



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Estudio de la incidencia de incorporación de masa de papa de variedad superchola  
(*Solanium tuberosum*), como sustituto parcial de harina de trigo (*Triticum spp*)  
en el proceso de elaboración de pan.

**AUTORES:**

Montoya Rea José Francisco

Romàn Paillacho Gabriela Maribel

**DIRECTOR:**

Ing. Ángel Satama

**IBARRA – ECUADOR**

2010

# CAPÍTULO I

# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 GENERALIDADES**

La producción total de trigo en país se encuentra aproximadamente en las 10 mil y toneladas, con un rendimiento del 0,7 toneladas por hectárea. Es decir, que la producción solo alcanza para cubrir un 2% de los requerimientos de los 22 molinos que existen a nivel nacional con una capacidad instalada de 800.000 toneladas al año. La molinera nacional genera alrededor de 2000 empleos directos y 5000 indirectos.

Según la asociación Ecuatoriana de molineros ASEMOL ([nutrinet.org/content/view/244/586/lang,es/](http://nutrinet.org/content/view/244/586/lang,es/)), en el Ecuador existen 14125 hectáreas de trigo sembradas las que, pertenecen a los pequeños agricultores cuya producción se destina para su autoconsumo.

Para el 2008 las importaciones de trigo registradas hasta agosto son de 332626,55 toneladas. El 51% de las importaciones corresponde a trigo canadiense, 12,63% trigo argentino, 8,10% alemán, 28,27% USA.

El destino que se da a la producción de trigo nacional así como al importado es para la producción de harina, de la cual un 77% es destinado para panificación, 18% para fabricación de fideos y 5% para galletería.

De la harina destinada para la industria de panificación el 70% es para la elaboración de pan artesanal, 18% para pan semi – industrial y 12% para pan industrial.

El pan es uno de los principales alimentos de la dieta diaria, su consumo en la actualidad se ve afectado por el alto costo de la principal materia prima como es la harina de trigo, lo cual conduce a buscar nuevas alternativas en la elaboración del pan.

En nuestro país se cultivan productos muy semejantes al trigo que bien pueden ser utilizados para sustituir la harina de trigo, indudablemente bajo estudios científicos, tales como maíz, yuca, papa, camote, entre otros; los cuales no poseen las mismas características panificables como el trigo; pero puede utilizarse en diferentes niveles de sustitución a la harina de trigo en la elaboración de pan.

El propósito de esta investigación fue estudiar la incidencia de incorporación de papa de producción local como sustituto parcial en el proceso de elaboración de pan y que se encuentre al alcance de todo tipo de consumidor y a bajo costo.

Con la elaboración de pan a base de trigo y papa se potenciará la cadena productiva y de consumo que beneficie tanto a agricultores, comerciantes y consumidores. Con la incorporación de papa en la elaboración de pan se está innovando con la presentación de un nuevo producto al consumidor.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Estudiar la incidencia de incorporación de papa de variedad superchola como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de elaboración de pan.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el porcentaje de masa de papa, el tiempo de amasado y el tiempo de fermentación óptimos en la elaboración de pan.
- Estudiar el proceso de elaboración de pan, incorporando masa de papa.
- Evaluar las características físicas – químicas (humedad, fibra, azúcares libres, proteína) en el mejor tratamiento y organolépticos (color, aroma, sabor, miga) en el producto final.
- Determinar el rendimiento del pan mediante un balance de materiales.
- Determinar los costos de producción.

### **1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

- Los niveles de masa de papa influyen en el proceso de elaboración y calidad del pan frente al testigo.

# CAPÍTULO II

## **2 MARCO TEORICO**

### **2.1 EL TRIGO**

#### **2.1.1 Definición**

El trigo es una planta gramínea más ampliamente cultivada en el mundo, es un cereal que produce granos, mismos que son considerados como alimento que contiene nutrientes entre ellos: carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas.

#### **2.1.2 Origen y distribución**

Según Marsa (1982) “El trigo es una planta herbácea de la familia gramínea y genero triticum. Es una planta de tallo hueco, que presenta sus flores en espiga, y de cuyas semillas se extrae la harina de la que se elabora el pan”.

Se piensa que se ha cultivado desde hace más de 9,000 años. Algunos autores piensan que surgió en el valle del Río Nilo. El trigo entra a América cuando inmigrantes rusos lo trajeron a Kansas en 1873, la variedad llamada Pavo Rojo, que crece mejor que cualquier otra. [Pagina Web en línea] Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos6/trigo/trigo.shtml> [Consultada: 10/03/2008]

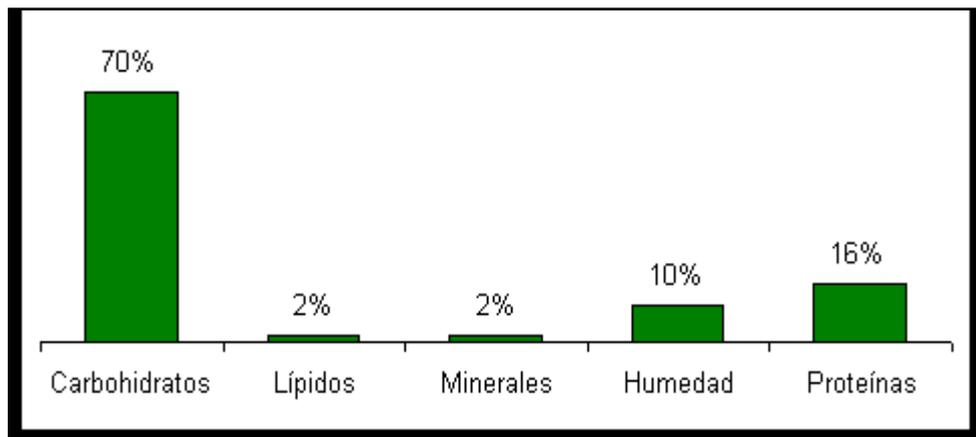
Seymour,J.(1976) menciona que “ el trigo fue conocido desde la edad de piedra ya que el hombre descubrió que aplastando entre dos piedras las semillas de gramíneas resultaban comestibles; desde entonces se ha utilizado los cereales como alimento, de los cuales el trigo, es el favorito en todo el mundo.”

### 2.1.3 Composición Química

El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: Albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), lípidos (ac. Grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitoleico, oléico, linoléico, linoléico), sustancias minerales (K, P, S, Cl ) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas ( B-amilasa, celulasa, glucosidasas ) y otras sustancias como pigmentos.

Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. El almidón está presente únicamente en el endospermo, la fibra cruda está reducida, casi exclusivamente al salvado y la proteína se encuentra por todo el grano. Aproximadamente la mitad de los lípidos totales se encuentran en el endospermo, la quinta parte en el germen y el resto en el salvado, pero la aleurona es más rica que el pericarpio y testa. Más de la mitad de las sustancias minerales totales están presentes en el pericarpio, testa y aleurona.

**Contenido de nutrientes en el grano de trigo en su forma natural (%)**



#### 2.1.4 Clasificación de trigo y variedades

Se divide en cinco grupos importantes, por cosecha, textura y dureza del endospermo, fuerza y utilización.

Según el proceso de cosecha se subdivide en dos estaciones de crecimiento:

**El trigo invernal.-** El grano germina en otoño y crece lentamente en la primavera. Las heladas podrían afectar adversamente a las plantas jóvenes, pero una capa de nieve las protege. El trigo de invierno, cultivado en un clima de temperatura y pluviosidad más constantes, madura más lentamente produciendo cosecha de mayor rendimiento y menor riqueza proteica, este tipo de trigo es más apropiado para galletas y pastelería. [Pagina web en línea]. Disponible: <http://www.telemedik.com/articulos/La%20fibra%20dietaria.htm>. [Consultada: 12/03/2008]

**El trigo primaveral.-** Se planta en primavera y se cosecha a principios de otoño. En lugares tales como las praderas canadienses, o las estepas rusas que padecen inviernos demasiado rigurosos para la sementera invernal, se siembra el trigo en primavera, lo más pronto posible, de manera que se pueda recoger la cosecha antes de que comiencen los hielos de otoño.

Las características climáticas de las localidades donde se cultiva el trigo de primavera máxima pluviosidad en primavera y comienzo de verano y máxima temperatura en pleno y final de verano favorecen la producción de granos de maduración rápida, con endospermo de textura vítrea y alto contenido proteico adecuado para la panificación. El área de producción de trigos de primavera se va extendiendo progresivamente hacia el norte, en el hemisferio norte, con la introducción de variedades nuevas cultivadas por sus características de maduración rápida.

#### **2.1.4.1 Clasificación según la textura del endospermo**

Esta característica del grano está relacionada con la forma de fraccionarse el grano en la molturación; el carácter vítreo-harinoso se puede modificar con las condiciones de cultivo. El desarrollo de la cualidad harinosa, parece estar relacionado con la maduración.

**El trigo vítreo.-** La textura del endospermo puede ser vítrea (acerada, pétreo, cristalina, córnea) El peso específico de los granos vítreos es mayor por lo general que el de los granos harinosos: 1,422 los vítreos (Bailey, 1916). el carácter vítreo es hereditario, pero también es afectado por las condiciones ambientales. Así: el T. aegilopoides, el T. dicocoides, el T. nionococcum y el T. durum, tienen granos vítreos. El carácter vítreo se puede inducir con el abono nitrogenado o con fertilizantes y se correlaciona positivamente con alto contenido de proteína; el carácter harinoso se correlaciona positivamente con la obtención de grandes rendimientos de grano. Los granos son traslúcidos y aparecen brillantes contra la luz intensa. El endospermo vítreo carece de estas fisuras. Los granos a veces, adquieren aspecto harinoso a consecuencia de algunos tratamientos, por ejemplo por humedecer y secarlos repetidamente o por tratamiento con calor.

