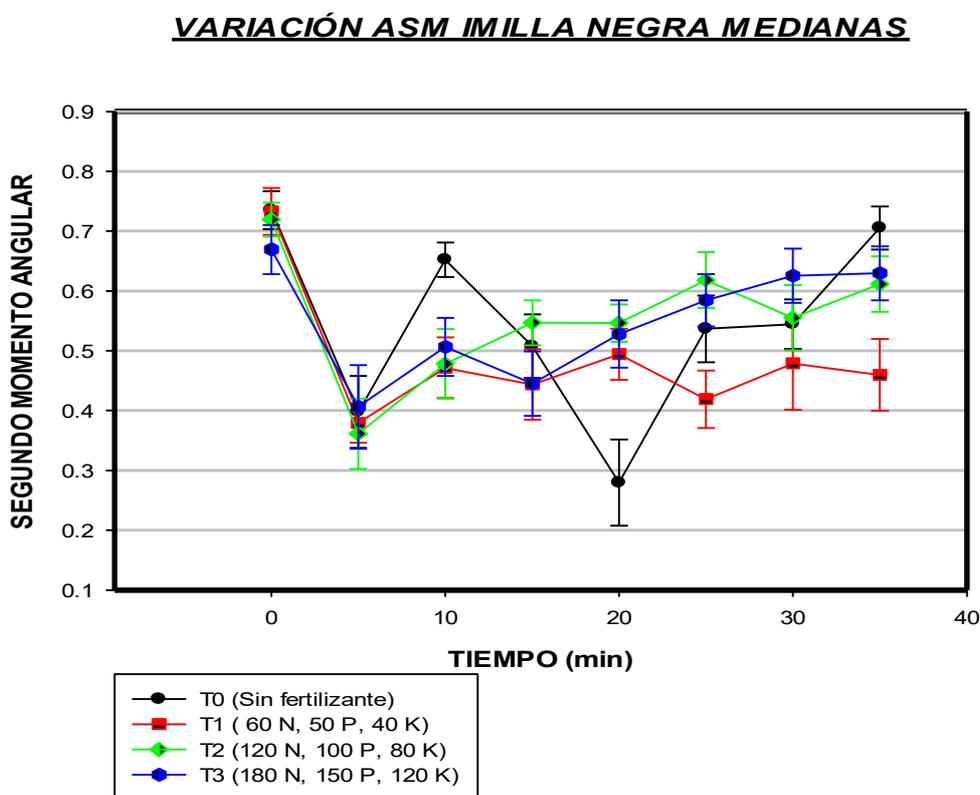
VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.



La variedad Imilla Negra durante el proceso de cocción, en sus cuatro tratamientos presenta en los primeros 5 minutos una baja drástica en la uniformidad de su estructura, recuperándola en el minuto 15 para volverla a perder en el minuto 20, punto en el cual el T0, tiene un comportamiento contrario al de los demás tratamientos para terminar perdiendo su uniformidad en el minuto 45 de cocción igual que el T2. Según las imágenes una distribución constante de nivel de grises (Gadkari, 2004) en el parámetro ASM, indica la disminución de sus valores en los últimos minutos de cocción y esto se debe a la desintegración de la estructura de las papas (Brennan, 2008).

FIGURA 17.

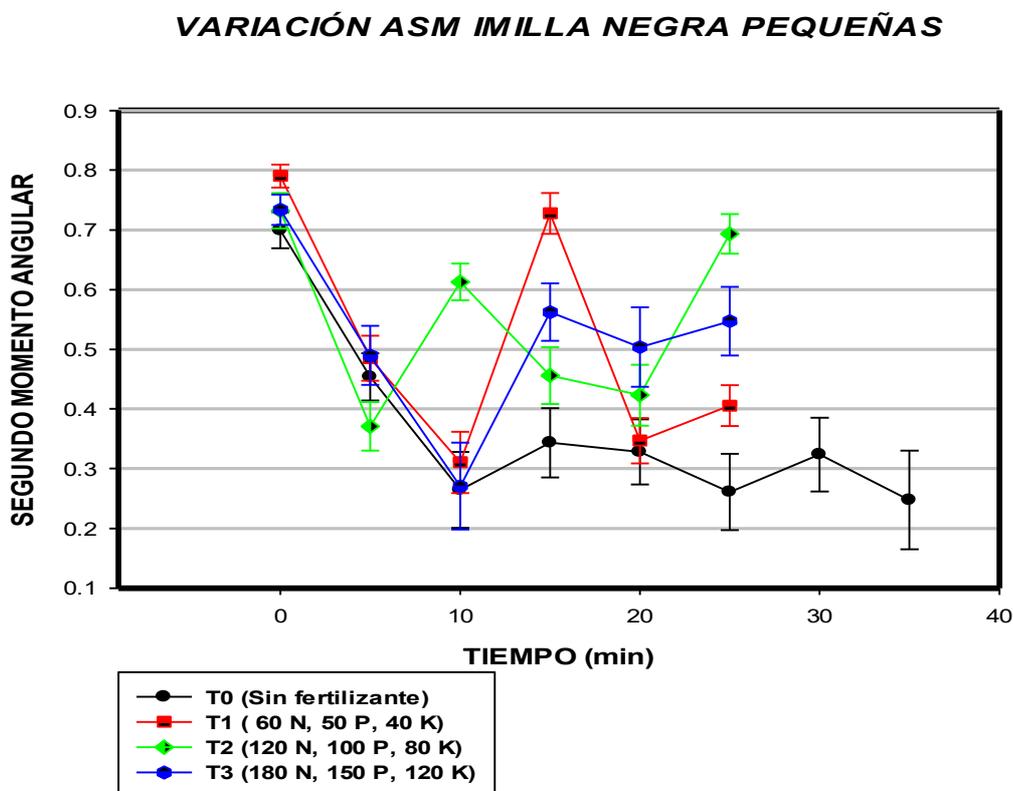
VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.



La tendencia en las papas de la variedad Imilla Negra de tamaño mediano es básicamente la misma en los cuatro tratamientos, notándose claramente que los primeros 5 minutos de cocción ha afectado drásticamente la uniformidad de su estructura, tratando de recuperarla luego de los 15 minutos del proceso de cocción. En el minuto 20 el Tratamiento Sin Fertilizante es el que decae en valores del ASM, recuperando su uniformidad inicial en el minuto 35 de cocimiento.

FIGURA 18.

VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA



La tendencia a la pérdida de uniformidad de la estructura de las papas pequeñas de la variedad Imilla Negra es más pronunciada durante los primeros 10 minutos en todos los tratamientos, el Tratamiento sin fertilizante no recupera uniformidad en los siguientes minutos, al contrario de lo que sucede con los tratamientos 2 y 3, entonces el comportamiento textural de las papas frente al parámetro, ASM, es directamente influenciada por el nivel de fertilización del suelo.

En el Anexo VI, se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la evaluación del ASM, el cual nos indica que no existe una diferencia significativa ($P \geq 0.01$) para el factor tamaño de las papas ni para el nivel de fertilización del suelo respecto al comportamiento textural de las papas analizadas por el indicador ASM. La prueba de Duncan realizada para el promedio de ASM de la variedad Imilla Negra comprueba que las variables tamaño de papa y nivel de fertilización del suelo, no influyen en el comportamiento textural de papa.

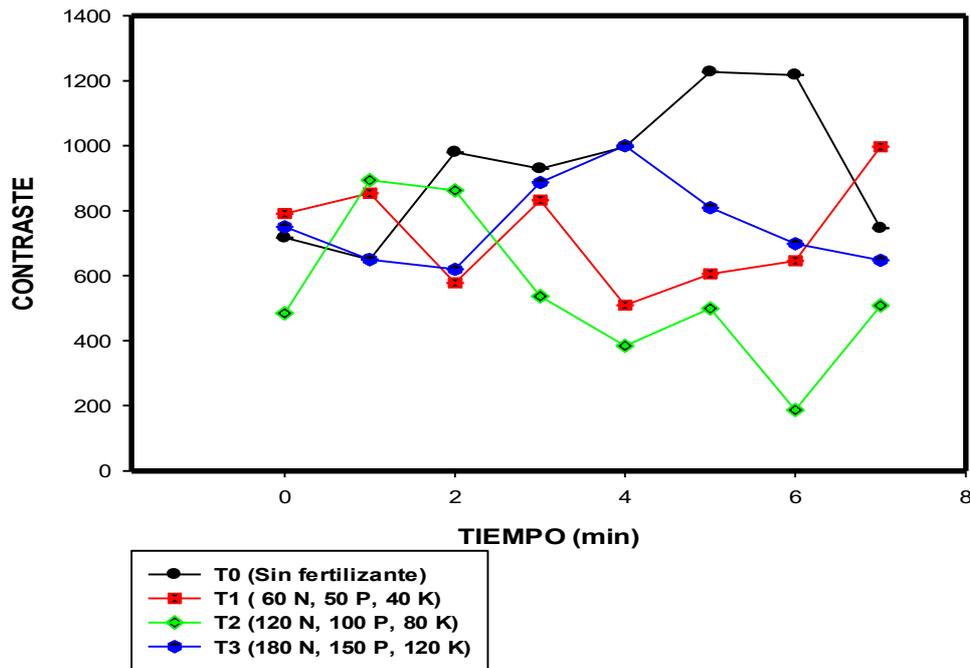
4.3.2 Contraste

En las Figura 19 a 21 se presenta los valores promedios de la variación de la heterogeneidad textural para la variedad Canchán, estudiada mediante la evaluación de Contraste de sus imágenes (Los datos completos se presentan en el Anexo VII).

FIGURA 19.

VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE
PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN.

VARIACIÓN DE CONTRASTE CANCHAN GRANDES



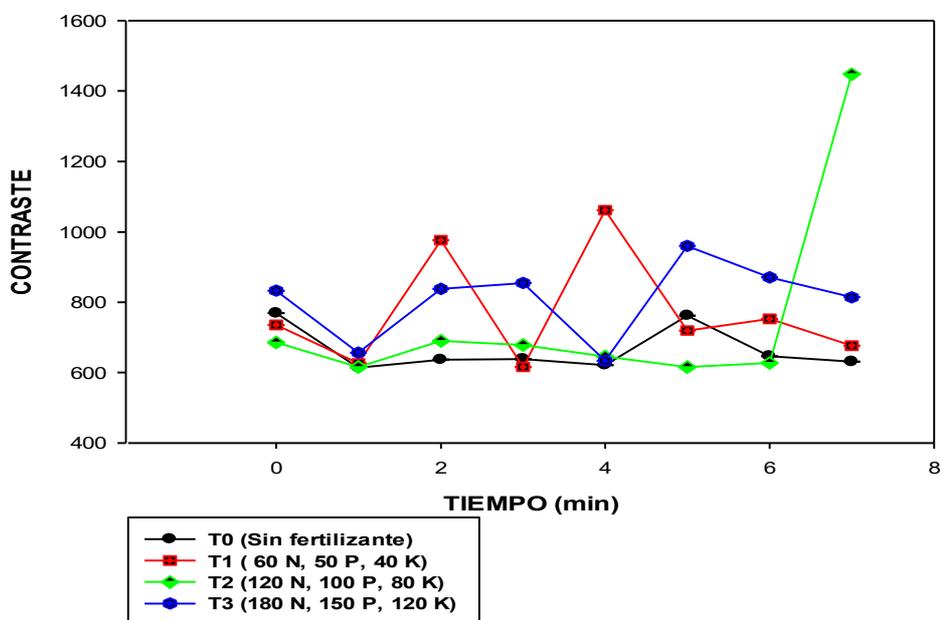
De la Figura 19 se puede apreciar que los cuatro tratamientos muestran diferencias aparentes en la variación de la heterogeneidad durante su proceso de fritado. Los valores alcanzados por el Tratamiento sin fertilizante (T0) indican que puede ser considerado el Tratamiento más suave entre las cuatro estudiados, pues alcanza un valor máximo de contraste aproximadamente de 5 a 6 minutos para luego descender hasta aproximadamente su valor inicial a los 7 minutos de proceso, en tanto los valores máximos de contraste del Tratamiento2 , son alcanzados en el primer y segundo minuto del proceso de fritado y el comportamiento de los Tratamientos 1 y 3 es más heterogéneo. Debido a que la intensidad de pixeles varía en cada tiempo (Pérez, 2010).

La heterogeneidad se asocia con suavidad de la muestra considerando que las muestras menos blandas pueden alcanzar valores menores de Contraste en relación a los tiempos de Tratamiento térmico (Haralick *et al.*, 1973).

FIGURA 20.

VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE
PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD CANCHÁN

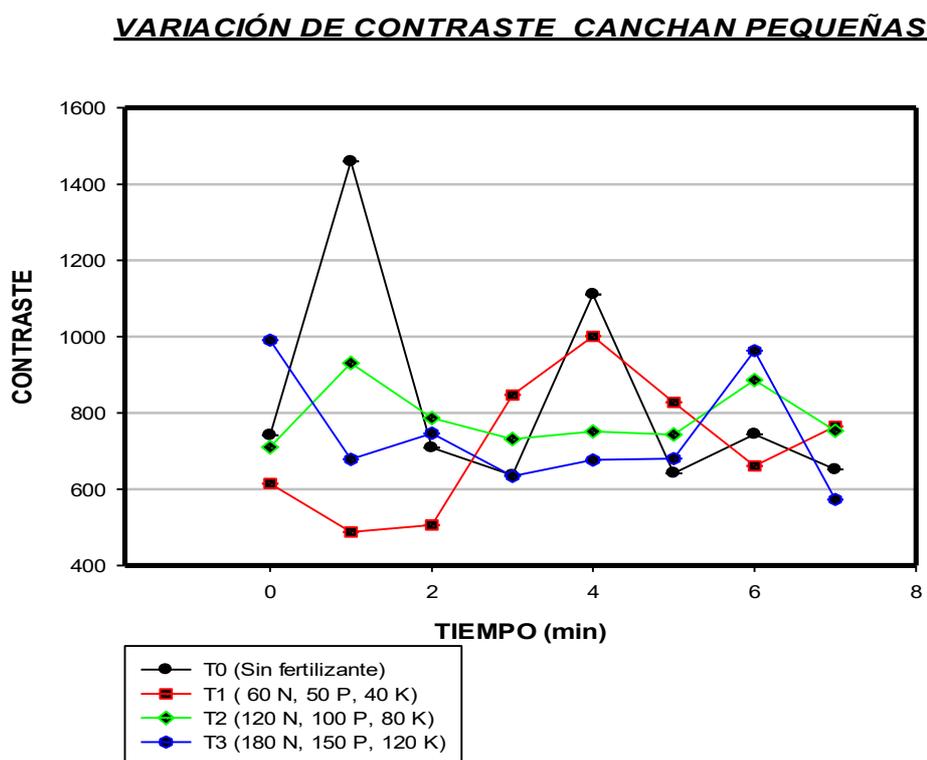
VARIACIÓN DE CONTRASTE CANCHAN MEDIANAS



En el caso de la variación de contraste durante el tiempo de fritado de papas de tamaño mediano de la variedad Canchán, se puede apreciar que el Tratamiento 2 presenta valores uniformes de contraste durante la mayor parte del proceso de fritado, para elevar al máximo el valor de contraste en el último minuto de proceso, lo que no sucede con los otros tratamientos, ya que éstos presentan valores más homogéneos.

FIGURA 21.

VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE
PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.



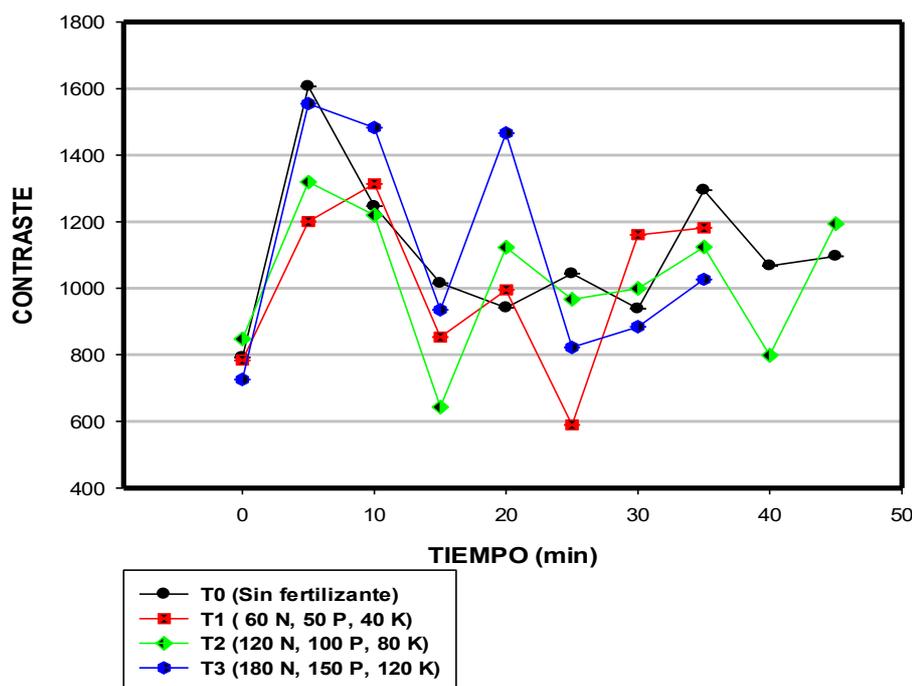
En el caso de la variación del Contraste durante el tiempo de fritado de papas de tamaño pequeño de la variedad Canchán, los valores máximos de contraste alcanzados por el Tratamiento sin fertilizante (T0) en el primer minuto de proceso, pueden indicar que las muestras son las más suaves en comparación a los demás tratamientos que mantienen una tendencia más uniforme, de las figuras descritas se puede deducir que el nivel de fertilización del suelo influye en el la característica de contraste como parámetro para medir la variación textural de los tubérculos

En el Anexo VIII se muestra el Análisis de Varianza para el indicador Contraste de la variedad Canchán, en el cual se aprecia que la interacción de factores de estudio: tamaño del tubérculo y nivel de fertilización del suelo es altamente significativa, por lo que esta interacción influye directamente en el comportamiento textural de la papa durante el proceso de fritado del tubérculo. Al realizar la prueba de comparación de Duncan (Anexo VIII) para el indicador Contraste de la variedad Canchán, podemos encontrar dos grupos de resultados los que confirman que la interacción de factores de estudio, influyen en las características de textura de la papa medidas a través de su indicador Contraste.

FIGURA 22.

VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE
PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

VARIACIÓN DE CONTRASTE IMILLA NEGRA GRANDE

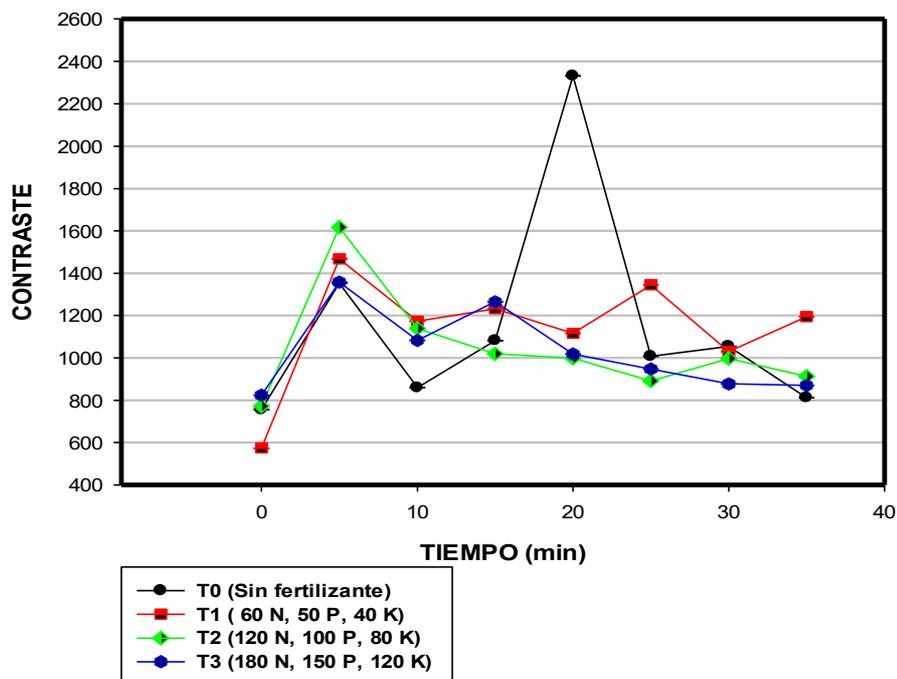


Debido a que la intensidad de pixeles varía en cada tiempo (Pérez, 2010), los valores de contraste se asocian a la suavidad de la papa, En la figura 18 se aprecia el perfil de cocimiento de la papa de tamaño grande de la variedad Imilla Negra, del cual se puede inferir que la variación de los valores de contraste corresponden a las proporciones de área cocida de las muestras capturadas en las imágenes cada 5 minutos, y se aprecia además que las variaciones de los valores de contraste mantienen básicamente el mismo comportamiento en todos los tratamientos durante todo el proceso de cocción.

FIGURA 23.

VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE
PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.

VARIACIÓN DE CONTRASTE IMILLA NEGRA MEDIANAS

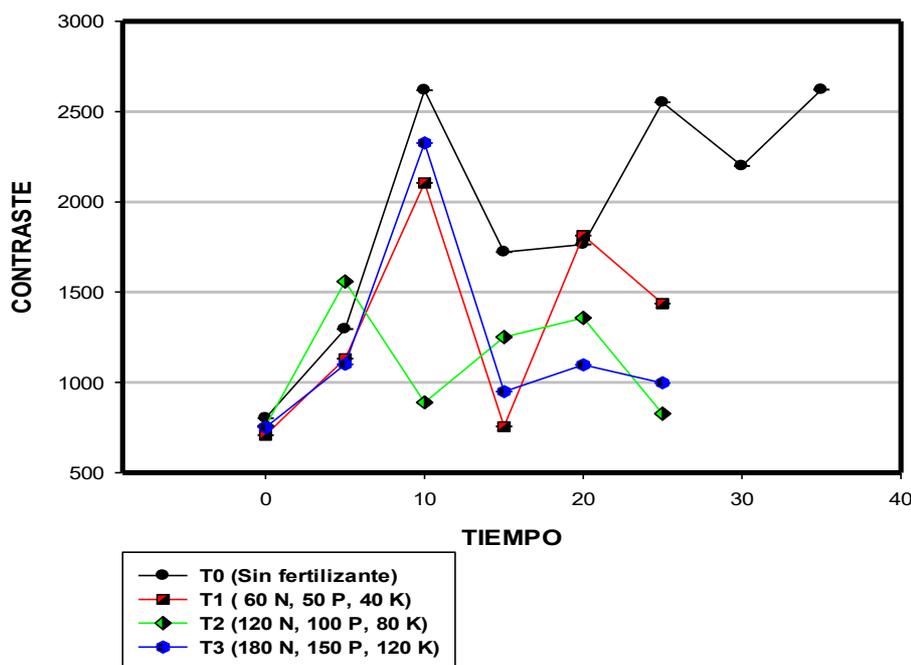


Se asocia heterogeneidad con suavidad de la muestra considerando que las muestras menos blandas pueden alcanzar valores menores de Contraste en relación a los tiempos de cocción (Haralick et al., 1973). En la figura 19 se aprecia que el valor mayor de contraste es alcanzado en el minuto 20 por el Tratamiento sin fertilizante, esto explicaría que, la textura de la papa durante el proceso de cocción varía bastante de acuerdo a la proporción de área cocida; puede que entonces el Tratamiento en mención haya alcanzado su completo cocimiento en el minuto 20, por lo que pierde completamente la textura, mientras que los demás tratamientos mantienen un rango de variación básicamente uniforme a lo largo del proceso

FIGURA 24.

VARIACIÓN DEL CONTRASTE DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

VARIACIÓN DE CONTRASTE IMILLA NEGRA PEQUEÑAS



En la figura 24, se puede apreciar básicamente la misma tendencia a la ganancia y pérdida de valores de contraste en todos los tratamientos, sin embargo se debe distinguir que el comportamiento más resaltante a este cambio es el del Tratamiento sin fertilizante, ya que en los minutos 10 y 25 alcanza los valores máximos de contraste y no regresa a su valor inicial como lo hacen los demás tratamientos, debido probablemente a que la textura de la papa del Tratamiento T0 se pierde por completo en los últimos minutos haciendo imposible su recuperación.