**El trigo harinoso.-** La textura del endospermo que es harinosa (feculenta, yesosa). El peso específico de los granos harinosos es de 1,405 (Bailey, 1916). el carácter harinoso es hereditario y afectado por las condiciones ambientales. El carácter harinoso se favorece con las lluvias fuertes, suelos arenosos ligeros y plantación muy densa y depende más de estas condiciones que del tipo de grano cultivado. La opacidad de los granos harinosos es, un efecto óptico debido a la presencia de diminutas vacuolas o fisuras llenas de aire, entre y quizás dentro de las células del endospermo. Las fisuras forman superficies reflectantes interiores que impiden la transmisión de la luz y dan al endospermo una apariencia blanca. Los granos harinosos son característicos de variedades que crecen lentamente y tienen un período de maduración largo.

#### 2.1.4.2 Clasificación según la dureza del endospermo

La «dureza» y «blandura» son características de molinería, relacionadas con la manera de fragmentarse el endospermo. En los trigos duros, la fractura tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células, mientras que el endospermo de los trigos blandos se fragmenta de forma imprevista, al azar. Este fenómeno sugiere áreas de resistencias y debilidades mecánicas en el trigo duro, y debilidad bastante uniforme en el trigo blando. Un punto de vista es que la «dureza» está relacionada con el grado de adhesión entre el almidón y la proteína. Otra forma de enfocarlo es, que la dureza depende del grado de continuidad de la matriz proteica (Stenvert y Kingswood, 1977).

La dureza afecta a la facilidad con que se desprende el salvado del endospermo. En el trigo duro, las células del endospermo se separan con más limpieza y tienden a permanecer intactas, mientras que en el trigo blando, las células tienden a fragmentarse, desprendiéndose mientras que otra parte queda unida al salvado.

**Trigos duros.-** Los trigos duros producen harina gruesa, arenosa, fluida y fácil de cerner, compuesta por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células completas de endospermo.

**Trigos blandos.-** Los trigos blandos producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo (incluyendo una proporción de fragmentos celulares muy pequeños y granos sueltos de almidón) y algunas partículas aplastadas que se adhieren entre sí, se cierne con dificultad y tiende a obturar las aberturas de los cedazos. La lesión que se produce en los granos de almidón al moler el trigo duro, es mayor que en el trigo blando. Según Berg (1947), la dureza es una característica que se transmite en los cruzamientos y se hereda siguiendo las leyes de Mendel. El endospermo del trigo duro puede tener el aspecto pétreo o harinoso, pero la fragmentación siempre es la típica del trigo duro.

### 2.1.4.3 Clasificación según su fuerza

**Trigos fuertes.-** Los trigos que tienen la facultad de producir harina para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido de proteína. La harina de trigo fuerte admite una proporción de harina floja, así la pieza mantiene su gran volumen y buena estructura de la miga aunque lleve cierta proporción de harina floja; también es capaz de absorber y retener una gran cantidad de agua.

**Trigos flojos.-** Los trigos que dan harina con la que solamente se pueden conseguir pequeños panes con miga gruesa y abierta y que se caracterizan por su bajo contenido en proteína. La harina de trigo flojo es ideal para galletas y pastelería, aunque es inadecuada para panificación a menos que se mezcle con harina más fuerte.

## 2.2 HARINA

Harina (término proveniente del latín *farina*, que a su vez proviene de *far* y de *farris*, nombre antiguo del farro). Es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón.

Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo (cereal proveniente de Europa, elemento imprescindible para la elaboración del pan), también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz (cereal proveniente del continente americano) o de arroz (cereal proveniente de Asia). Existen harinas de leguminosas (garbanzos, judías) e incluso en Australia se elaboran harinas a partir de semillas de varias especies de acacias (harina de acacia).

El denominador común de las harinas vegetales es el almidón, que es un carbohidrato complejo.

En Europa suele aplicarse el término *harina* para referirse a la harina de trigo, y se refiere indistintamente tanto a la refinada como a la integral, por la importancia que ésta tiene como base del pan, que a su vez es un pilar de la alimentación en la cultura europea. El uso de la harina de trigo en el pan es en parte gracias al gluten,

que surge al mezclarla con agua. El gluten es una proteína compleja que le otorga al pan su elasticidad y consistencia. [Pagina web en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Harina>. [Consultada: 15/05/2008].

### **2.2.1 Composición Química**

Almidón: es el elemento principal que se encuentra en todos los cereales. Es un glúcido que al transformar la levadura en gas carbónico permite la fermentación.

Gluten: el gluten otorga elasticidad a las masas reteniendo la presión del gas carbónico producido por la levadura.

Azúcares: están también presentes en la harina pero en un porcentaje mínimo, ayudan a la levadura a transformar el gas carbónico.

Materias grasas: están localizadas en el germen y en las cáscaras del grano de trigo. Es importante destacar que parte de estas materias desaparecen durante el envejecimiento de las harinas y se convierten en ácidos grasos que alteran la calidad de la harina.

Materias minerales o cenizas: para determinar el porcentaje de ellas es necesaria la incineración de las harinas. A menor proporción de cenizas mayor pureza de la harina (0000). La de 3 ceros es más oscura y absorbe más cantidad de agua.

Vitaminas: Contiene vitaminas B1, B2, PP y E

### **2.2.2 Composición de la harina de trigo**

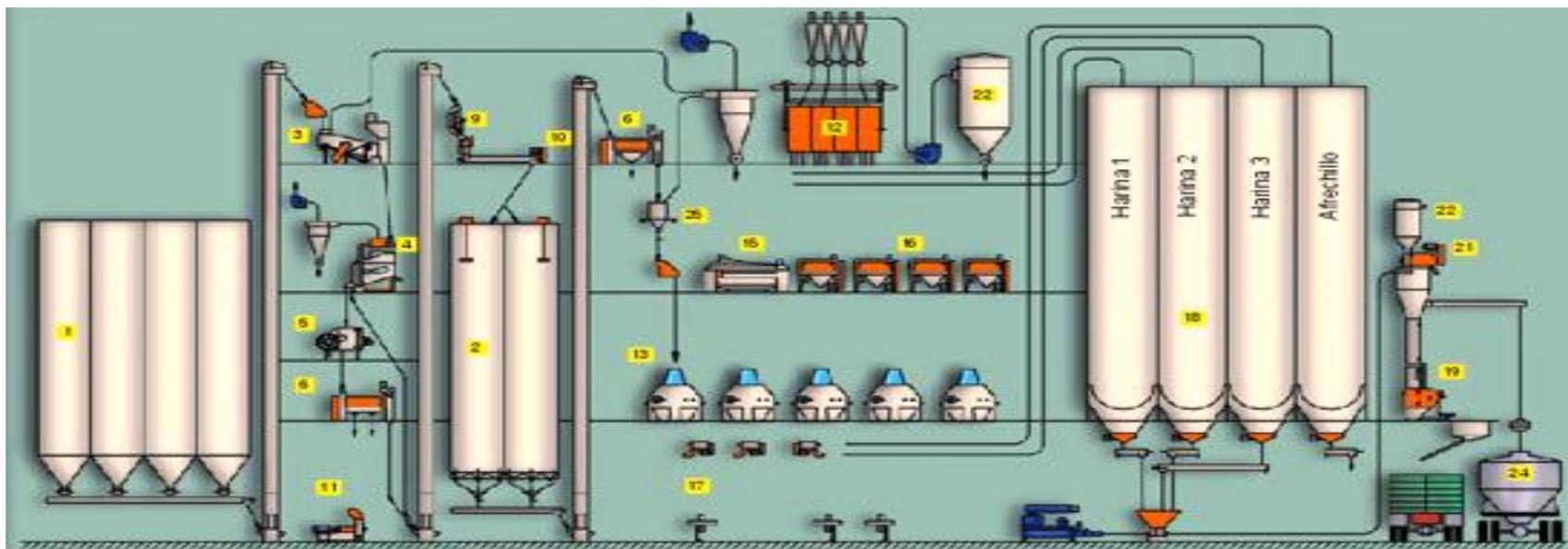
La harina debe ser: suave al tacto, de color natural, sin sabores extraños a rancio, moho, amargo o dulce. Debe presentar una apariencia uniforme sin puntos negros, libre de insectos vivos o muertos, cuerpos extraños y olores anormales.

Su composición debe ser:

Glúcidos.....	74-76%
Prótidos.....	9-11%
Lípidos.....	1-2%
Agua.....	11-14%
Minerales.....	1-2%

### 2.2.3 Obtención de la harina de trigo

#### Diagrama de flujo de la obtención de harina de trigo



1. Silo de materia prima	6. Despuntadora	11. Molino a martillos	16. Cepilladoras	21. Cernidor cónico
2. Silos de descanso	7. Desgerminadoras	12. Plansichter	17. Disgregadores	22. Filtro de mangas
3. Zaranda	8. Imán	13. Bancos de cilindros	18. Silos de almacenaje	23. Camión
4. Despedradora gravimétrica	9. Humectador automático	14. Turbotarara	19. Embolsadora	24. Camión tolva
5. Separador a discos	10. Mojador	15. Sasor	20. Mesa densimétrica	25. Balanza automática

Fuente: [http://www.grupomolinero.com.ar/harina\\_de\\_trigo\\_y\\_de\\_trigo\\_integral.htm](http://www.grupomolinero.com.ar/harina_de_trigo_y_de_trigo_integral.htm)

#### **2.2.4 Otros tipos de harinas**

Harina de trigo integral: es una harina oscura que se obtiene de la molienda del grano de trigo con todas sus envolturas celulósicas. Según el grado de molienda se admiten 3 tipos: grueso, mediano y fino. Esta harina puede utilizarse sola.

Harina de Graham: es una harina integral con un porcentaje más alto de salvado. Sylvester Graham fue un nutricionista americano que luchó a principios del siglo XIX por una alimentación más natural donde el salvado debía ser incluido en los amasados de pan.

Harina de gluten: se extrae industrialmente del grano de trigo, está compuesta por gluten seco y se emplea como mejorador para enriquecer una harina pobre en gluten.

Harina de maíz: se obtiene de la molienda de los granos de maíz, es el cereal que contiene más almidón, si se utiliza sola, no se aglutina la masa.

Harina de centeno: es la harina más utilizada en la panificación después de la de trigo. Es muy pobre en gluten, por ese motivo es necesario añadir un 50% de harina de trigo para conseguir un buen proceso de fermentación.

Las harinas de soja, arroz, avena, mijo, trigo duro o candeal y de cebada al igual que la harina de centeno deben complementarse con un porcentual de harina de trigo para poder amasarlas y conseguir formación de gluten. [Pagina web en línea]. Disponible: [www.guiamiguelin.com/tecnicas/ha-composicion.html](http://www.guiamiguelin.com/tecnicas/ha-composicion.html). [Consultada: 15/05/2008].

#### **2.2.5 Calidad de las harinas panificables**

Según Tejeros (1992) “La harina cuando le llega al panadero se encuentra en un estado de sequedad. Con el paso del tiempo va adquiriendo una maduración y al mismo tiempo una transformación que afecta la calidad. La harina, una vez reposada por 1 o 2 semanas antes de ser amasada, tiene un cambio en sus propiedades panaderas. Presenta aparentemente mayor fuerza y a medida que esta maduración continúa va adquiriendo mayor capacidad para dejarse laminar y

estirar. Estas transformaciones están originadas por ciertos procesos de oxidación, por acción directa del oxígeno del aire. La harina recién molturada presenta falta de fuerza y algunas dificultades en las distintas etapas de mecanización. Ya durante el amasado da la sensación de que nunca llega a amasarse adecuadamente. En la operación del formado acarrea problemas de tenacidad, llegando en muchos casos a la ruptura de la masa. Durante la fermentación se suele apreciar decaimiento de la masa y falta de tolerancia.”

### **2.2.6 Las proteínas de la harina y su papel en panificación**

Según Carrascón D.

#### ✓ Gluteninas y gliadinas.

“Las proteínas constituyen el 9-13% del peso seco de la harina de trigo. El 85% de las mismas poseen la característica singular de combinarse con el agua, dando lugar al denominado gluten, que confiere a la masa la capacidad de retener gas.

El gluten está constituido por dos grupos principales de proteínas: gluteninas, de alto peso molecular, que son glutelinas, proteínas insolubles en soluciones salinas neutras y en etanol y solubles o dispersables en soluciones diluidas de ácidos y bases, y gliadinas, de bajo peso molecular que son prolaminas, proteínas solubles en etanol.

El gluten, en conjunto, muestra propiedades de cohesión, elasticidad y viscosidad intermedias.

#### ✓ Amilasas

Entre las enzimas destacan, por su papel en el proceso de panificación, las  $\alpha$ - y  $\beta$ -amilasas.

Como se conoce las  $\beta$ -amilasas hidrolizan, exclusivamente, los enlaces  $\alpha$ -1,4 glicosídicos de las moléculas de amilosa y amilopectina, con producción rápida de moléculas de maltosa. La acción de las  $\beta$ -amilasas se inicia por los extremos no reductores de las cadenas, deteniéndose cuando se alcanza un enlace  $\alpha$ -1,6, que implica una ramificación.

Las  $\beta$ -amilasas pueden hidrolizar completamente la amilosa, el componente lineal del almidón, por no poseer ramificaciones. Estas enzimas se encuentran localizadas, fundamentalmente, en el endospermo del grano de trigo, habiéndose

aislado al menos, cuatro constituyentes. La actividad  $\beta$ -amilasas actualmente durante la maduración del grano y se mantiene a niveles relativamente altos en el trigo maduro.

En el proceso de panificación, la acción amilásica se inicia en el momento en el momento en que se mezclan los ingredientes que constituye la masa panaria, y cesa cuando las enzimas se desnaturalizan por el calor, durante la cocción del pan. Las  $\alpha$ -amilasa son más estables que las  $\beta$ -amilasas, a las temperaturas de cocción”.

## **2.3 LA PAPA**

### **2.3.1 Definición**

La papa es un alimento de origen vegetal que, desde un punto de vista bromatológico, se puede incluir en el grupo de las hortalizas y verduras o en el grupo de los alimentos feculentos o amiláceos. Solas o acompañando verduras o alimentos de origen animal constituyen un alimento de uso muy extendido en la Sociedad Occidental. Sin embargo, el consumo ha disminuido en los países desarrollados durante las últimas décadas debido, de forma análoga al pan, al poco prestigio alimenticio que tiene lo cual justifica, al menos en parte nuestros desequilibrios nutricionales.

### **2.3.2 Composición Química**

Dentro de los componentes nutritivos el que se encuentra en mayoría es el agua que constituye en torno al 80% del total.

Le siguen los carbohidratos que constituyen el 16-20% entre los que hay que destacar el grupo de los almidones que son polisacáridos complejos que se absorben como glucosa previa hidrólisis enzimática.

La fibra alimentaría representa 1-2% del total de la papa y se encuentra preferentemente en la piel.

La concentración de azúcares sencillos es baja (0, 10,7%) siendo los más importantes la glucosa, fructosa y sacarosa. [Página Web en línea] Disponible en <http://www.amigosdelciclismo.com/pesoforma/archivos/papa1.htm> [Consultada: 15/05/2008].

### **2.3.3 Clasificación Botánica**

En el Ecuador, la papa ha sido tradicionalmente un cultivo desarrollado entre los 2000 y 3600 m.s.n.m; sin embargo, se ha iniciado el cultivo de papa en la península de Santa Elena en la Costa. En la Sierra se encuentra el cultivo en zonas templadas a frías con un rango de temperatura de 6 a 18°C y una precipitación de 600 a 1200 mm. La papa se desarrolla mejor en suelos francos, bien drenados, humíferos y apropiadamente abastecidos de materias orgánicas y nutrientes.

La planta pertenece a las siguientes categorías taxonómicas:

Reino: Vegetal

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Tubiflorae

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Subgénero: Potatoe

Nombre Científico: Solanum tuberosum

Nombre vulgar: Papa

### **2.3.4 Características cualitativas para la comercialización de la papa**

#### **2.3.4.1 Tamaño y forma de los tubérculos**

Andrade (1997) sostiene: “el tamaño adecuado para el procesamiento industrial debe ser entre 4 a 6 cm. o más diámetro. La forma del tubérculo es una característica varietal, que influenciado por las condiciones medio ambientales y prácticas culturales pueden variar considerablemente; sin embargo, en los cultivares son comúnmente clasificados en redondos y largos. En condiciones poco apropiadas de crecimiento se forman tubérculos deformes, exhibiendo defectos tales como: grietas, rajaduras, protuberancias, alargamientos y engrosamientos. Estas deformaciones ocurren cuando después de un periodo de

suspensión de crecimiento, la planta y el tubérculo comienzan de repente a crecer vigorosamente.

La profundidad de los “ojos” del tubérculo, es una característica variable, pero es importante en el procesamiento industrial y puede influir en la pérdida de pulpa por el pelado”.

#### **2.3.4.2 Daños y deformaciones**

Andrade (1997) refiere, “para detectar daños y defectos internos, se requiere cortar el tubérculo seleccionado al azar para realizar la evaluación. Tubérculos con defectos físicos o enfermedades son descartados para el proceso de industrialización, se debe evitar realizar bruscamente la cosecha y embalaje de la papa, por que toman manchas marrones en el interior del tubérculo. Otro daño interno indeseable para la agroindustria y que puede encontrarse es el “corazón hueco”, el cual es un defecto fisiológico que resulta ser una cavidad interna de dimensiones variadas, puede ser precedido por el apareamiento del centro pardo o necrosis de las células internas; generalmente este fenómeno se encuentra en tubérculos grandes”

#### **2.3.4.3 Contenido de materia seca en los tubérculos**

Villacrés (1996) afirma “Existen algunos factores que influyen como: las prácticas de cultivo, clima, tipo de suelo e incidencia de plagas y enfermedades. Varios estudios han demostrado la elevada correlación entre el contenido de la materia seca y gravedad específica del tubérculo.

Una papa con alto contenido de materia seca resulta con una apariencia más harinosa después de cocida. El rendimiento de las papas que se industrializan para convertirlas en: fécula o harina, pure en polvo, chips u hojuelas o papas fritas francesas, es tanto más elevado cuanto mayor sea el porcentaje de contenido de materia seca.

A mayor cantidad de materia seca del tubérculo existe un menor consumo de aceite para fritura, lo que reduce costos por requerir de menor cantidad de energía

para evaporar el agua. Por cada incremento de 0.005 en la gravedad específica se produce un aumento del 1% en el rendimiento de hojuelas o chips”.

#### **2.3.4.4 Contenido de azúcares reductores en el tubérculo**

El informe del Ministerio de Agricultura Bogotá (2002) menciona “el contenido de azúcares reductores en el tubérculo al momento de la cosecha dependerá de la madurez del cultivo. Para obtener una instantánea indicación del contenido se puede utilizar cintas de glucosa. El método en laboratorio usa el ácido pícrico que reacciona con los azúcares reductores, formando un picramato de color intenso que es leído en un colorímetro de 510 nm. Claro está que la mejor información es al momento de freír las papas a 180°C. Después se compara el color del producto frito con los estándares de color de papas fritas chips. Al existir mayor contenido de azúcares reductores, más oscuro será el color de la fritura, esta coloración más el sabor amargo resultan inaceptables en la industrialización y comercialización”.

#### **2.3.4.5 Ennegrecimiento enzimático del tubérculo**

Castilla (1982) afirma “La decoloración de la pulpa del tubérculo es un importante problema de procesadores, ya que pueden incrementar costos a través de pérdidas, más labores se requieren para clasificar y tomar medidas preventivas durante el procesamiento. Este problema se presenta al pelar y cortar el tubérculo, el cual sufre un cambio a color necrosado de la pulpa, que se debe a elementos minerales que causan un desorden fisiológico en el tejido, el nitrógeno parece aumentar este desorden y el potasio tiende a controlarlo.

Para solucionar este problema se emplean varios medios químicos que afectan la actividad de las polifenoloxidasas por alteración del pH, también se adicionan agentes limpiadores, o más comúnmente, usando bisulfitos o componentes sulphidril”.