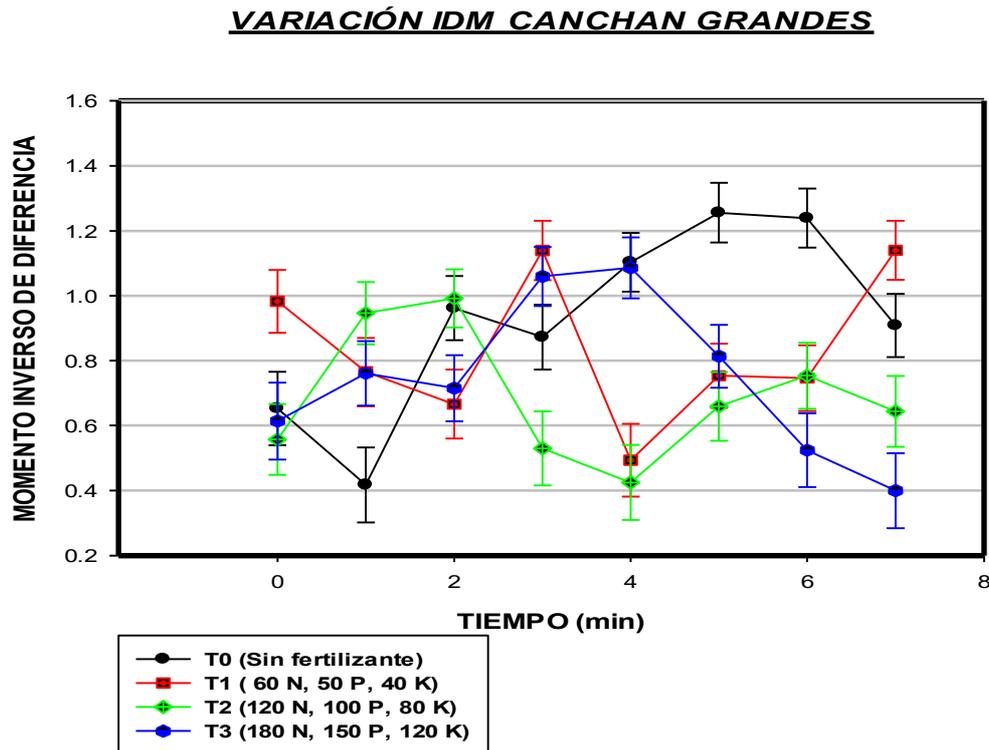
En el Anexo VIII, se puede apreciar el análisis de varianza para el indicador Contraste de la Variedad Imilla Negra, del cual se puede mencionar que el factor Tamaño, presenta significancia estadística, con un nivel de confianza del 95%, por lo que se puede afirmar que el tamaño de los tubérculos influencia directamente en la textura de la papa durante el proceso de cocción. Y al realizar la prueba de comparación de Duncan para el indicador Contraste de la variedad Imilla Negra, se obtienen dos grupos de resultados, lo cual confirma que uno de los factores en estudio influencia en el comportamiento textural de la papa medido bajo el indicador contraste, a través del análisis de imágenes.

4.3.3 Momento Inverso de Diferencia

En las Figuras 25 a la 27 se presenta los valores promedios de la variación de la heterogeneidad textural para la variedad Canchán, estudiada mediante el parámetro de Momento Inverso de Diferencia (IDM) de sus imágenes. (Los datos completos se presentan en el Anexo IX)

FIGURA 25.

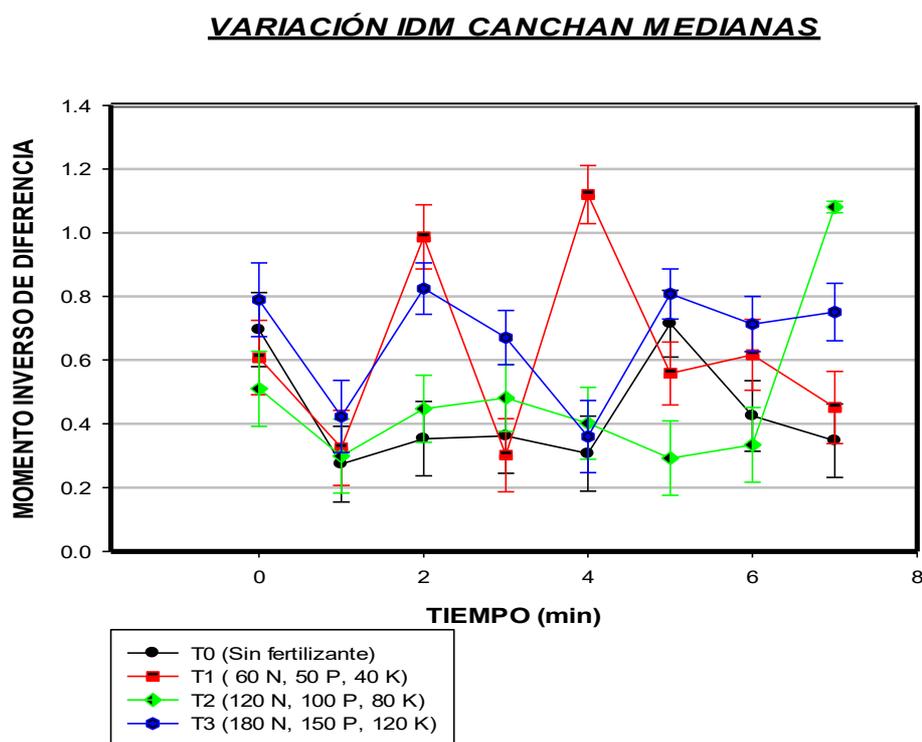
VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE
TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN



La Figura 25 muestra diferencias aparentes en la variación de la homogeneidad de la papa, en los cuatro niveles de fertilización del suelo (tratamientos), durante su proceso de fritado. Los valores alcanzados por el T3 indican que puede ser considerado el Tratamiento que más se desordena con respecto a los otros tratamientos, pues alcanza un valor máximo de IDM de 1.1 a los 4 minutos para luego descender hasta aproximadamente 0.4 a los 7 minutos de proceso en tanto los valores máximos de IDM del T son mayores a 1.25 que son alcanzados a los 5 minutos, lo que indica que su superficie es más homogénea (Gadkari, 2004; Haralick *et al.*, 1973).

FIGURA 26.

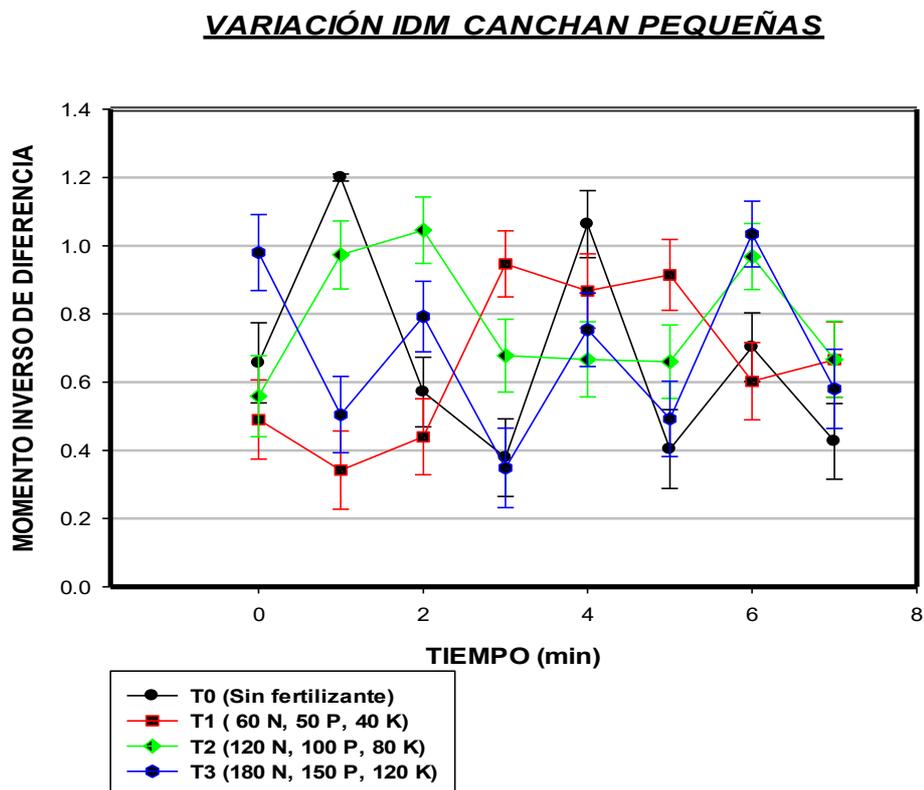
VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE
TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD CANCHÁN



.La variación de IDM en el caso de las papas de tamaño mediando de la variedad Canchán el T1 y el T3 son los tratamientos que han sufrido pérdidas y ganancias bruscas de homogeneidad de superficie, mientras que los tratamientos T0 y T2 no muestran cambios abruptos por lo que se hace necesario analizar los datos estadísticamente.

FIGURA 27.

VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.



En la variación del IDM durante el tiempo de fritado de las papas de tamaño pequeño, se puede apreciar que el mayor desorden lo presenta el Tratamiento sin fertilizante, ya que en cada minuto de proceso de fritado, la homogeneidad varía bruscamente alcanzando su mayor valor al primer minuto de proceso y los valores más bajos en los minutos 3 y 5.

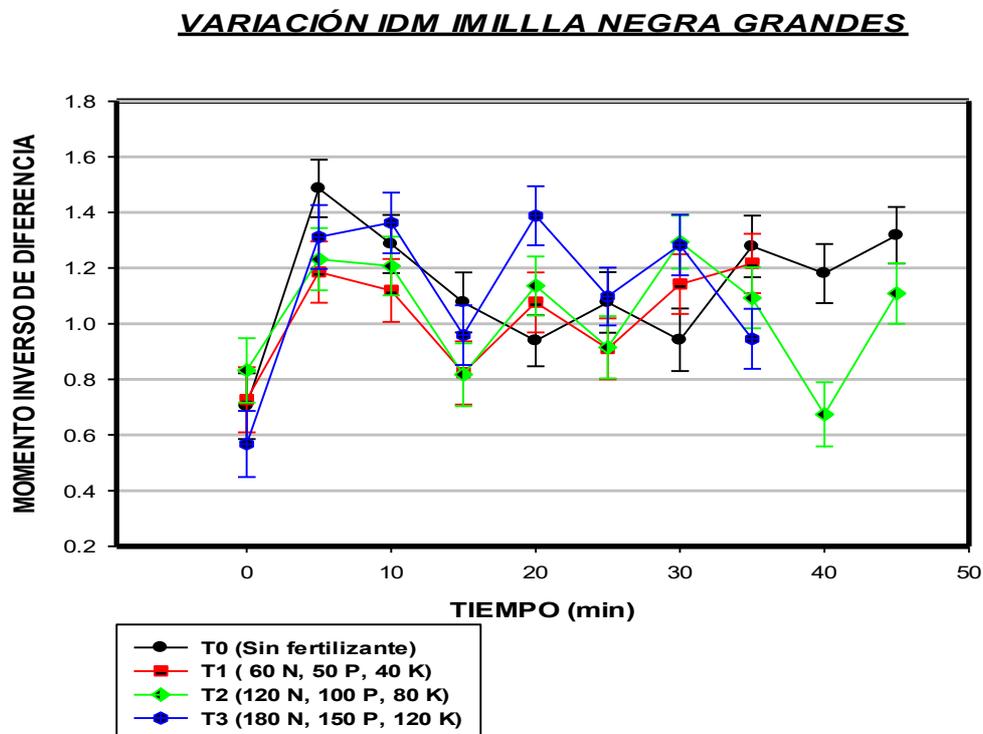
En el Anexo X se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la evaluación del IDM, el cual nos indica que existe una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) para el factor tamaño. Esto implica que este factor influye en el comportamiento textural de la papa con respecto al IDM con nivel de

significancia de 95.0%. Además, se puede apreciar la prueba de comparación de Duncan en la que se distingue un solo grupo de resultados, los cuales confirman que sólo el tamaño influye en el comportamiento textural de la papa más no el nivel de fertilización y tampoco la interacción de ambos factores.

En las Figuras 28 a la 30 se presenta los valores promedios de la variación de la heterogeneidad textural para la variedad Imilla Negra, analizada mediante la evaluación de Contraste de sus imágenes. (Los datos completos se presentan en el Anexo IX)

FIGURA 28.

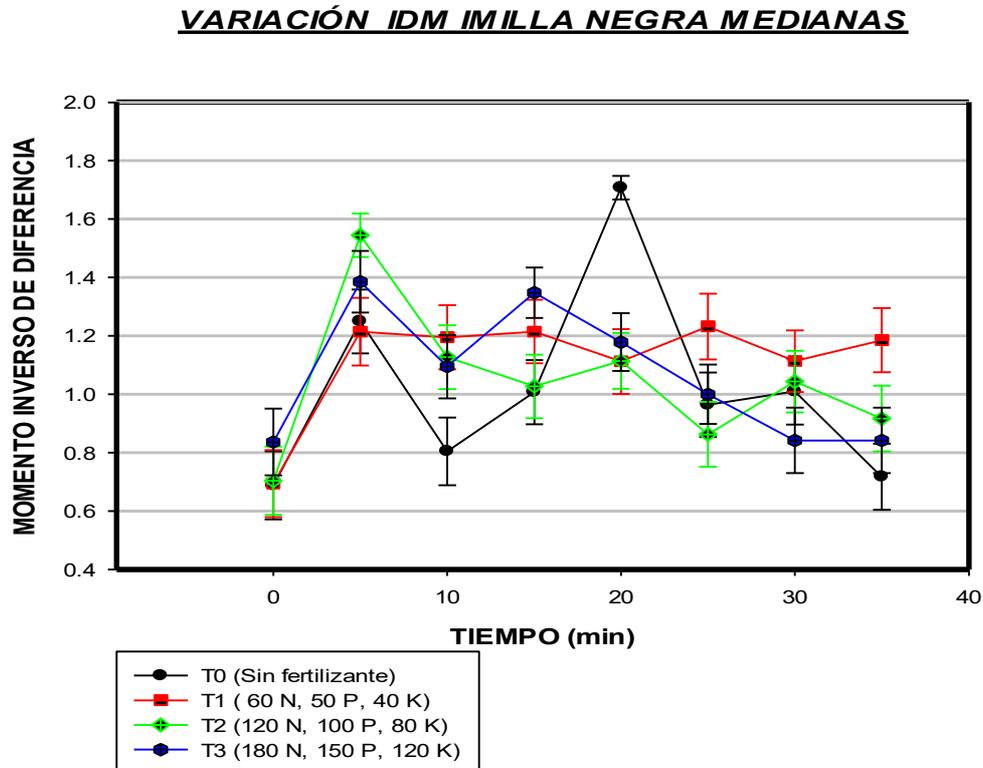
VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA



La Figura 28 muestra diferencias aparentes en la variación de la homogeneidad de la papa, en los cuatro niveles de fertilización del suelo (tratamientos), Considerando el IDM indica qué superficie es más homogénea (Gadkari, 2004; Haralick *et al.*, 1973) durante su proceso de cocción. Los valores mínimos alcanzados por el T2 en el minuto 40 de proceso, indican que puede ser considerado el Tratamiento que más se desordena con respecto a los otros tratamientos.