Además de los componentes químicos principales, tales como el almidón y los tubérculos, contienen otros importantes componentes aunque en menor cantidad, como es la enzima llamada Polifenoloxidasas, la cual es la causante del oscurecimiento de las superficies recién cortadas cuando entran en contacto con el aire.

### Composición nutricional de la papa (harina)

Composicion nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	91,00
Energia metabolizable	Mcal kg	2,81
Energia digestible	Mcal kg	3,30
Proteina	%	8,00
Metionina	%	0,10
Metionina + cistina	%	0,17
Lisina	%	0,41
Calcio	%	0,07
Fósforo disponible	%	0,05
Grasa	%	0,50
Fibra	%	2,10
Ceniza	%	7,6

Fuente: “[http://www.mundo-pecuario.com/tema60/monogastricos/papa\\_harina-262.html](http://www.mundo-pecuario.com/tema60/monogastricos/papa_harina-262.html)”>Composición nutricional de la papa (harina)</a>

## 2.4 EL PAN

### 2.4.1 Definición

Según la norma INEN N° 95, se define como pan común al que tiene miga blanca u oscura, elaborado a base de harina de trigo: blanca, semi – integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.

El pan es un alimento básico elaborado con harina, generalmente de trigo, levadura o masa madre y agua, en ocasiones se añaden otros productos para conferirle determinadas cualidades

### 2.4.2 Componentes del pan

El pan es una mezcla de harina, agua y levadura que se dejan reposar y posteriormente se calienta, no obstante es un producto de gran técnica en su

elaboración y puede incorporar gran variedad de componentes tales como: sal, azúcares, mieles, grasas, mejorantes, entre otros.

**Harina.-** es la materia prima por excelencia a la hora de elaborar el pan, la harina tiene una serie de propiedades y requiere de una atención especial a la hora de su almacenamiento y conservación. La harina utilizada en panificación es el producto de la molienda del grano de trigo limpio e industrialmente puro. Las propiedades del grano de trigo gliadina y glutenina son las responsables de proporcionar al pan las características de retención de gas para así producir un producto con la característica esponjosidad.

**Agua.-** es responsable de la formación del gluten, hidrata los almidones tornándolos digestivos, evita la formación de cascara en la masa, posibilita la acción de las enzimas, sirve como solvente de los ingredientes sólidos distribuyéndolos uniformemente en la masa, activa la levadura, determina la consistencia de la masa; y es el factor determinante en el lucro del pan.

**Levadura.-** es la encargada de efectuar la fermentación en la masa del pan con el fin de producir CO<sub>2</sub>, se alimenta de los azúcares presentes en la masa, la sacarosa adicionada y los azúcares fermentables desdobladas por las amilasas en la harina de trigo, su función es inflar el gluten con el CO<sub>2</sub> producido durante la fermentación.

**Sal.-** tiene acción fortificante y estabilizadora del gluten, es usada en un porcentaje de 1,5-2,8 % regulando la fermentación de la masa, retarda la producción de los gases producidos por la levadura durante la fermentación. Resalta el sabor, tiene efecto bactericida controlando el desarrollo del ácido láctico, es muy importante en la fijación del agua en el gluten, es digestiva. Tiene influencia sobre la densidad, elasticidad y otras cualidades del gluten. Otras funciones son estabilizar y mejorar harinas débiles. Por su higroscopia aumenta el poder de absorción, mejora la retención de la humedad y permite la actividad de las enzimas (De Souza, 1989).

**Azúcar.-** la sacarosa se utiliza como fuente de alimento para la levadura que la utiliza para el desarrollo y también sirve para acondicionar las masas. El crecimiento del pan es causado por la conversión de carbohidratos en CO<sub>2</sub> que realizan las enzimas de la levadura y hace que el gluten se infle en un fenómeno similar al observado al inflar un globo. El azúcar también es responsable de la coloración de la corteza en el producto final de la cocción, debe ser usada en tal cantidad que pueda producir con la levadura una actividad vigorosa y rápida. Al final de la fermentación aún debe haber azúcar suficiente para que se caramelicé en el horno y así obtener la coloración dorada típica. Mientras mas azúcar, mas color en el producto final y menos temperatura en el horno. Funciona también como conservador pues es la materia prima de la fermentación alcohólica cuyo producto (etanol) evita la contaminación bacteriana. Por último, tiene poder higroscópico lo que le proporciona a la masa la capacidad de retener humedad y conservar el producto más tiempo (De Souza, 1989).

**Grasa.-** puede ser de origen animal o vegetal, estas se diferencian en aroma, consistencia y tiempos de conservación, la grasa no sufre transformaciones o pérdidas durante el proceso de fermentación. Actúa cubriendo cada partícula de la masa, garantizando suavidad en la textura interna y externa del pan, principalmente actúa como fijador de la humedad del producto retardando su envejecimiento, lubrica el gluten, manteniéndolo elástico volviendo la masa mas maleable, facilitando el trabajo de la mezcladora mecánica. En general la grasa aumenta el valor nutritivo. Mejora la conservación y proporciona mas suavidad, mayor volumen, corteza más suave, mejor miga, mejor aroma y como resultado el producto es mejor acabado (Pylar, 1973).

**Emulsificantes.**- son constituidos por esteres de la glicerina, mono o diglicéridos, estos junto a las grasas o margarinas, forman una especie de puente ligando las moléculas de grasa a las de agua y permiten una acción más intensa y duradera de las grasas usadas. Actúa en las masas de varios modos: acondicionando los almidones disminuyendo la temperatura de gelatinización de las suspensiones de almidón en agua y aumentando la velocidad de su hinchamiento, haciendo los almidones más digeribles, promoviendo una mayor integración de el agua a la masa. Produce masas más suaves y blandas, facilita la mecanización, reduce costras secas, además da a la miga una granulometría uniforme debido a una mejor distribución de las cámaras de gases del gluten (De Souza, 1989).

**Leche.**- es el más completo de los enriquecedores del pan, contiene proteínas animales, su función es mejorar la apariencia pues aunque es de bajo poder edulcorante, se carameliza en el horno dando coloración dorada. Algunas características de la lactosa son que no es directamente fermentable por la levadura, por tanto todo pan hecho con leche aumenta el rendimiento en producto final, por cuanto aporta a la masa determinadas cantidades de sólidos.

**Mejorantes.**- su función es la de reforzar las características de la harina para que la masa resultante pueda ser manipulada en un proceso mecanizado. La consecuencia final sobre el producto cuando se han utilizado el tipo y dosis adecuadas es un mayor desarrollo de la pieza, mayor suavidad de miga, buen color y brillo de la corteza.

### **2.4.3 Tipo de levaduras**

#### **Levadura prensada húmeda**

Según el código alimentario, la levadura prensada húmeda es el producto obtenido por proliferación de *sacharomyces cerevisae* de fermentación alta, en medios azucarados adecuados.

Las principales características de las levaduras prensadas son:

Color: puede variar del blanco a la crema

Sabor: casi insípido, característico y nunca repugnante.

Estabilidad: manteniendo el bloque de levadura en una cámara a 30°C durante un mínimo de tres días, no debe descomponerse ni desprender olores desagradables.

Actividad fermentativa: será capaz de fermentar los azúcares presentes en la masa en un tiempo de tres a cuatro horas.

Humedad: no superior al 75 %

Pureza: no contendrá microorganismos patógenos, carga amiláceas, ni otras materias extrañas a la levadura.

### **Levadura seca**

La levadura seca es el producto obtenido por la deshidratación de levaduras seleccionadas (*sacharomyces cerevisiae*) cultivadas en medios azucarados y nitrogenados apropiados. Puede presentarse en polvo granulada o comprimida.

Las levaduras deshidratadas tienen las siguientes características:

Humedad: no mayor al 8% de su peso

Cenizas sulfúricas: no más del 9% calculado sobre materia seca.

La materia grasa no será superior al 4%

La cifra de proteína total no será inferior al 50%, calculado sobre materia seca.

#### **2.4.4 Célula de levadura**

Las levaduras son seres vivos unicelulares, de forma ovalada o alargada de 6 a 8 milésimas de milímetros. Un gramo de levadura contiene unos 25 billones de células.

La célula de levadura está envuelta por una membrana exterior denominada pared celular.

La membrana celular permite, al ser semipermeable, la entrada nutrientes y sustancias disueltas en el agua; siendo evacuados el CO<sub>2</sub> y el alcohol. La

membrana celular regula por procesos osmóticos la igualdad entre el medio intracelular y extracelular.

La presión osmótica es proporcional al número de moléculas disueltas en el agua, así pues cuanto mayor sea el contenido en azúcar o sal la cantidad de agua de la disolución es menor, aumentando la presión osmótica. Esto explica por que cuando en la formulación de la masa de contenido en azúcar es alto la actividad fermentativa queda reducida.

#### **2.4.5 Vida de las levaduras**

La levadura de panadería tiene dos formas de vida según el medio en el que se encuentra: pueden vivir en ausencia de aire (anaerobiosis) o en presencia del mismo (aerobiosis).

Cuando la levadura dispone de poco oxígeno, como cuando se encuentran en la masa, utiliza los azúcares para producir la energía necesaria para el mantenimiento de su vida, provocando una reacción en cadena denominada fermentación, en el curso de la cual los azúcares son transformados en alcohol y gas carbónico.

La reproducción de las levaduras se desarrolla de dos formas: por gemación y por reproducción sexual. La reproducción por gemación es la forma más común y es un proceso en el cual la llamada célula madre desarrolla una pequeña ampolla que va aumentando de volumen hasta secarse convirtiéndose en una célula hija.

#### **2.4.6 Propiedades de las grasas**

**Punto de fusión:** es la temperatura a la que una grasa determinada se mantiene en estado líquido.

**Contenido en agua:** proporciona el porcentaje de agua presente en una grasa y permite diferenciar las margarinas (20%) de una grasa anhidra (0,5%).

**Punto de humos:** es la temperatura en la cual hay un desprendimiento continuo y constante de humos. Las grasas más adecuadas para la fritura deben tener un punto de humo lo más alto posible (205-230°C).

**Acidez libre:** la degradación de las grasas se considera como una de las causas principales de la formación de ácidos grasos libres, lo cual es una medida del deterioro de las grasas.

**Poder de cremado:** se define como la capacidad de las grasas para retener aire cuando están en movimiento con los ingredientes del batido.

**Plasticidad:** es la capacidad de una grasa para formar finas láminas sobre la masa.

**Lubricación:** el factor de lubricación de una grasa es la medida de su capacidad para elaborar productos de panificación y galletas crujientes y suaves.

**Estabilidad oxidativa:** es el tiempo que transcurre hasta que una grasa se oxida por la acción directa del oxígeno del aire.

#### 2.4.7 Tipos de grasas

**Mantequilla:** se elabora exclusivamente a partir de leche o nata de vaca, o ambas con o sin sal común y con o sin colorantes.

La mantequilla se puede utilizar en fermentados y en hojaldre, aunque no es la grasa más práctica, ya que presenta dificultades en el laminado, al tener un punto de fusión (32 °C) relativamente bajo, comparado con las margarinas de hojaldre (40,5 °C). La mantequilla debe conservarse en frío para mantenerse en buen estado y para que el ácido butírico que contiene no se degrade, evitando de esta forma el enranciamiento.

**Margarinas:** es muy semejante a la mantequilla, en forma de emulsión líquida o plástica que se obtiene a partir de aceites y grasas comestibles. Las más utilizadas son aceites vegetales, además de leche, emulsionante, sal, almidón, lactosas y aromas.

**Manteca de cerdo:** es una grasa blanca, prácticamente inodora y de consistencia granulosa. Se obtiene por fundido o vaporización de los tejidos adiposos del cerdo. Su punto de fusión es relativamente bajo, pudiéndose aumentar su dureza con distintos grados de hidrogenación hasta alcanzar 48°C.

Este tipo de grasa contiene un alto porcentaje de colesterol, por lo que no es muy recomendable utilizar en panadería y pastelería.

**Grasas para cobertura:** la manteca de cacao es la grasa con la que se fabrica el chocolate. Este tipo de grasa es quebradiza a 26,5 °C. Por encima de esta temperatura se suaviza, y se funde a 35°C.

**Aceite de oliva:** se obtiene por procedimientos mecánicos en frío de los frutos maduros del olivo.

**Aceite de soja:** es el procedente de la semilla de soja, obtenido por presión, refinación y parcialmente hidrogenado. Es un buen aceite para fritura por su alto punto de humos.

**Manteca de palma:** es la obtenida exclusivamente de la pulpa del fruto de la palmera. Es una grasa que es adecuada para la fabricación de biscotes.

#### **2.4.8 Función de las grasas en las masas fermentadas**

En las características de las masas fermentadas tienen gran influencia de calidad y cantidad del gluten de la masa, por lo que, es preciso que en los procesos mecanizados la harina sea extensible para facilitar su maquinabilidad.

La adición de grasas en las masas, facilita la extensibilidad y produce una mejora notable en el volumen de los panes, con cada incremento en la cantidad de grasa, hasta un máximo del 3% si se utiliza harina de fuerza o del 1% en harinas flojas. De esto se deduce; que la cantidad de grasa usada en los panes es variable dependiendo de la fuerza de la harina. Se puede emplear grasa en la fabricación del pan en un mínimo del 1% en pan común y hasta un máximo del 6% en panes de molde.

El agregado de grasa en la masa produce los siguientes efectos:

- Aumento de la extensibilidad en la masa.
- Aumento del volumen del pan.
- Miga brillante y alveolado pequeño.
- Corteza más fina. (Tejero, 1992).

#### **2.4.9 Tipos de pan**

Pseudo-integral o de salvado, de centeno u otros cereales: el pan elaborado con verdadera harina integral aporta más vitaminas y minerales que el blanco, ya que se emplea harina producida a partir del grano de cereal completo, a excepción de la cubierta más externa. Si se ven fragmentos enteros de salvado, posiblemente sea porque han sido añadidos artificialmente a la harina blanca o refinada para producir pan de salvado o pan pseudointegral (el que se vende habitualmente en las panaderías).

Este pan aporta más fibra que el blanco, pero similar cantidad del resto de nutrientes. El pan de centeno es más compacto que el de trigo, ya que el centeno contiene menos gluten y su masa no atrapa tanto gas al fermentar, quedando menos esponjoso. Estos tipos de pan son especialmente recomendables para quienes sufren de estreñimiento, diabetes, problemas de colesterol o siguen dietas de adelgazamiento (la fibra facilita el tránsito intestinal, reduce la velocidad de absorción de los azúcares, contribuye a reducir las tasas de colesterol en sangre y retrasa el tiempo de vaciado del estómago, lo que disminuye la sensación de hambre entre horas).

Pan tostado o biscotes: el valor nutritivo es semejante al pan de barra, sólo que con mayor densidad nutritiva, ya que contienen menos agua. Una rebanada de pan de dos dedos de grosor (20 gramos) se puede cambiar por dos tostadas (15 gramos) sin que varíe significativamente el valor nutritivo y energético, salvo para ciertas variedades comerciales que incluyen mayores cantidades de grasa.

Pan de molde: muy similar al pan normal. Aunque se le añade grasa para mejorar el sabor, su valor calórico es muy similar al pan de barra.

Pan sin sal: no se añade sal en el proceso de elaboración. Indicado para quienes siguen una dieta baja en sodio.

Pan sin gluten (de maíz): elaborado con harina de maíz que, al igual que el arroz, no contiene gluten. El gluten se encuentra en el grano del trigo, la avena, la

cebada, el centeno y el triticale (híbrido de trigo y centeno). Las personas que padecen celiaquía no toleran el gluten y sólo pueden consumir este tipo de pan.

Pan no leudado o sin fermentar (pan ácimo): es el pan más sencillo de producir. La masa es compacta y su digestión resulta más lenta que la del pan normal. Algunos ejemplos: el chapati (tortas finas típicas de la India), las tortitas de maíz comunes en Centroamérica, los matzot o panes ácidos que los judíos toman durante la Pascua. La mayoría de los cristianos toma también pan no leudado en la comunión. [Pagina Web en línea] Disponible en <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/pan%20tipos.htm>[Consultada: 21/05/2008].

## 2.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN

Durante el proceso panario, el pan se ve sometido a distintas transformaciones de tipo físico, químico y biológico, que dota al producto final de sus cualidades nutritivas y organolépticas.

❖ **Pesado.** El pesaje de las materias primas proporciona al panadero el conocimiento de las cantidades exactas de materias primas para llevar a cabo la formulación de elaboración.

❖ **Mezclado.** El mezclado, se realiza para homogenizar los materiales sólidos y posteriormente, para incorporar paulatinamente el agua que proporciona a la masa sus características de elasticidad y extensibilidad conferidas por el gluten en formación. Durante el mezclado se inicia la hidratación de partículas hasta que la masa presente una cierta ligazón. La formación de la masa está condicionada por la capacidad de absorción de agua de los diferentes componentes de la harina donde, el gluten admite el doble de su peso en agua, el almidón admite aproximadamente un 30% de su peso en agua y el resto de agua es admitida por atracción capilar quedando atrapada en la masa.

❖ **Amasado.** El amasado, es la operación donde se desarrolla el gluten formado por la adición de agua durante el mezclado, el buen desarrollo del gluten es de vital importancia para proporcionar una mayor retención del gas producido

durante la fermentación. El proceso de formación de la masa se divide en varias fases diferenciables así la primera fase es la rotura y estirado, cuando la masa ya está ligada, los brazos amasadores estiran la masa, rompiéndola y los fragmentos son lanzados contra las paredes, este trabajo va desarrollando progresivamente el gluten; posteriormente se inicia el soplado y oxigenado de la masa, cuando la masa se deja estirar al máximo, atrapa el aire con facilidad, el oxígeno queda disuelto en la masa y se forman burbujas minúsculas de aire que son esenciales para el posterior desarrollo de la estructura esponjosa del pan.

❖ **Boleado.** El boleado, es la conclusión del amasado, por medio de la utilización de rodillos se acaba de desarrollar el gluten para producir una masa lisa que produzca panes lisos y de buena presentación y textura final.

❖ **Reposo.** El reposo previo al formado, se realiza con el fin de que la masa se vuelva más maleable debido a la producción de gas durante este corto periodo de fermentación, así, el estado de gasificación de la masa al momento previo al formado es de gran importancia para el buen desempeño de la masa en la siguiente operación.

❖ **Formado.** Consiste en dar forma simétrica a los trozos de masa. El formado se debe hacer apretando lo más posible sin desgarrar la masa ya que si esto ocurre reducirá el volumen del pan; esta operación está condicionada por la fuerza y la tenacidad de la masa.

❖ **Corte.** El corte se realiza, con el fin de proporcionar volumen y estética al producto final. Una vez que la pieza está dentro del horno el calor se extiende, atravesando la hogaza y permitiendo que el gas carbónico se expanda mejor; bajo la presión del gas, los cortes hechos en el pan se abren a lo largo, contribuyendo a su máximo desarrollo y creando zonas donde la solidificación de la corteza se retrasa.

❖ **Fermentación.** La fermentación se realiza, con el fin de que el agente de crecimiento, la levadura, actúa sobre los azúcares presentes en la masa para así producir CO<sub>2</sub> el cual será encapsulado por la película de gluten desarrollado en la

masa durante el amasado, la masa se fermenta a una temperatura de 28-32°C, en este momento la levadura que ya ha empezado a actuar empieza a trabajar con mayor eficiencia. La enzima zimasa permite a la levadura llevar a cabo la fermentación de los azúcares presentes en la harina, en una mezcla de maltosa, glucosa, levosina y sacarosa, dicho aporte de azúcares lo producen las enzimas diastásicas ( $\alpha$  y  $\beta$  amilasas) de la harina que han estado formando maltosa y otros azúcares desde el principio del formado de la masa.