FIGURA 29.

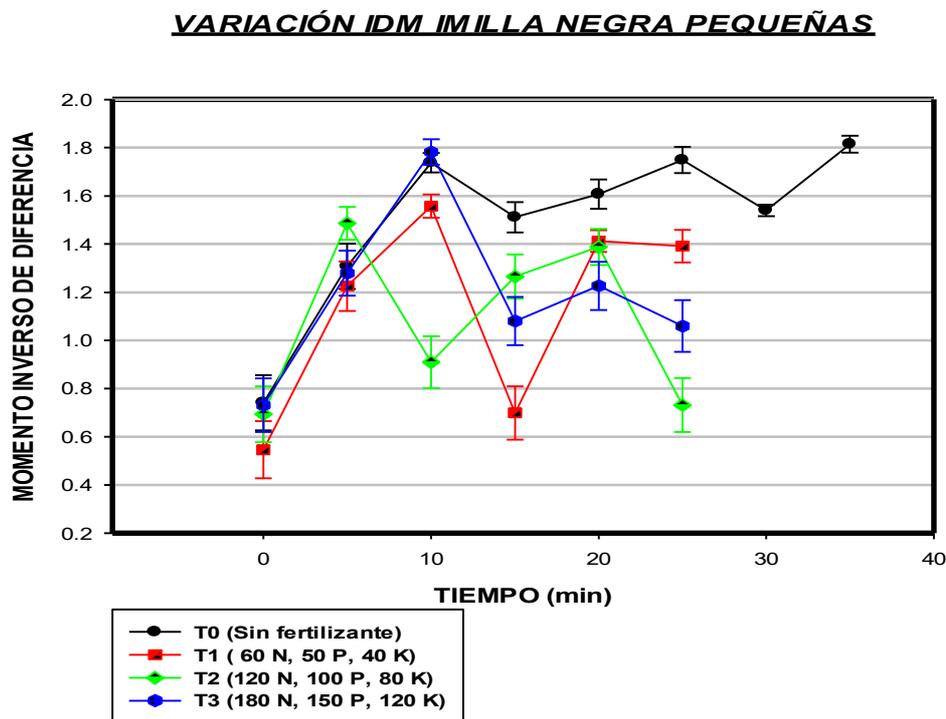
VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA



De la figura 29 se puede conocer que el Tratamiento sin fertilizante alcanza valores máximos de 1.7 de IDM en el minuto 20 del proceso de cocción, y valores mínimos en los minutos 10 y 35, lo cual nos indicaría que es el Tratamiento que menos homogeneidad muestra durante el proceso de cocción, mientras que los demás tratamientos parecen mostrar una tendencia más homogénea.

FIGURA 30.

VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA



Para el caso de la variación del IDM durante el tiempo de cocción de papas de tamaño pequeño de la variedad Imilla Negra, se muestra que el Tratamiento sin fertilizante es el que menos homogéneo se presenta ya que va incrementando los valores de IDM de forma paulatina y sus valores no decrecen a lo largo del proceso, mientras que los demás tratamientos parecen mantener una tendencia más uniforme.

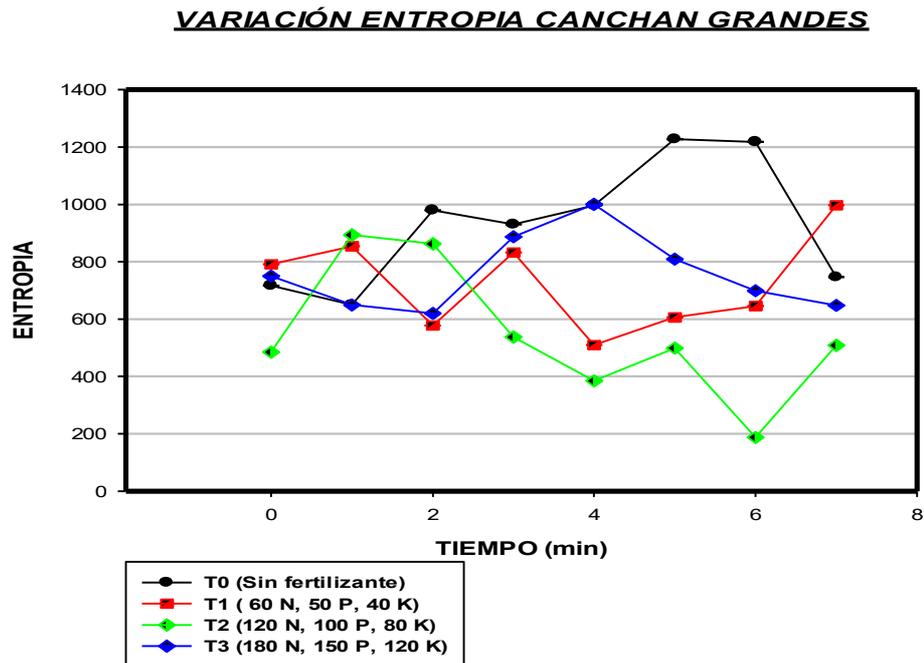
En el Anexo X se muestra el Análisis de varianza para el IDM de la Variedad Imilla Negra, de la cual se puede deducir que los factores en análisis (Tamaño del tubérculo y nivel de fertilización del suelo), no arrojan resultados significativos, entonces los factores en estudio son independientes y no se puede asegurar que estas variables influyan en el comportamiento textural de la papa. La prueba de comparación de Duncan confirma los resultados obtenidos, se puede apreciar un solo grupo resultados.

4.3.4 Entropía

En las Figuras 31 a la 33 se presenta los valores promedios de la variación Entropía para la variedad Canchán, estudiada mediante la evaluación de Entropía de sus imágenes. (Los datos completos se presentan en el Anexo XI)

FIGURA 31.

VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS
DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD CANCHÁN.

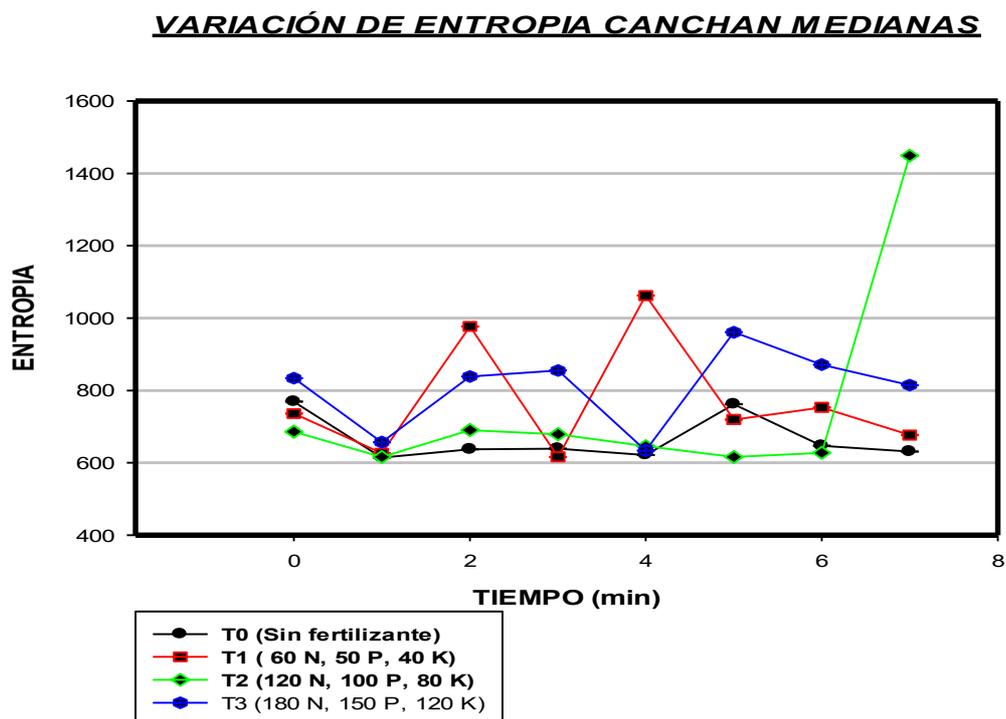


La Figura 31 se muestra diferencias aparentes en la variación de la Entropía, que mide el desorden de la imagen en los cuatro tratamientos durante su proceso de fritado. Los valores alcanzados por el Tratamiento sin fertilizante indican que puede ser considerado el Tratamiento con más desorden en su textura en comparación con los demás tratamientos estudiados, debido a la sustancia predominante que es el almidón, que en proceso de fritado se produce la gelatinización y retrogradación de almidón y una degradación enzimática y no enzimática de las pectinas que constituyen la pared celular (Kaur *et al.*, 2002). Luego sigue el Tratamiento T2, pues alcanza un valor

máximo de entropía en el primer minuto de proceso, para luego descender hasta el valor más bajo a los 6 minutos de proceso. Considerando que la entropía es inversamente correlativa al ASM (Gadkari, 2004). Podemos aseverar que el nivel de fertilización del suelo influye en el grado de desorden de la materia (papa)

FIGURA 32.

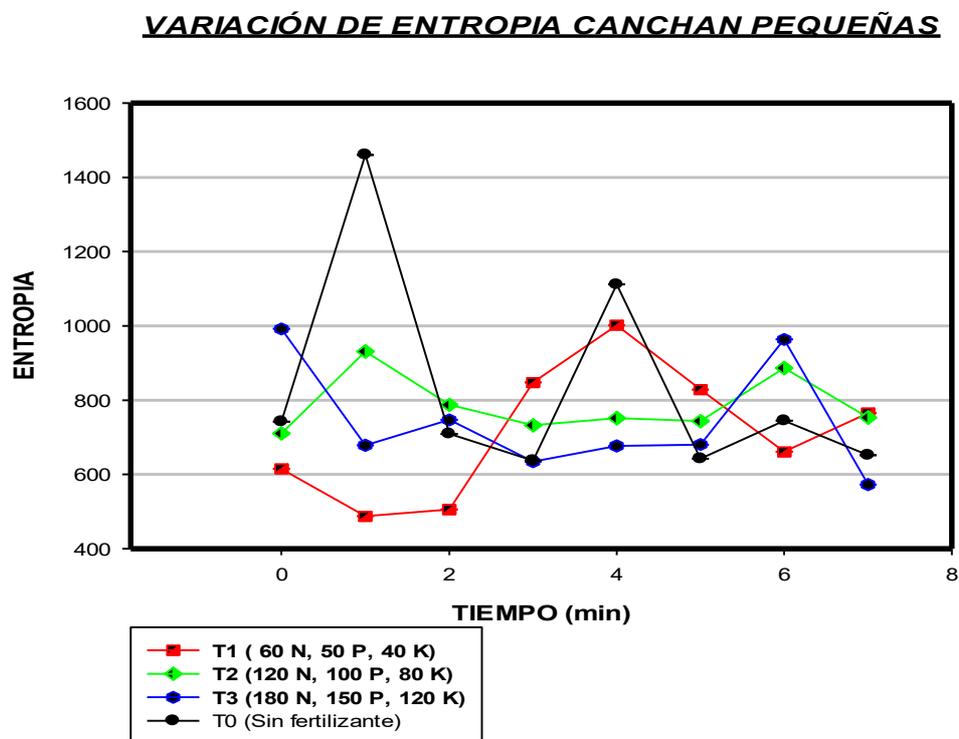
VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD CANCHÁN.



Para las papas de tamaño mediano de la variedad Canchán, se puede apreciar que los tratamientos T1 y T3 son los que más desorden presenta en su

estructura durante el proceso de fritado de las papas, mientras que el T0 y T2, muestran un comportamiento más ordenado.

FIGURA 33. VARIACIÓN DE ENTROPIA DURANTE EL TIEMPO DE FRITADO DE PAPAS DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD CANCHÁN



En la variación de Entropía durante el tiempo de fritado de papas de tamaño pequeño de la variedad Canchán, se distingue el comportamiento del Tratamiento sin fertilizante, ya que alcanza los mayores valores de desorden en el primer minuto y en el minuto cuatro de proceso, seguido del Tratamiento T1, que alcanza los menores valores en el primer y segundo minuto de proceso y el valor máximo en el minuto cuatro, este desorden se puede explicar debido a que la estructura de las papas con menores niveles de fertilización es más

frágil, por lo tanto durante el proceso de fritado la estructura tiende a desintegrarse (Kaur *et al.*, 2002).