❖ **Horneado.** Una vez el pan ha alcanzado su punto correcto de fermentación se introduce en el horno a una temperatura que varía según el tamaño de la pieza y el tipo de horno, esa temperatura oscila entre 190-260°C, el tiempo de cocción suceden en tres fases diferenciadas, así en la primera fase al entrar las piezas de pan al horno la masa no deja de fermentar hasta que alcanza los 45°C y por consiguiente sigue produciendo gas carbónico y las burbujas de este comienzan a dilatarse por efecto del calor. En la segunda fase se forman los alveolos de la miga; al mismo tiempo, las enzimas amilásicas van degradando el almidón en dextrinas y maltosas responsables de la caramelización de la corteza. Superados los 70°C el gluten se coagula y el almidón se gelatiniza perdiendo así la plasticidad de la masa. Al mismo tiempo comienza la evaporación del alcohol que causa que la masa se levante un poco más por causa de los vapores producidos y produce una refrigeración natural en el interior de la pieza que le impide hervir. En la tercera fase la coloración de la corteza se va efectuando gracias al efecto de las dextrinas que se localizan en la superficie del producto. Se ha comprobado que la temperatura al interior de la miga nunca supera los 90-100°C debido a las reacciones de evaporaciones de agua y alcohol.

❖ **Características de un buen pan.** Un buen pan, debe tener una corteza crujiente de miga de color blanco cremoso, de olor apetitoso, sabroso y buena conservación. Las materias primas que se utilizan tienen una gran influencia en las variaciones de estas características. Para conseguir estas características la harina debe tener un gluten tenaz, firme elástico y extensible de aspecto amarillento rica en carotenos, que al portar aromas conferirán un buen sabor al pan final, el amasado debe durar alrededor de 12 minutos en la primera velocidad de la amasadora y es conveniente dejar reposar la masa antes de realizar el boleado.

# CAPÍTULO III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1 Ubicación

PROVINCIA:	Imbabura
CANTÓN:	Ibarra
PARROQUIA URBANA:	El Sagrario

##### 3.1.2 Localización del experimento

El experimento se llevo a cabo en la Panificadora “NUMBER ONE”.

##### 3.1.3 Características climatológicas

<b>Altitud:</b>	<b>2250 msnm</b>
<b>Temperatura:</b>	<b>17,4°C</b>
<b>H.r. Promedio:</b>	<b>73%</b>
<b>Pluviosidad promedio:</b>	<b>503-1000 mm./año</b>
<b>Latitud:</b>	<b>0° 20' Norte</b>
<b>Longitud</b>	<b>78° 08' Oeste</b>

**Fuente:** Departamento de Meteorología de la Dirección de Aviación Civil Aeropuerto Militar Atahualpa de la ciudad de Ibarra. Enero 2009.

## **3.2 MATERIALES**

### **3.2.1 Materia prima e Insumos**

- ✓ 1 quintal Papa
- ✓ 25 lb Harina de trigo
- ✓ 1 kg. Levadura
- ✓ 1 kg. Sal
- ✓ 5 kg. Azúcar
- ✓ 3 kg. Mantequilla
- ✓ 3 kg. Grasa vegetal
- ✓ Agua potable

### **3.2.2 Instrumentos y Equipo para la elaboración**

- ✓ 3 Cuchillos
- ✓ 4 Cucharas de metal
- ✓ 2 Ollas
- ✓ 1 Termómetro para horno
- ✓ 2 Cronómetro
- ✓ 1 Tina de plástico
- ✓ 2 Vasos de metal
- ✓ 20 Latas de metal
- ✓ 1 Amasadora
- ✓ 1 Cocina industrial
- ✓ 1 Balanza gramera
- ✓ 1 Horno Industrial
- ✓ Material y equipo de laboratorio

### **3.3 MÉTODOS**

#### **3.3.1 FACTORES EN ESTUDIO**

La presente investigación consta de tres factores:

**FACTOR A:** Porcentaje de Masa de Papa

A1 = 20 %

A2 = 30 %

A3 = 40 %

**FACTOR B:** Tiempos de Amasado

B1 = 10 minutos

B2 = 20 minutos

**FACTOR C:** Tiempos de fermentación (segunda fermentación)

C1 = 15 minutos

C2 = 25 minutos

### 3.3.2 Combinación de tratamientos

TRATAMIENTOS		FACTORES		
		Papa (%)	Tiempo de amasado (min.)	Tiempo de fermentación (min.)
<b>A1B1C1</b>	<b>T1</b>	20	10	15
<b>A1B1C2</b>	<b>T2</b>	20	20	15
<b>A1B2C1</b>	<b>T3</b>	20	10	25
<b>A1B2C2</b>	<b>T4</b>	20	20	25
<b>A2B1C1</b>	<b>T5</b>	30	10	15
<b>A2B1C2</b>	<b>T6</b>	30	20	15
<b>A2B2C1</b>	<b>T7</b>	30	10	25
<b>A2B2C2</b>	<b>T8</b>	30	20	25
<b>A3B1C1</b>	<b>T9</b>	40	10	15
<b>A3B1C2</b>	<b>T10</b>	40	20	15
<b>A3B2C1</b>	<b>T11</b>	40	10	25
<b>A3B2C2</b>	<b>T12</b>	40	20	25

### 3.3.3 Diseño Experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B x C, con tres repeticiones por tratamiento.

### 3.3.4 Características del experimento

Número de repeticiones: Tres (3)

Número de tratamientos: Doce (12)

Número de unidades experimentales: Treinta y seis (36)

### Unidad Experimental

Cada unidad experimental fue de 18 panes, cada uno con un peso aproximadamente de 48g.

### 3.3.5 Análisis Estadístico

**CUADRO 1.** Esquema de análisis de la varianza

F de V	Gl
Total	35
Tratamientos	11
Factor A	2
Factor B	1
Interacción AxB	2
Factor C	1
Interacción AxC	2
Factor BxC	1
Interacción AxBxC	2
Error experimental	22

### ANÁLISIS FUNCIONAL

- ✓ Se calculó el coeficiente de variación (C.V.)
- ✓ Para detectar diferencias estadísticas entre tratamientos, se realizó la prueba de tukey.
- ✓ Para detectar diferencias estadísticas entre % de masa de papa y tiempos de amasado y fermentación, se realizó la prueba de D.M.S.
- ✓ Para detectar diferencias estadísticas en las interacciones de los factores, se realizó gráficas.
- ✓ Las variables cualitativas se evaluaron mediante la prueba de Friedman al 1% y 5% para los doce tratamientos conjuntamente con el testigo.

### **3.3.6 Variables Evaluadas**

#### **3.3.6.1 Variables Cuantitativas**

##### **Materia prima**

- ✓ % Almidón.
- ✓ Humedad en la masa de papa

##### **Proceso**

- ✓ Incremento del volumen de la masa.
- ✓ Temperatura final de la masa
- ✓ Temperatura de fermentación

##### **Producto terminado**

- ✓ % Azúcares libres .- NTE INEN 266
- ✓ % Fibra.- ISO 5498
- ✓ % Grasa.- NTE INEN 778 : 1985
- ✓ % Humedad.-
- ✓ % Proteína .- AOAC 960.52-1978
- ✓ Volumen
- ✓ Peso
- ✓ Mohos y Levaduras (UFC/g).- NTE-INEN 1529
- ✓ R.A.T. (UFC/g) ISO 6222

### **3.3.6.2 Variables Cualitativas**

- ✓ Color
- ✓ Sabor
- ✓ Consistencia
- ✓ Olor
- ✓ Miga
- ✓ Aceptabilidad

Las variables cualitativas fueron evaluadas, mediante pruebas de degustación, comparando nuestro producto con un testigo.

### **3.3.6.3 Descripción de los métodos de Evaluación**

#### **ANÁLISIS DE LA MATERIA PRIMA**

##### **a) Almidón**

Se determinó, según el método señalado en la norma NTE INEN 266, con la finalidad de establecer el porcentaje de almidón presente en la variedad de papa a utilizar en el proceso de elaboración de pan.

##### **b) Humedad de la masa de la papa**

Esta variable se realizó según las especificaciones de la norma NTE INEN 266. Se realizó para conocer con exactitud la cantidad de agua con la que se va a trabajar y no alterar así la composición ni textura de la masa al mezclar con el resto de los ingredientes.

## ANÁLISIS DURANTE EL PROCESO

### a) Incremento del volumen de la masa

Se determinó la cantidad de  $\text{CO}_2$  que se produce en la masa. Para esto se utilizaron probetas graduadas, en las cuales se colocaron un peso aproximado de 48g de masa y se midió el incremento en intervalos de 10 min durante el proceso de fermentación.



### b) Temperatura final de la masa

La temperatura de la masa al final del amasado juega un papel importante tanto en el equilibrio y en la fuerza de la masa como en la fermentación. Para esto se utilizó un termómetro y la medición se la realizó al final del amasado. Este dato nos sirve para verificar el rango óptimo de temperatura que está entre los 23 y 27 °C (procesos artesanales).

### c) Temperatura de fermentación

La temperatura ideal para la fermentación oscila entre 27 y 30 °C, intervalo en que la producción de  $\text{CO}_2$  es satisfactoria. La temperatura de fermentación se midió en intervalos de 10 minutos desde el momento en que la masa salió de la amasadora, hasta el ingreso del pan al horno. La temperatura se midió con la ayuda de un termómetro digital.



## **ANÁLISIS AL PRODUCTO TERMINADO**

### ✓ **Azúcares reductores libres**

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 266. Su determinación se realizó desde el punto de vista nutricional energético.

### ✓ **Fibra Bruta**

Se realizó según las especificaciones señaladas en la norma NTE INEN 522, la cual tiene por objeto determinar la fracción fibrosa del alimento.

### ✓ **Porcentaje de Grasa**

Se determinó según las especificaciones señaladas en la norma NTE INEN 778. De igual manera se la realizó desde el punto de vista nutricional.

### ✓ **Porcentaje de Humedad**

Esta variable se realizó según las especificaciones de la norma NTE INEN 266.

### ✓ **Porcentaje de Proteína**

Su determinación se la realizó desde el punto de vista nutricional, ya que las proteínas son importantes por el aporte de nitrógeno que pueda ser aprovechado (valor biológico) hacia el organismo.

### ✓ **Volumen**

Se lo realizó al producto final. Se lo obtuvo a través del método de “**Desplazamiento de Semillas**”, el mismo que consistió en colocar en un recipiente semillas de linaza, se anotó el nivel que ocupó éste, posteriormente se procedió a retirar una cierta parte de las semillas y se colocó dentro del recipiente el pan cuyo volumen debía determinarse, se recubrió con las semillas hasta volver al nivel que ocupó anteriormente sin el pan, luego se midió el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas por medio de una probeta, siendo ése el volumen del pan, para promediar el volumen del pan se midió a la azar todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones.



### ✓ **Peso**

Esta variable se la determinó al pan en proceso de voleado y al producto final; con la finalidad de determinar la diferencia de pesos, dicha variable se la realizó a la azar a todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones, con la ayuda de una balanza digital.

## **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 1529, con la finalidad de establecer la presencia de mohos, levaduras y aerobios.

## VARIABLES ORGANOLÉPTICAS DEL PRODUCTO FINAL

El análisis organoléptico es desde el punto de vista del consumidor la parte más importante; ya que a través de ella se decide cual es el mejor tratamiento.

La degustación se realizó con la presencia de 10 catadores, a los cuales se les proporcionó de los respectivos documentos de catación (ver anexo 1).

Todas las muestras más un testigo comercial se evaluaron en una escala de 1 a 3; correspondiendo el 3 a la muestra que en la variable medida mejor se ajustó a la característica deseada. Las características deseadas son:

- a. **Color:** Uniforme de dorado a ligeramente marrón, corteza de color uniforme, sin quemaduras ni hollín u otras materias extrañas.
- b. **Olor:** El olor debe ser del pan recién horneado, fresco libre de olores extraños o rancios. Sin olor desagradable.
- c. **Consistencia:** El migajón es húmedo y elástico, además debe existir una porosidad uniforme, no esponjosa ni desmenuzable.
- d. **Miga:** Los alveolos deben ser uniformes, no presentar humedad, no desmigajarse.
- e. **Sabor:** Placentero, sin trazas de sabor agrio o levadura; es decir no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez. Sin sabor desagradable.

### 3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

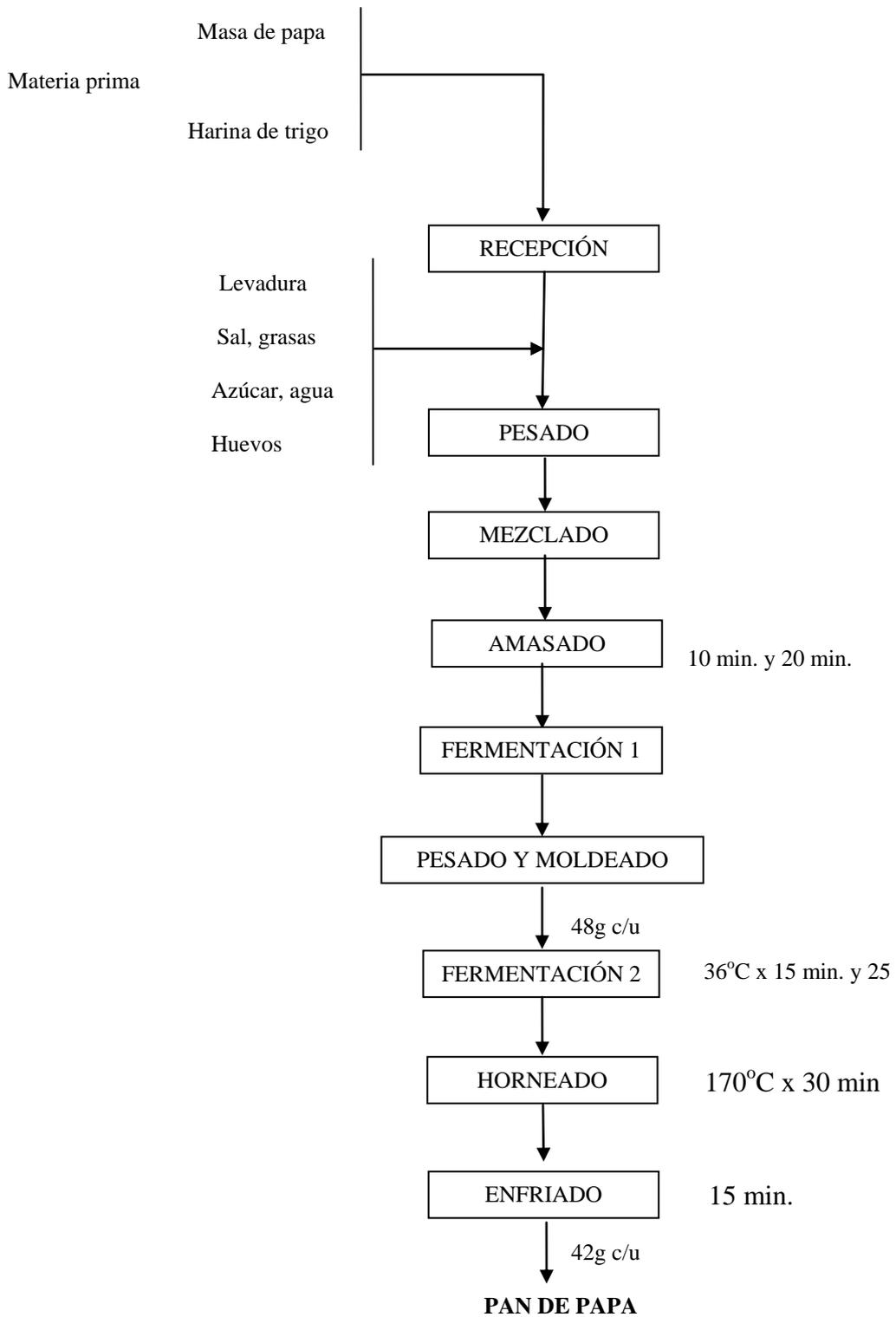
#### 3.4.1 Elaboración de pan a base de papa y harina de trigo

El proceso de elaboración de pan a base de papa y harina de trigo, se realizó de acuerdo al diagrama que se describe posteriormente (figura 1). Los factores que se evaluaron fueron: % de masa de papa, tiempo de amasado y tiempo de fermentación; teniendo un total de 12 tratamientos con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de dieciocho (18) unidades con un peso aproximado de 48g c/u.

A continuación se expresa las tres fórmulas generales que se utilizaron para la elaboración de pan a base de papa y harina de trigo:

Formulas	1	2	3
Ingredientes	Porcentajes	Porcentajes	Porcentajes
Masa de papa	20	30	40
Harina de trigo	80	70	60
Margarina	10	10	10
Manteca	10	10	10
Huevos	15	15	15
Levadura	2,5	2,5	2,5
Azúcar	10	10	10
Sal	2	2	2
Agua	25	16,7	8,3

**FIGURA 1. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ELABORACION DE PAN A BASE DE PAPA Y HARINA DE TRIGO**



### 3.4.2 Descripción del diagrama para la elaboración de pan

#### Obtención de Masa de Papa

Primeramente se le desprende de su corteza, luego se procede al troceado, posteriormente se debe cocer la papa, durante 30 minutos a ebullición. Se retira la papa, se coloca en una tina de plástico para convertirla en una masa homogénea.



#### Pesado

Para el pesado se utilizó una balanza gramera y una vez receptada la materia prima, se pesaron los ingredientes en base a las formulas a establecidas (ítem 3.4.1).



#### Mezclado

En un recipiente de acero inoxidable se procedió a colocar la masa de papa luego los ingredientes como son: levadura debidamente preparada, sal, azúcar, agua, grasas vegetales y finalmente la harina de trigo de acuerdo a los porcentajes establecidos en la investigación.

## **Amasado**

Para esta operación se utilizó un amasador, para obtener una masa homogénea y de fácil manipulación, ya que el trabajo mecánico que realiza las paletas de la amasadora permite la absorción de agua por las proteínas del gluten, desarrollando su elasticidad y extensibilidad. En este proceso se estudiaron dos tiempos de 10 y 20 minutos conforme se propone en la investigación.



## **Fermentación inicial**

La acción de retirar la masa de la amasadora se realizó manualmente evitando la adherencia con la adición de grasa, se retiró la masa y se colocó en la mesa de acero inoxidable, la cual estuvo previamente limpia y engrasada, dejando en reposo para permitir la primera fermentación.

Para el control de temperatura de fermentación se utilizó un termómetro de masa, la temperatura óptima para el crecimiento y la reproducción de la levadura varía entre 26 °C y 30 °C.

## **Moldeado y pesado**

Transcurrida la fermentación inicial se procedió a pesar y moldear la masa en porciones de 48g, esta operación se realizó mecánicamente. El boleado se realizó de forma manual. Luego se procedió a moldear dándoles la forma comercial del pan.



### **Fermentación Final**

La fermentación se llevó a cabo después de que la masa se ha moldeado y se encuentre en las bandejas previamente engrasadas, luego se colocaron en coches y se trasladaron a la cámara de leudo la cual esta a una temperatura de 35 y 38 °C, permitiendo así que la masa se esponje nuevamente, aquí se mantuvo por un tiempo de 15 y 25 minutos respectivamente de acuerdo a los factores que se planteó en la investigación.



### **Horneado**

El horneado es otra de las operaciones importantes de la elaboración del pan, por cuanto se logra cambios radicales en su color, suavidad, apariencia y su composición química, a efecto del tratamiento térmico.

Este proceso consistirá en colocar las latas con el pan moldeado al horno cuya temperatura fue de 338 °F (170 °C) por un lapso aproximado de 30 minutos.



### **Enfriado**

Horneado el pan se saca las latas del horno, el pan empezará a envejecer por cuanto la corteza se hará dura y correosa, por lo que conviene asegurarse de que el pan sea enfriado cerca del horno por un tiempo aproximado de 15 minutos, pues el vapor que acompañara al pan caliente lo volverá pastoso si es que se aplica un cambio brusco de temperatura.



### **Pan**

El pan frío se colocó en fundas plásticas de celofán, en lugar fresco y ventilado para ser despachado inmediatamente después de su elaboración.