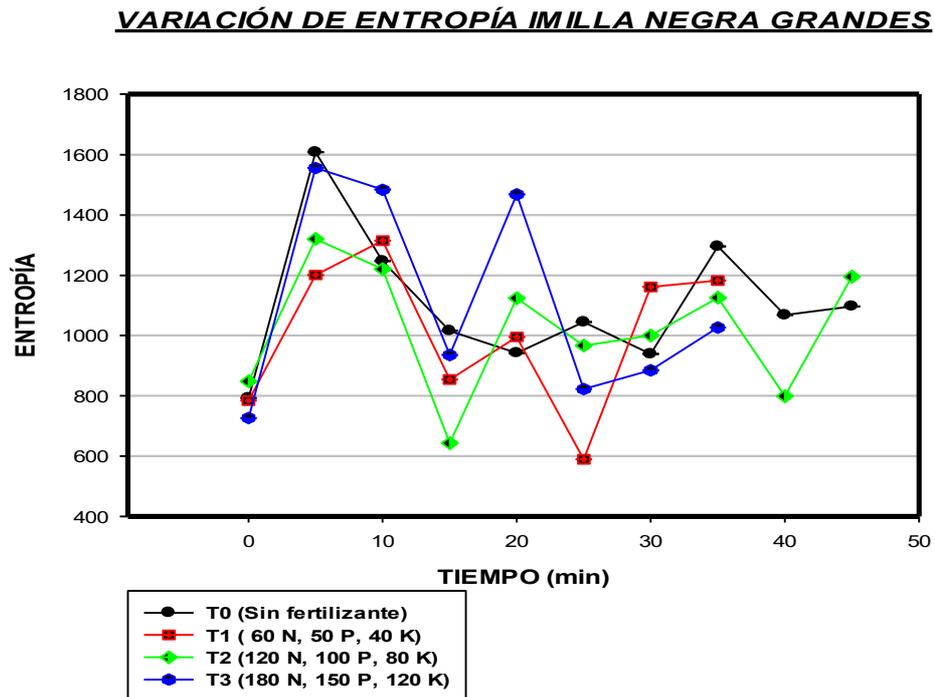
En el Anexo XII se presenta el análisis de varianza (ANVA) para la evaluación del Entropía, el cual nos indica que existe una diferencia significativa ($P \leq 0.01$) para la interacción de factores evaluados con un 95.0% de confianza, lo que significa que las variables estudiadas en combinación, influyen en el comportamiento textural de la papa medida a través del indicador Entropía.

Para la interacción de factores se realizó la prueba de comparación múltiple Duncan (Anexo XII). Los resultados de esta prueba señalan que la interacción de estos factores influye en el desorden, mostrado por las papas manteniendo su textura parcialmente firme.

En las Figuras 34 a la 37 se presenta los valores promedios de la variación de Entropía para la variedad Imilla Negra, estudiada mediante el parámetro de Entropía de sus imágenes. (Los datos completos se presentan en el Anexo XI)

FIGURA 34.

VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS DE TAMAÑO GRANDE DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA.

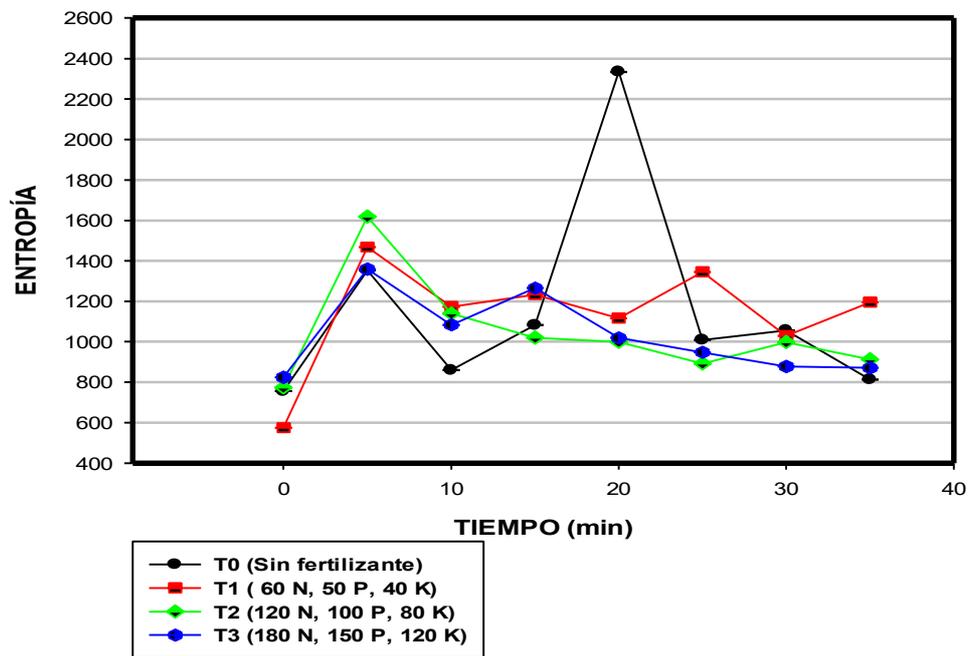


La Entropía, mide el desorden de una imagen (Gadkari, 2004). En la Figura 30 se muestra las diferencias aparentes en la variación de en los cuatro tratamientos durante su proceso de cocción. Los valores alcanzados por el Tratamiento sin fertilizante y por el Tratamiento 3 indican que pueden ser considerados los tratamientos con más desorden en su textura en comparación con los demás tratamientos estudiados, podemos inferir que el nivel de fertilización del suelo influye en el grado de desorden de la materia (papa).

FIGURA 35.

VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS
DE TAMAÑO MEDIANO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

VARIACIÓN DE ENTROPÍA IMILLA NEGRA MEDIANAS

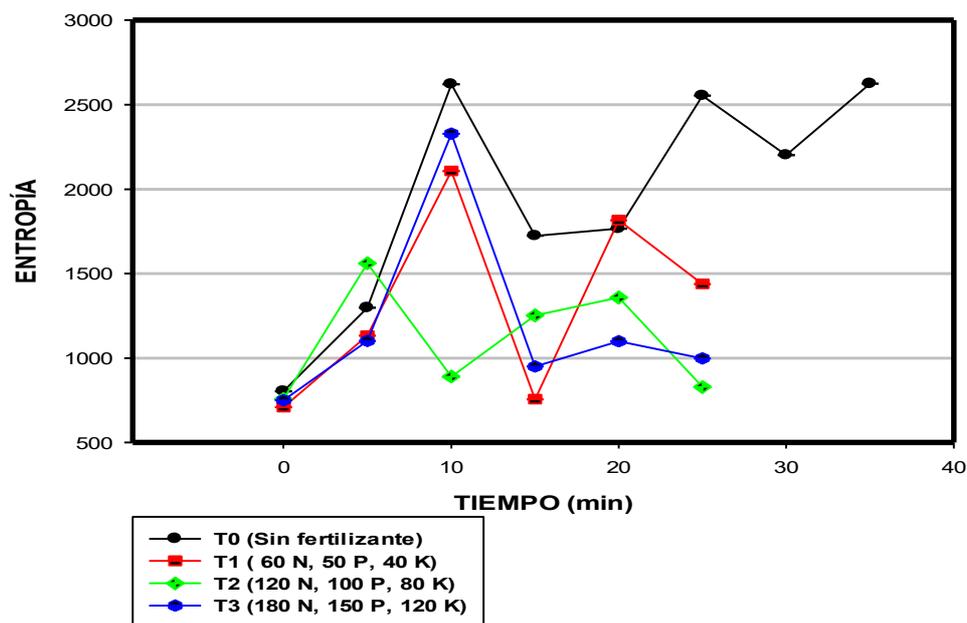


En la Figura 35 se puede apreciar que el Tratamiento sin fertilizante alcanza niveles máximos de desorden en el minuto 20 del proceso de cocción de la papa, valor que hace referencia a la fragilidad de la estructura de la papa sin fertilizante, mientras que los demás tratamientos muestran un comportamiento más uniforme durante el proceso de cocción.

FIGURA 36.

VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL TIEMPO DE COCCIÓN DE PAPAS
DE TAMAÑO PEQUEÑO DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

VARIACIÓN DE ENTROPÍA IMILLA NEGRA PEQUEÑAS



En la figura 36 se puede apreciar que el Tratamiento sin fertilizante al medir la variación de Entropía durante el tiempo de cocción de papas de tamaño pequeño de la variedad Imilla Negra, es el que alcanza los mayores valores de entropía durante el proceso de cocción en los minutos, mientras que los tratamientos T1 y T3 alcanzan el mayor valor de desorden en su estructura a los diez minutos para luego reducir estos valores en el minuto 15 e intentar mantener esos valores por los siguientes cinco minutos.

En el Anexo XII se muestra el Análisis de varianza realizado para los factores: Tamaño del tubérculo y nivel de fertilización del suelo, evaluados a través del



tiempo de cocción de la papa, en la que se aprecia que el factor tamaño tiene significancia con un nivel de confianza del 95% por lo que se puede aseverar que el tamaño de la papa influye en el comportamiento textural de la papa durante el proceso de cocimiento. En la prueba de comparación de Duncan para Entropía, variedad Imilla Negra en la se puede apreciar dos grupos de resultados, que confirman que uno de los factores en estudio influye en el grado de desorden de la estructura de la papa.

CONCLUSIONES

La cantidad de nitrógeno absorbido por la papa, aumenta entre 0.02 y 0.03% conforme aumenta el nivel de fertilización de suelo, el Fósforo aumenta entre 3 a 7 mg/100 g y el Potasio aumenta entre 5 a 10 mg/100 g siendo el Tratamiento 3 (180N, 150P, 120K) el que incorporó la mayor cantidad de nutrientes

La textura de la papa influye directamente en la percepción sensorial del consumidor, ya que a mayor nivel de fertilización del suelo, menor es la preferencia, siendo el Tratamiento sin fertilizante para las dos variedades de papa, los preferidos por los panelistas.

El análisis de imágenes a través de los descriptores estadísticos de textura ASM, CT, IDM y ET, muestran que a mayor nivel de fertilización del suelo, más heterogéneo es el comportamiento textural de la papa.



RECOMENDACIONES

Realizar estudios de caracterización de tubérculos andinos, mediante análisis de imágenes.

Profundizar estudios sobre contaminación de suelos para el cultivo de alimentos.



BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOFF, M., MAGELHAES, P. and RAM, S. 2004. Limage Processing with Image J. *In Biofotometrics International*, 36-42, Meryland USA.
- AGUILERA, J.M. and BRIONES, V. 2005. Computer vision and food quality. *Food Australia*. 57, 79-87.
- AGUILERA, J.M. and STANLEY, D. 1999. Microstructural principles of food processing and engineering. *Journal of food science*, 2,450.
- ALVAREZ, R. 2010. Fertilidad de suelos, caracterización y manejo en la región pampeana. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- ALVAREZ M., M. y REPO C., R. 1999. Desarrollo de papas nativas. Centro internacional de la papa (CIP), Lima, Perú.
- ANDERSSON, A., GEKAS, V., LIND, L., OLIVERA, F. & OSTE, R. (1994). Effect of preheating on potatoes texture – Critical Review. *Food Science and Nutrition*, 34, 229- 251.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemist. 1993. The Official Methods of Analysis (OMA)

- BARRERA, L. (2010). Desarrollo e implementación de algoritmos para el sistema de percepción y localización de los robots bogobots. Grado de maestro en Ciencias de Ingeniería, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Atizápan de Zaragoza.
- BEVK, M. & KONONENKO, I. (2002). Statistical approach to texture description of medical images: A preliminary study. Proceedings of the 15th IEEE Symposium on Computer – Based Medical Systems, 239 – 244.
- BRENNAN, J. G. (2008). Manual del procesamiento de los alimentos. Zaragoza (España): Editorial Acribia S.A.
- CAHUANA, R. Y ARCOS, P. 1992. Variedades de Papa más importantes en Puno y sus Lineamientos para su Caracterización. Segunda edición. Producciones CIMA. Bolivia.
- CAHUANA, R. Y ARCOS, P. 2004. Variedades de Papa Nativa y formas de consumo en la región Puno. Instituto Nacional de Investigación y extensión agraria. INIEA.
- CASTLEMAN, K. R. (1996). Digital Imaging Processing. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- CLAUSI, D. A., (2002). An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of gray level quantization, Can. J. Remote Sensing, 28(1), 45-62.
- COCQUEREZ, J. Y PHILIPP, S. (1997). Analyse D'Images Filtrage et Segmentation. Masson.



- EGUSQUIZA, B.R. 2000. La papa, producción, transformación y comercialización. Proyecto Papa Andina CIP-CONSUCODE. Lima-Perú
- ESPINOZA, E. J. 2003. Análisis sensorial de los alimentos. Universidad Jorge Basadre Grohman. Tacna-Perú.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2008. Las papas, la nutrición y la alimentación.
- GARCIA, G. M. 2010. Adquisición y representación de imágenes. Presentación de Asignatura "Procesamiento Audiovisual" Departamento de Informática y Sistemas, Universidad de Murcia. Disponible en <http://dis.um.es/profesores/ginesgm> consultado el 05/12/2013.
- GADKARI, D. 2004. Image Quality Analysis Using GLCM. Thesis of Master of Science in Modeling and Simulation in the College of Arts and Sciences at the University of Central Florida Orlando, Florida.
- GONZALEZ, R., & WOODS, R. (1996). Tratamiento digital de imágenes, Addison-Wesley Publishing Co, Reading, Washington.
- GONZALEZ, R., & WOODS, R. (2002). Tratamiento Digital de Imágenes (Segunda ed.). Prentice Hall. New Jersey.
- HARALICK, M., SHANMUGAM, K. and. DINSTEIN, I. 1973. Textural features for image classification IEEE transactions on systems, man and cybermetrics. In *SMC-3*, 610 -621.

- HASBÚN J. 2009. Propiedades físico-químicas y parámetros de calidad para uso industrial de cuatro variedades de papa. *Agronomía Costarricense* 33(1): 77-89.
- HORTON, D. 1987. La papa, producción, comercialización y programas. Centro internacional de la papa (CIP) Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.
- IBAÑEZ, V. 2009. Métodos estadísticos. Editorial Universitaria, Puno-Perú.
- KAUR, L., SINGH, N., SINGH, N., & SINGH, H., 2002. Some properties of potatoes and their starches. I. Cooking, textural and rheological properties of potatoes. *Food Chemistry* 79, 177–181.
- LAENCINA, F. and ORTIZ, A. 2009. Dimensión fractal de las costas en el entorno de la Unión. Sierra minera la unión. Murcia.
- MARTINEZ, F.M. 2001. Diseño de un Colorímetro Triestímulo a partir de una cámara CCD-RGB. In Universitat politécnica de Catalunya. P.400. Catalunya.
- MEDINA, W., SKURTYS, O. and AGUILERA, J.M. 2010. Study on image analysis application for identification quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Wild) geographical provenance. *Food Science and Technology*, 43, 238-246.
- MEDINA, W., QUEVEDO, R. and AGUILERA, J.M. 2011, Changes on image texture features of breakfast flakes cereals during water absorption. *Food Science and Technology International*.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN- MAPA. 1999.
Manual práctico de manejo del suelo y de los fertilizantes. Ediciones Mundi-prensa.
- MIYAMOTO, E. and MERRYMAN, T. 2011. Fast calculation of Haralick texture features. University, C. M.
- MORALES, C.A., (2008). Clasificación de calidad sensorial de papas fritas tipo chips mediante visión computacional. Universidad de Chile, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Santiago- Chile,
- MOYA, J.A. 2002. Riego localizado y fertirrigación. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid- España
- MUÑOZ, L. Y MERCEDES A. 2008. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*. *Agronomía colombiana*. vol.26 no.2 Bogotá. Colombia
- ORTIZ, B.S. 2003. Secado con bomba de calor para la deshidratación de frutos. En Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos. 107, Universidad de las Américas, Puebla- México.
- PALACIOS, C. 2008. Efecto de la fertilización sobre la calidad de la papa para procesamiento en dos suelos antioqueños con propiedades ándicas. *Agronomía Colombiana* 26(3), 487-496, Bogotá. Colombia

- PÉREZ, C., 2010. Computo evolutivo como enfoque en la descripción del contenido de la imagen aplicado a la segmentación y el reconocimiento de objetos. Tesis Doctoral. Ciencias de la computación, CICESE. México.
- PIRES, J.C. COOPER, M., DIAS, N., BACHI, O. and REICHARDT, K. 2007. Micromorfología, Análisis del efecto de la toma de muestras por el método de anillo volumétrico en la estructura del suelo. En el progreso en Ciencias de la Ingeniería Agrícola. 1, 19.
- ROSS, K.A. Y SCANLON, M.G. 2004. A fracture mechanics analysis of the texture of fried potato crust. *Journal of Food Engineering* 62: 417 – 423
- SALUZZO A, ECHEVERRÍA H, ANDRADE F H, HUARTE M.1999. Nitrogen nutrition of potato cultivars differing in maturity. *J. Agron. Crop Sci.*183:157 – 165.
- SANCHEZ, J. 2007. Fertilizantes, el alimento de nuestros alimentos. Editorial Trillas, México.
- SINGH N., KAUR, L., EZEKIEL, R. AND SINGH, H. G. (2005). Microstructural, cooking and textural characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L) tubers in relation to physicochemical and functional properties of their flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1275–1284.
- UREÑA, M. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos. Primera Edición, Editorial Agraria. Lima-Perú. 197pp.



<http://www.inia.gob.pe/papas/zonas.htm> recuperado el 30 setiembre 2012

<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/12/08/137600>, recuperado el 28 de setiembre 2012

<http://platea.pntic.mec.es/~cmarti3/CTMA/SUELO/perfil.htm> recuperado el 28 de setiembre de 2012



ANEXOS

ANEXO I

CALULO DE LA CANTIDAD DE FERTILIZANTE A UTILIZAR POR CADA TRATAMIENTO.

Para Nitrógeno (N)

$$60 \text{ kg de N} \text{ -----} 10000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ -----} 8\text{m}^2$$

$$X = 0.06 \text{ kg de N}$$

Entonces si el aporte es 46% de Nitrógeno por cada 100 kg de Urea la cantidad necesaria será:

$$46 \text{ kg de N} \text{ -----} 100 \text{ kg Urea}$$

$$0.06 \text{ kg N} \text{ -----} X$$

$$X = 0.13 \text{ kg de Urea.}$$

Luego se usará:

T2: 130 g de urea; T3: 260 g de urea; T4: 390 g de urea

Para Fósforo (P_2O_5)

$$50 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ -----} 10000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ -----} 8\text{m}^2$$

$$X = 0.04 \text{ kg de}$$

Entonces si el aporte es 46% de P_2O_5 por cada 100 kg de Urea la cantidad necesaria será:

$$46 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ -----} 100 \text{ kg Superfostato Triple}$$

$$0.04 \text{ kg } P_2O_5 \text{ -----} X$$

$$X = 0.09 \text{ kg de Superfostato Triple.}$$



Luego se usará:

T2: 90 g de Superfostato Triple; T3: 180 g de Superfostato Triple; T4: 270 g de Superfostato Triple.

Para Potasio (K₂O)

$$40 \text{ kg de K}_2\text{O} \text{ -----} 10000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ -----} 8\text{m}^2$$

$$X = 0.03 \text{ kg de K}_2\text{O}$$

Entonces si el aporte es 60% de K₂O por cada 100 kg de Urea la cantidad necesaria será:

$$60 \text{ kg de K}_2\text{O} \text{ -----} 100 \text{ kg Cloruro de potasio}$$

$$0.03 \text{ kg K}_2\text{O} \text{ -----} X$$

$$X = 0.05 \text{ kg de Cloruro de potasio}$$

Luego se usará:

T2: 50 g de Cloruro de potasio; T3: 100 g de Cloruro de potasio; T4: 150 g de Cloruro de potasio.

Del requerimiento de fertilizantes para el cultivo de papa se adicionarán en el momento de la siembra el 50% de Urea y el 100% de los demás fertilizantes, el 50% restante de Urea se adicionará en el primer aporte en terreno húmedo.

ANEXO II

PORCENTAJE DE NITRÓGENO PRESENTE EN PAPAS

		Nitrógeno (%)							
		Papa Canchán				Papa Imilla Negra			
Tratamientos	Repeticiones	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
	r1	0.34	0.33	0.34	0.37	0.37	0.3	0.37	0.35
	r2	0.35	0.34	0.37	0.35	0.37	0.33	0.35	0.38
	r3	0.32	0.35	0.36	0.38	0.34	0.32	0.38	0.35
	Promedio	0.34	0.34	0.36	0.37	0.36	0.32	0.37	0.36

Donde:

- T0 (Sin adición de fertilizante)
- T1 (60 N 50 P₂O₅ 40 K₂O)
- T2 (120 N 100 P₂O₅ 80 K₂O)
- T3 (180 N 150 P₂O₅ 120 K₂O)

ANEXO III

CANTIDAD DE FÓSFORO PRESENTE EN PAPAS

Tratamientos Repeticiones	Fósforo (mg/100g)							
	Papa Canchán				Papa Imilla Negra			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
r1	38	40	44	40	40	45	46	47
r2	38	42	43	40	40	46	47	48
r3	39	43	45	43	39	47	47	49
Promedio	38.33	41.67	44.00	41.00	39.67	46.00	46.67	48.00

Donde:

- T0 (Sin adición de fertilizante)
- T1 (60 N 50 P₂O₅ 40 K₂O)
- T2 (120 N 100 P₂O₅ 80 K₂O)
- T3 (180 N 150 P₂O₅ 120 K₂O)

ANEXO IV

PORCENTAJE DE POTASIO PRESENTE EN PAPAS

Tratamientos Repeticiones	Potasio (mg/100g)							
	Papa Canchán				Papa Imilla Negra			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
r1	380	391	401	394	411	422	424	450
r2	380	390	309	394	409	421	425	452
r3	379	388	400	396	410	418	425	449
Promedio	379.67	389.67	370.00	394.67	410.00	420.33	424.67	450.33

Donde:

T0 (Sin adición de fertilizante)

T1 (60 N 50 P₂O₅ 40 K₂O)

T2 (120 N 100 P₂O₅ 80 K₂O)

T3 (180 N 150 P₂O₅ 120 K₂O)

ANEXO V

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL PROCESO DE FRITADO DE VARIEDAD CANCHAN.

Tiempo (min)	CANCHAN- GRANDES				CANCHAN MEDIANAS				CANCHAN PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	0.76701264	0.53492141	0.76421296	0.74735671	0.72157475	0.75593341	0.81413501	0.66672894	0.74964789	0.80964036	0.78775383	0.54885047
5	0.85152218	0.64462716	0.5282886	0.64526334	0.9101987	0.89255992	0.90210954	0.83989321	0.40900507	0.8775859	0.52897292	0.81747965
10	0.50796515	0.73856411	0.5146114	0.68170824	0.87118505	0.49117138	0.82504647	0.63438714	0.78069856	0.83769876	0.46444782	0.6524179
15	0.58410746	0.41821571	0.7782589	0.47167899	0.86962247	0.89867423	0.81920784	0.69218469	0.8698139	0.54143907	0.69060668	0.8795954
20	0.42103424	0.81679588	0.83904719	0.4334112	0.89740133	0.4006929	0.85919313	0.87547769	0.4378117	0.53077468	0.71597431	0.66432729
25	0.36628483	0.68698899	0.68741188	0.60064047	0.69050564	0.7723143	0.90575215	0.63383409	0.86076569	0.55316117	0.7196097	0.82077244
30	0.36762965	0.65667994	0.6571833	0.78502932	0.84797938	0.72778358	0.88769204	0.68228544	0.73339231	0.75655911	0.52178687	0.4817246
35	0.59297695	0.44498821	0.7200448	0.8525725	0.87860197	0.81787563	0.43947427	0.68678351	0.85068151	0.68778637	0.72860482	0.76400337

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DEL SEGUNDO MOMENTO ANGULAR DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

Tiempo (min)	IMILLA- GRANDES				IMILLA MEDIANAS				IMILLA PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	0.70414975	0.70866817	0.65525082	0.77287296	0.73537824	0.73308313	0.71937521	0.66952271	0.69942535	0.79022031	0.73215656	0.73381743
5	0.3507323	0.45800963	0.42367095	0.36932966	0.39778352	0.37911941	0.36134831	0.40635784	0.45378444	0.48495448	0.3707344	0.48980485
10	0.43412147	0.41645139	0.4357349	0.36701624	0.65231439	0.47160707	0.47830024	0.50683926	0.26434966	0.31027672	0.612989	0.27070183
15	0.53756841	0.64910156	0.6708575	0.58561739	0.50776444	0.44351793	0.54686283	0.44506882	0.34324154	0.72749975	0.45594681	0.56242482
20	0.61081503	0.49983368	0.44540759	0.36199813	0.27962177	0.49430848	0.54645847	0.52807444	0.32788311	0.34666907	0.42303365	0.5038742
25	0.51993013	0.64067813	0.56336034	0.53043019	0.53675006	0.41888322	0.61828929	0.58454215	0.26098916	0.40535895	0.69342701	0.54714784
30	0.59332797	0.46027399	0.42478244	0.44739445	0.54462413	0.47870736	0.55540025	0.6255573	0.32362309			
35	0.42633569	0.42860653	0.49798054	0.53081253	0.70539218	0.45991256	0.61168253	0.62978047	0.24735894			

ANEXO VI

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ASM (VARIEDAD CANCHAN)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	0.31826199	0.15913099	0.0008	**
N. de Fertilización (B)	3	0.01515581	0.00505194	0.8645	n.s.
A*B	6	0.17048768	0.02841461	0.2324	n.s.
Error	84	1.73027594	0.02059852		
Total	95	2.23418142			

CV= 20.62 %

PRUEBA DE DUNCAN PARA EL PROMEDIO DE TAMAÑO DE PAPAS (VARIEDAD CANCHAN)

Promedio	N	A	
0.76901	32	2	a
0.68979	32	3	b
0.62834	32	1	b

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ASM VARIEDAD (MILLA NEGRA)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	0.04451646	0.02225823	0.2916	n.s.
N. Fertilización (B)	3	0.01991229	0.00663743	0.7727	n.s.
A*B	6	0.11744445	0.01957408	0.3695	n.s.
Error	83	1.47705706	0.01779587		
Corrected Total	94	1.65893026			

C. V. 26.10%

PRUEBA DE DUNCAN PARA ASM VARIEDAD (MILLA NEGRA)

Promedio	N	B	
0.52733	23	4	a
0.52202	24	3	a
0.50439	24	2	a
0.49077	24	1	a

ANEXO VII

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DE CONTRASTE DURANTE EL PROCESO DE FRITADO DE LA VARIEDAD CANCHAN

Tiempo (min)	CANCHAN- GRANDES				CANCHAN MEDIANAS				CANCHAN PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	717.0109195	791.205252	484.425628	750.40863	768.44762	734.971179	685.634343	832.813781	741.53016	614.75407	709.988923	991.269166
5	649.4155068	853.87962	893.851362	649.660731	614.290808	625.991734	615.700623	656.261948	1459.68669	487.497437	930.872559	678.216953
10	979.6598052	577.723475	862.670252	619.301629	636.737904	976.362218	689.946458	837.765111	708.788613	505.715676	786.670618	746.589296
15	929.762549	832.302706	536.90581	887.002308	638.701007	615.80551	678.393038	854.459151	636.587815	847.016249	731.849322	634.00808
20	996.2080094	509.172246	384.453059	1000.46353	621.260718	1061.79394	645.31745	633.323935	1111.03102	1001.47644	751.305792	676.540849
25	1226.673727	605.360993	498.676227	809.284466	761.516152	719.246028	615.613642	960.162907	642.073161	828.06821	743.176088	680.128406
30	1217.746144	645.751373	187.163876	698.805782	646.488755	752.479225	627.103136	870.252142	744.100077	660.671455	886.029959	963.770414
35	746.3299839	996.935404	508.4132	647.768116	630.690941	676.198631	1448.04537	813.85432	651.60935	764.881066	753.200713	572.7613

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DE CONTRASTE DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

Tiempo (min)	IMILLA- GRANDES				IMILLA MEDIANAS				IMILLA PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	792.236571	783.551532	847.772913	725.963421	755.262973	574.187875	773.11736	823.823735	802.933224	708.975948	757.210078	750.554885
5	1606.68946	1200.29984	1319.15208	1554.50376	1352.16932	1467.12998	1617.12983	1357.51048	1296.10473	1131.4546	1559.58295	1100.44845
10	1246.11625	1313.689	1219.55216	1482.63351	858.970221	1172.65824	1138.34853	1082.44356	2619.3813	2105.93645	889.957134	2327.24938
15	1014.88937	853.095424	642.820519	934.967686	1081.62704	1231.49593	1019.3482	1264.52298	1723.40275	755.671945	1251.23232	949.61676
20	941.197511	994.652646	1123.42623	1466.32883	2331.63613	1115.7256	998.430355	1018.3975	1764.89734	1814.20975	1357.23359	1098.26557
25	1043.93808	589.284971	966.27367	822.216295	1007.82837	1344.3123	891.265272	947.479363	2551.86356	1436.55633	828.050055	997.977415
30	937.870118	1160.6574	999.198173	884.241336	1054.80419	1029.52468	996.742579	876.885233	2199.73231			
35	1294.69214	1181.94515	1124.63177	1026.30557	811.802335	1194.13731	912.478223	870.608773	2621.3661			

ANEXO VIII

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONTRASTE VARIEDAD CANCHÁN

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	15058.0341	7529.0170	0.8068	n.s.
N. De Fertilización (B)	3	178451.4044	59483.8015	0.1732	n.s.
A*B	6	585499.3982	97583.2330	0.0106	**
Error	84	2938835.295	34986.134		
Total	95	3717844.132			

C.V. = 24.84%

PRUEBA DE DUNCAN PARA CONTRASTE VARIEDAD CANCHÁN

Promedio	N	B
811.51	24	1 a
769.37	24	4 ba
736.89	24	2 ba
693.98	24	3 b

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONTRASTE VARIEDAD IMILLA NEGRA.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	1139010.898	569505.449	0.0493	*
N. de Fertilización (B)	3	969481.536	323160.512	0.1574	n.s.
A*B	6	942949.978	157158.330	0.5195	n.s.
Error	60	10790438.34	179840.64		
Corrected Total	71	13841880.75			

C.V = 35.80%

PRUEBA DE DUNCAN PARA CONTRASTE VARIEDAD IMILLA NEGRA

Promedio	N	B
1377.3	18	1 a
1150.3	18	4 ba
1144.0	18	2 ba
1066.7	18	3 b

ANEXO IX

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL PROCESO DE FRITADO DE LA VARIEDAD CANCHAN

Tiempo (min)	CANCHAN- GRANDES				CANCHAN MEDIANAS				CANCHAN PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	0.65256581	0.98303163	0.55737914	0.61390775	0.69556072	0.60794485	0.50975661	0.78950571	0.65669211	0.49037108	0.5586485	0.98017374
5	0.41744655	0.76507657	0.94643386	0.76071305	0.27395748	0.32457216	0.29906142	0.4230652	1.19967109	0.34184721	0.97316961	0.50447099
10	0.96169322	0.66580018	0.99187735	0.71503311	0.35342264	0.98684836	0.44694392	0.82480492	0.57110236	0.43955566	1.04561607	0.79231586
15	0.87258282	1.13965288	0.52983176	1.05965689	0.36196412	0.30181702	0.48133701	0.67094169	0.37860866	0.9467185	0.67764319	0.34843957
20	1.10297011	0.49342026	0.42488759	1.08597829	0.306439	1.11961362	0.40170695	0.36005824	1.06299023	0.86739056	0.66666287	0.75410886
25	1.25548528	0.75338698	0.65918828	0.81339468	0.71452661	0.55848378	0.29218896	0.80815675	0.40380571	0.91460809	0.65996084	0.49207921
30	1.23881757	0.74622878	0.75344551	0.52427965	0.4248022	0.61662616	0.33391829	0.71356817	0.70280668	0.60259657	0.96835201	1.03436331
35	0.90831965	1.13987409	0.64376473	0.39960002	0.34713918	0.45097003	1.08075848	0.75095645	0.42639595	0.66616591	0.66695259	0.58019712

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DEL IDM DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

Tiempo (min)	IMILLA- GRANDES				IMILLA MEDIANAS				IMILLA PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	0.70384357	0.72626583	0.83229597	0.56739618	0.68709765	0.69358137	0.70297694	0.83622457	0.74102809	0.54620452	0.69354096	0.73092886
5	1.48605952	1.18541499	1.23170447	1.31186481	1.24961685	1.21434765	1.54444726	1.38527776	1.3079433	1.22533145	1.48624984	1.27943707
10	1.28630267	1.11971237	1.20750385	1.36297992	0.80412357	1.19511779	1.12705352	1.09410571	1.73747518	1.55743501	0.9093886	1.78214728
15	1.07658969	0.82327526	0.81697343	0.95915002	1.00694643	1.214604	1.02697334	1.34754246	1.51146982	0.69887176	1.26558995	1.08050723
20	0.93899142	1.07690389	1.13652576	1.38815963	1.70741083	1.11179313	1.11384406	1.17829685	1.60741423	1.4125259	1.38862917	1.22677508
25	1.07712765	0.90949418	0.91508835	1.09797387	0.96340344	1.2320353	0.86215704	0.99970225	1.74889366	1.3914705	0.73170246	1.05965352
30	0.94191121	1.14261781	1.29393158	1.28289341	1.00896137	1.11290936	1.04308995	0.84152876	1.54019901			
35	1.27796299	1.21678898	1.09315062	0.94559375	0.71679314	1.18505994	0.91632827	0.84142427	1.81426699			

ANEXO X

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA IDM VARIEDAD CANCHAN

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	0.99850660	0.49925330	0.0004	**
N. de Fertilización (B)	3	0.04728119	0.01576040	0.8436	n.s.
A*B	6	0.57631085	0.09605181	0.1376	n.s.
Error	84	4.82161763	0.05740021		
Corrected Total	95	6.44371626			

C.V. = 35.07081

PRUEBA DE DUNCAN PARA IDM VARIEDAD CANCHÁN

Promedio	N	B
0.70511	24	2 a
0.69999	24	4 a
0.67874	24	1 a
0.64873	24	3 a

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL IDM VARIEDAD IMILLA NEGRA

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	0.33565306	0.16782653	0.1698	n.s.
N. de Fertilización (B)	3	0.25104149	0.08368050	0.4413	n.s.
A*B	6	0.30760235	0.05126706	0.7619	n.s.
Error	60	5.51300675	0.09188345		
Total	71	6.40730366			

C.V = 27.06%

PRUEBA DE DUNCAN PARA IDM VARIEDAD IMILLA NEGRA

Promedio	N	B
1.2023	18	1 a
1.1493	18	4 a
1.0741	18	2 a
1.0551	18	3 a

ANEXO XI

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL PROCESO DE FRITADO DE LA VARIEDAD CANCHAN

Tiempo (min)	CANCHAN- GRANDES				CANCHAN MEDIANAS				CANCHAN PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	717.500845	791.54562	484.596782	750.904002	769.156671	735.730945	686.152014	833.658561	742.119972	615.268737	710.727446	992.299574
5	649.900866	854.658971	894.181419	649.870017	614.581907	626.369042	615.996928	656.790263	1460.87776	487.707751	931.245901	678.633904
10	980.183155	577.982141	862.995469	619.591653	637.0309	976.840107	690.415232	838.36448	709.2712	505.89819	787.204924	747.101076
15	930.35878	832.614822	537.14776	887.487948	639.076679	616.124383	678.834532	855.165535	637.071696	847.682183	732.371983	634.433015
20	996.873938	509.332629	384.849447	1000.8833	621.643067	1062.30062	645.746899	633.857754	1111.84282	1002.21882	751.812743	676.999467
25	1227.74144	605.83267	498.820096	809.656235	762.015671	719.628586	616.02961	960.985472	642.513183	828.50635	743.505043	680.582786
30	1218.49217	646.12469	187.555857	699.100583	646.800677	753.054104	627.48496	871.137279	744.635925	661.25743	886.52831	964.203473
35	746.658405	997.45003	508.600009	648.155483	630.976587	676.614389	1449.16419	814.713841	652.059938	765.541621	753.579317	573.00482

RESULTADOS DE LA VARIACIÓN DE ENTROPÍA DURANTE EL PROCESO DE COCCIÓN DE LA VARIEDAD IMILLA NEGRA

Tiempo (min)	IMILLA- GRANDES				IMILLA MEDIANAS				IMILLA PEQUEÑAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
0	792.680724	784.193093	848.43771	726.470813	755.735711	574.6317	773.62154	824.653782	803.488204	709.546136	757.853078	751.054129
5	1607.95454	1201.01308	1320.29484	1555.55857	1353.53937	1468.15187	1618.4295	1358.84676	1297.29035	1132.28156	1560.91335	1101.37837
10	1247.04703	1314.50616	1220.64363	1483.75205	859.595031	1173.49936	1139.38873	1083.15977	2621.66706	2107.83454	890.581426	2329.15484
15	1015.5609	853.689107	643.264286	935.561813	1082.40431	1232.58832	1020.02033	1265.34817	1724.89797	756.181438	1252.52025	950.566401
20	941.841245	995.278128	1124.06543	1468.10541	2333.74672	1116.38892	999.171985	1019.33642	1766.71464	1815.77188	1358.35665	1099.24438
25	1044.70021	589.891106	966.860793	822.779107	1008.40415	1345.37613	891.926489	948.153557	2553.9454	1437.89238	828.528813	998.699844
30	938.789323	1161.58822	999.924173	884.824675	1055.46212	1030.15675	997.634888	877.524028	2201.9889			
35	1295.65609	1182.67364	1125.63646	1026.92497	812.442724	1195.01048	913.310043	871.254552	2625.09214			

ANEXO XII

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ENTROPÍA VARIEDAD CANCHÁN.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	15148.1384	7574.0692	0.8060	n.s.
N de Fertilización (B)	3	178847.0784	59615.6928	0.1729	n.s.
A*B	6	586621.8577	97770.3096	0.0109	**
Error	84	2942950.533	35035.125		
Total	95	3723567.608			

C.V. = 24.84345

PRUEBA DE DUNCAN PARA ENTROPÍA VARIEDAD CANCHÁN

Promedio	N	B	
812.06	24	1	a
769.90	24	4	ba
737.35	24	2	ba
694.40	24	3	b

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CONTRASTE VARIEDAD IMILLA NEGRA

F de V	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Tamaño (A)	2	1141779.316	570889.658	0.0492	*
N. de Fertilización (B)	3	971243.334	323747.778	0.1574	n.s.
A*B	6	944896.984	157482.831	0.5194	n.s.
Error	60	10810318.94	180171.98		
Total	71	13868238.58			

C.V. 35.80%

PRUEBA DE DUNCAN PARA ENTROPÍA, VARIEDAD IMILLA NEGRA.

Promedio	N	B	
1378.4	18	1	a
1151.2	18	4	ba
1144.9	18	2	ba
1067.5	18	3	b

ANEXO XIII

ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANALISIS FERTILIDAD DE SUELOS

NOMBRE : ING. ROSARIO ORTEGA BARRIGA
 PROCEDENCIA : CIP CAMACANI UNA -PUNO
 FECHA RECEPCION : ABRIL DEL 2014
 LABORATORIO : Agua y Suelo de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA- puno

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		AREN A %	ARCILL A %	LIMO %				
01	Invern. Camacani	67.16	5.16	27.68	Franco arenosa	0.00	4.98	0.11

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	6.58	0.30	1.50	13.50	287	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

Dr. Deivo Espinoza Calloapaca
 DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
 BRANQUILA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

Ing. M.Sc. Angel Cari Choquebuanca
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS, PLANTAS

ANEXO XIV

ANÁLISIS DE CONTENIDO DE MACRONUTRIENTES EN PAPAS DE VARIEDAD CANCHÁN E IMILLA NEGRA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANÁLISIS DE MUESTRA DE PAPA IMILLA y CANCHAN

NOMBRE : ROSARIO ORTEGA BARRIGA
PROCEDENCIA : CIP CAMACANI –UNA- PUNO
MOTIVO : ANÁLISIS N,P,K y HUMEDAD (% DE LA MATERIA SECA)
FECHA RECEPCION : 09/06/2014
FECHA DE ANÁLISIS : 10/06/2014
LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS:

PAPA IMILLA	CLAVE	%Proteína	%Fósforo	%Potasio	% Humedad
T-1	T ₀	2.20	1.20	1.16	69.95
T-2	T ₁	2.02	1.38	1.18	73.13
T-3	T ₂	2.35	1.41	1.19	69.55
T-4	T ₃	2.30	1.44	1.30	68.52
PAPA CANCHAN	CLAVE	%Proteína	%Fósforo	%Potasio	% Humedad
T-1	A ₁ L ₀	2.10	1.14	1.03	71.16
T-2	A ₁ L ₁	2.15	1.26	1.07	66.40
T-3	A ₁ L ₂	2.22	1.29	1.11	68.58
T-4	A ₁ L ₃	2.28	1.23	1.09	66.12

NOTA: factor de conversión nitrógeno a proteína es 6.25 x 100



Ing. M.Sc. Angel Cari Choquehuañca
Jefe de Laboratorio de Aguas y Suelos
UNA-PUNO



ANEXO XV

PROGRAMACIÓN EN MATLAB (RUTINA) PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES EN ESCALA DE GRISES

```
clc
clear all
close all

nombreimage = 4;
empiezo=429;
hoja='Hoja1';
namehoja='A1';

%Escoja intervalo de tiempo entre imagen e imagen
Timeinterval=5;

%Número de imágenes a procesar
filesimage = dir('*.jpg');
counter=0;

for i=1:size(filesimage)
    [name,ext,versn] = fileparts(filesimage(i).name);
    s(i)= textscan(ext, '%7c');
    sss(i)= textscan(date, '%30c');
    counter=counter+1;
end

numimage=sort(s);
numimage=numimage';
[x y]=size(numimage);

% Procesamiento en cada imagen
nombreimage=x;
df11='Hoja';

c=0;
Q = 0;
d = 1;
k=0;

w=0;
rest=empiezo;

%Calibración: Cambiar para cada grupo de imágenes
longueur=4.0/4928;

rowen=0;

for i =1:nombreimage
    numeroimage=i;
    %close all;
    suffixe = numimage(i);
```



```
a11 = '.jpg';  
%Nombre de la imagen  
  
wn=num2str(i);  
nomHoja=strcat(df11,wn);  
nomimage = strcat(sufixe,a11);  
nomimage2=strcat(namehoja,sufixe,a11);  
nomimage = char(nomimage);  
nomimage2=char(nomimage2);  
  
I3= imread(nomimage); % input image  
figure,imshow(I2), title('Original')  
rect=getrect;  
  
I3=imcrop(I2,rect);  
  
%figure,imshow(I3), title('Calibración')  
%MÓDULO PARA CÁLCULO DE PARÁMETROS DE TEXTURA  
  
options.dharalick = 3;  
R = Bim_segbalu(I3); % segmentation  
J = I3(:,:,2); % green channel  
[X,Xn] = Bfx_haralick(J,R,options);  
  
rowen=rowen+1;  
XHar(rowen,1:28)=X;  
  
close all  
  
[slope, intercept, averslope, averIC]=fdsurfft(J,'NO');  
c=c+1;  
fractalroberto(c,1)=averslope;  
  
imwrite(J,nomimage2);  
  
end  
  
close all  
  
xlswrite(namehoja,XHar,'Haralick','A1');  
xlswrite(namehoja,fractalroberto,'fractal','A1');  
  
AAA1=XHar(:,1);  
AAA2=XHar(:,2);  
AAA3=XHar(:,3);  
AAA4=XHar(:,4);  
AAA5=XHar(:,5);  
AAA6=XHar(:,6);  
AAA7=XHar(:,7);  
AAA8=XHar(:,8);  
AAA9=XHar(:,9);  
AAA10=XHar(:,10);  
AAA11=XHar(:,11);
```



```
AAA12=XHar(:,12);
AAA13=XHar(:,13);
AAA14=XHar(:,14);

timerper=(0:2:10);

timerper=timerper';

figure
plot(timerper,AAA1)
figure
plot(timerper,AAA2)
figure
plot(timerper,AAA3)
figure
plot(timerper,AAA4)
figure
plot(timerper,AAA5)
figure
plot(timerper,AAA6)
figure
plot(timerper,AAA7)
figure
plot(timerper,AAA8)
figure
plot(timerper,AAA9)
figure
plot(timerper,AAA10)
figure
plot(timerper,AAA11)
figure
plot(timerper,AAA12)
figure
plot(timerper,AAA13)
figure
plot(timerper,AAA14)
figure
plot(timerper,fractal)
%C36=ss11(:,3);
%plot(timeper,diam1)
% [a1 m1]=size(grises1);
%
% ww=0;
%
% for i=1:2:a1
% ww=ww+1;
% grises1(ww,:)=mean(grises(i:i+1,:));
% end
%
%xlswrite(namehoja,diam1,'textura','A1');
xlswrite(namehoja,XHar,'Haralick','A1');
```



ANEXO XVI

PRUEBA DE TEST EDÓNICO: FICHA DE CALIFICACIÓN SENSORIAL

Muestra evaluada: _____ **Fecha:** _____

Edad del Juez: _____ **Sexo:** **M** **F**

Se le presentará cuatro (4) muestras de papa para que las compare en cuanto a las características mencionadas en la ficha. Las muestras están marcadas con códigos numéricos. Deguste cada muestra y de acuerdo a la diferencia que perciba, clasifíquela según la escala por cada característica.

CARACTERÍSTICAS	MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3
SUAVIDAD				
Muy poca				
Poca				
Regular				
Alta				
Bastante alta				
DUREZA				
Muy poca				
Poca				
Regular				
Alta				
Bastante alta				
CROCANTEZ				
Muy poca				
Poca				
Regular				
Alta				
Bastante alta				

Comentario: _____



PRUEBA DE TEST EDÓNICO: FICHA DE CALIFICACIÓN SENSORIAL

Muestra evaluada: Papa Fecha: 17 - Set - 2013
 Edad del Juez: 38 Sexo: M F

Se le presentará cuatro (4) muestras de papa para que las compare en cuanto a las características mencionadas en la ficha. Las muestras están marcadas con códigos numéricos. Deguste cada muestra y de acuerdo a la diferencia que perciba, clasifíquela según la escala por cada característica.

CARACTERÍSTICAS	MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3
SUAVIDAD				
Muy poca				
Poca		X	X	
Regular	X			
Alta				X
Bastante alta				
DUREZA				
Muy poca				
Poca	X			
Regular		X	X	X
Alta				
Bastante alta				
CROCANTEZ				
Muy poca	X	X		
Poca			X	
Regular				
Alta				X
Bastante alta				

Comentario: el T3 parece no muy cocido - mejor tiempo de cocción



PRUEBA DE TEST EDÓNICO: FICHA DE CALIFICACIÓN SENSORIAL

Muestra evaluada: Papa Fecha: 21/08/2014

Edad del Juez: 23 Sexo: M F

Se le presentará cuatro (4) muestras de papa para que las compare en cuanto a las características mencionadas en la ficha. Las muestras están marcadas con códigos numéricos. Deguste cada muestra y de acuerdo a la diferencia que perciba, clasifíquela según la escala por cada característica.

CARACTERÍSTICAS	MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3
SUAVIDAD				
Muy poca				
Poca				
Regular		X	X	X
Alta	X			
Bastante alta				
DUREZA				
Muy poca				
Poca	X	X		
Regular			X	X
Alta				
Bastante alta				
CROCANTEZ				
Muy poca		X		
Poca	X			
Regular			X	
Alta				X
Bastante alta				

Comentario: _____

PRUEBA DE TEST EDÓNICO: FICHA DE CALIFICACIÓN SENSORIAL

Muestra evaluada: Papa cocida - Papa frita Fecha: 21-set-2014

Edad del Juez: 28 Sexo: M

Se le presentará cuatro (4) muestras de papa para que las compare en cuanto a las características mencionadas en la ficha. Las muestras están marcadas con códigos numéricos. Deguste cada muestra y de acuerdo a la diferencia que perciba, clasifíquela según la escala por cada característica.

CARACTERÍSTICAS	MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3
SUAVIDAD				
Muy poca				
Poca			X	
Regular				X
Alta	X	X		
Bastante alta				
DUREZA				
Muy poca				X
Poca	X	X		
Regular			X	
Alta				
Bastante alta				
CROCANTEZ				
Muy poca	X			
Poca		X		
Regular			X	X
Alta				
Bastante alta				

Comentario: Las muestras de papa frita no terminaron de cocer al centro

ANEXO XVII

ESCALA EDÓNICA Y TABULACIÓN DE LOS DATOS DE LAS PRUEBAS
ORIENTADAS AL COSUMIDOR

CARACT. JUECES	SUAVIDAD				DUREZA				CROCANTEZ			
	MUESTRAS				MUESTRAS				MUESTRAS			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
1	4	3	3	2	1	2	3	3	2	2	2	4
2	3	3	2	2	2	2	2	4	2	2	3	4
3	3	3	2	2	2	2	4	4	2	1	3	4
4	3	3	2	2	2	2	4	4	2	2	3	4
5	4	3	3	3	2	2	4	4	2	1	3	4
6	4	3	4	2	1	2	5	4	2	2	4	4
7	4	4	3	2	1	2	4	4	2	1	4	4
8	4	3	3	2	1	2	4	3	3	2	4	3
9	4	4	3	2	2	3	4	3	2	1	3	3
10	4	4	2	3	2	2	3	1	1	2	3	3
11	3	3	2	2	3	3	3	5	1	2	2	3
12	4	4	2	3	2	2	3	5	1	3	3	3
13	3	4	4	2	3	3	3	3	1	1	2	4
14	4	3	3	3	2	2	3	2	1	2	3	4
15	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	3	4
16	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	5
17	3	3	2	2	1	3	3	4	3	2	3	5
18	4	4	2	3	1	2	3	4	2	2	3	5
19	4	3	2	4	1	2	2	3	1	1	2	5
20	4	3	2	2	1	2	2	1	1	2	2	4
21	5	3	3	3	2	2	2	5	1	2	4	4
22	4	3	4	2	2	2	3	4	1	3	4	3
23	4	4	3	3	2	3	3	5	1	1	4	4
24	3	3	3	3	2	3	4	3	2	1	4	4
25	3	4	2	3	3	3	4	4	2	1	2	4
26	4	3	2	2	1	3	4	5	2	2	2	4
27	5	4	2	2	1	3	3	3	3	1	2	4
28	4	3	2	2	1	2	3	4	3	3	4	4
29	4	3	2	2	1	2	3	5	1	3	4	4
30	4	3	3	2	1	2	2	3	1	3	4	4
TOTAL	112	99	77	72	50	70	96	108	52	56	91	118

ESCALA DE CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA DE TEXTURA
1	MUY POCA
2	POCA
3	REGULAR
4	ALTA
5	BASTANTE ALTA