# CAPÍTULO IV

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIONES**

A continuación se detalla los análisis estadísticos de las variables cuantitativas y cualitativas efectuadas en el “Estudio de la incidencia de incorporación de papa de variedad superchola como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de elaboración de pan”.

### **4.1 ANÁLISIS DE VARIABLES CUANTITATIVAS**

Las variables cuantitativas se consideran aquellas que son tangibles, medibles a través de instrumentos, equipos, y el método pre-establecido; y, que son independientes de la apreciación de los sentidos.

Las variables cuantitativas sobre las que se realizó el análisis estadístico tomadas en cuenta para nuestra investigación fueron: incremento del volumen de la masa, temperatura de fermentación y porcentaje de humedad del producto terminado.

#### 4.1.1 Análisis estadístico del incremento de volumen de la masa (ml)

**CUADRO 2.** Datos del incremento de volumen (ml) al inicio de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{X}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	23,00	23,00	24,00	70,00	23,33
T2	<b>A1B1C2</b>	23,00	22,00	24,00	69,00	23,00
T3	<b>A1B2C1</b>	23,00	21,00	21,00	65,00	21,67
T4	<b>A1B2C2</b>	22,00	21,00	22,00	65,00	21,67
T5	<b>A2B1C1</b>	20,00	20,00	20,00	60,00	20,00
T6	<b>A2B1C2</b>	20,00	19,00	19,00	58,00	19,33
T7	<b>A2B2C1</b>	20,00	19,00	20,00	59,00	19,67
T8	<b>A2B2C2</b>	19,00	20,00	20,00	59,00	19,67
T9	<b>A3B1C1</b>	21,00	22,00	22,00	65,00	21,67
T10	<b>A3B1C2</b>	22,00	23,00	23,00	68,00	22,67
T11	<b>A3B2C1</b>	22,00	22,00	21,00	65,00	21,67
T12	<b>A3B2C2</b>	21,00	23,00	24,00	68,00	22,67
$\Sigma$ Bloques		256,00	255,00	260,00	771,00	21,42

Fuente: Autores, 2010

A1= 20%

B1=10 minutos

C1= 15 minutos

A2= 30%

B2= 20 minutos

C2= 25 minutos

A3= 40%

**CUADRO 3.** Análisis del incremento de volumen (ml) al inicio de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	80,750					
Tratamientos	11	66,083	6,0076	9,831	**	2,22	3,09
F A	2	55,500	27,7500	45,409	**	3,4	5,61
F B	1	2,250	2,2500	3,682	NS	4,26	7,82
F C	1	0,250	0,2500	0,409	NS	4,26	7,82
I A x B	2	4,500	2,2500	3,682	**	2,22	3,09
I A x C	2	3,167	1,5833	2,591	*	2,22	3,09
I B x C	1	0,250	0,2500	0,409	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	111,167	55,5833	90,955	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	14,667	0,6111				

CV = 3,35%

NS = No significativo

\* = Significativo al 5%

\*\* = Significativo al 1% (Altamente significativo)

En el análisis de varianza del incremento de volumen al inicio de la fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, interacciones: % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de amasado y por tiempo de fermentación. También hay diferencia significativa para la interacción % masa de papa por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 4.** Prueba de Tukey para tratamientos del incremento de volumen (ml) al inicio de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T1	A1B1C1	23,33	a
T2	A1B1C2	23,00	a
T10	A3B1C2	22,67	a
T12	A3B2C2	22,67	a
T3	A1B2C1	21,67	a
T4	A1B2C2	21,67	a
T9	A3B1C1	21,67	a
T11	A3B2C1	21,67	a
T5	A2B1C1	20,00	b
T7	A2B2C1	19,67	b
T8	A2B2C2	19,67	b
T6	A2B1C2	19,33	c

Realizada la prueba de Tukey para la variable incremento de volumen al inicio de la fermentación se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento 1 (20% masa de papa; 10min de amasado; 15 min de fermentación) presentó el mayor volumen.

Seguida por los tratamientos T2(20% masa de papa; 20 min. amasado; 15 min. fermentación), T10(40% masa de papa; 20 min. amasado; 15 min. fermentación), T12(40% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación), T3( 20% masa de papa; 10 min. amasado; 25 min. fermentación), T4(20% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación), T9 (40% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación) y T11(40% masa de papa; 10 min. amasado; 25 min. fermentación) con un Volumen promedio 22,14 cm<sup>3</sup>.

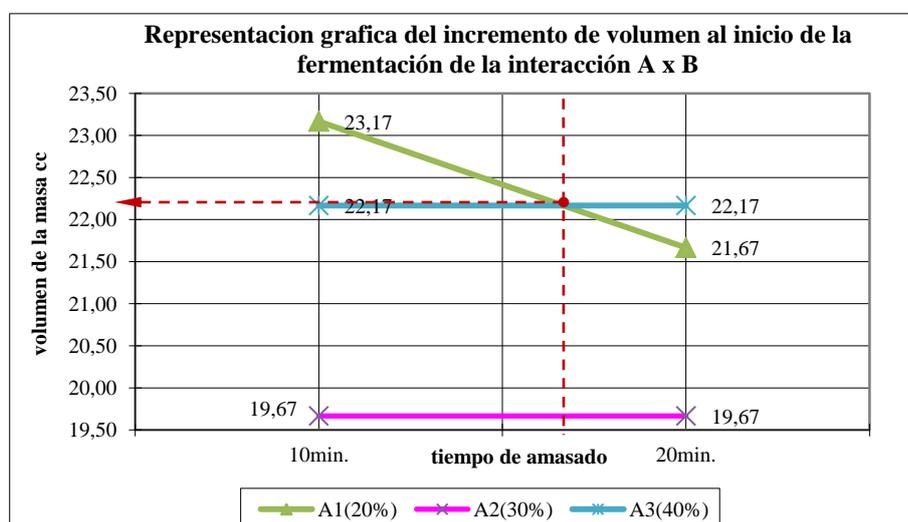
**CUADRO 5.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% de masa de papa) en el incremento de volumen al inicio de la fermentación.

Factor A	% Masa de papa	Media	Rangos D.M.S. al 5%
A1	20	22,42	a
A3	40	22,17	a
A2	30	19,67	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

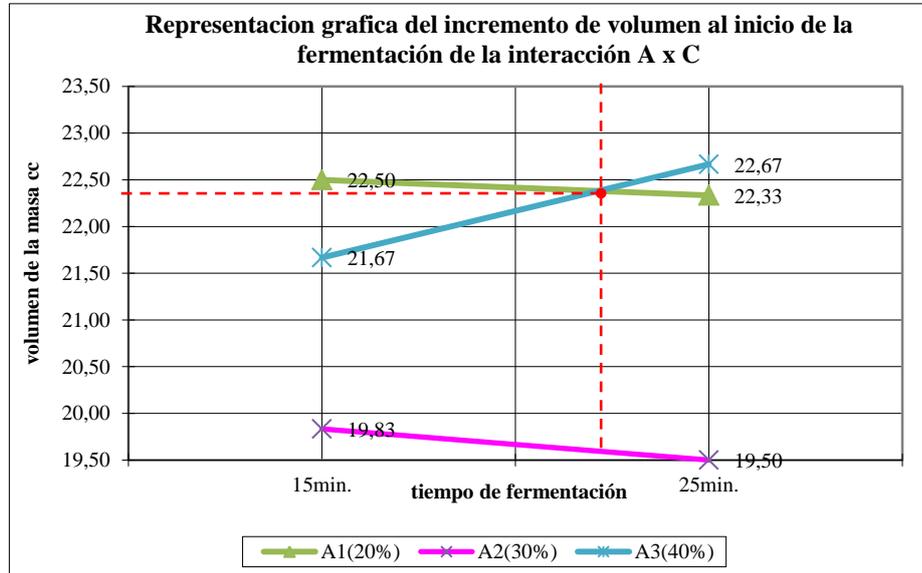
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen al inicio de fermentación, para el factor A (porcentaje de masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 20% de masa de papa es el mejor nivel con el cual el pan presenta mayor volumen, seguido por el 40% de masa de papa, el cual alcanza un volumen considerable

**GRÁFICO 1.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de volumen al inicio de la fermentación.



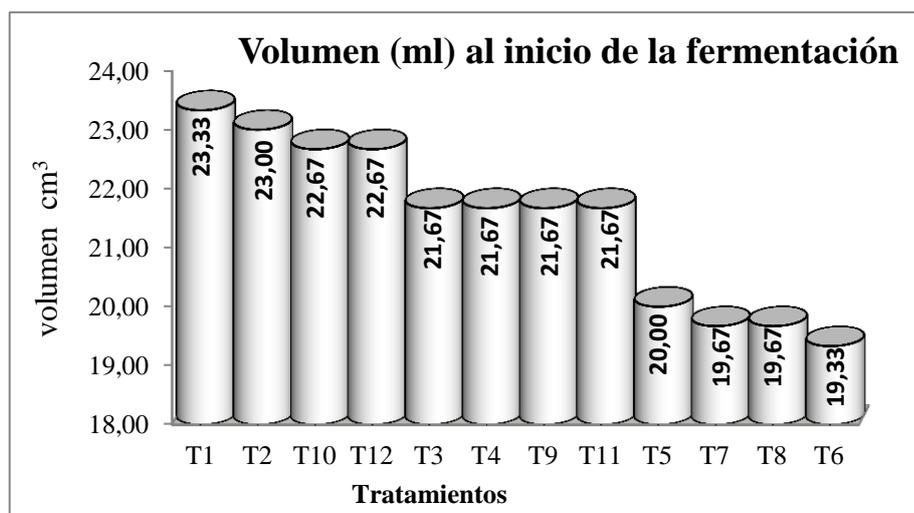
En el gráfico 1 se observa que existe intersección entre los niveles de 20% y 40% de masa de papa, por lo que se aprecia que el tiempo óptimo de amasado es de 20 minutos para alcanzar un volumen máximo en la masa de 22,17 cm<sup>3</sup>.

**GRÁFICO 2.** Media de la interacción de los factores A x C, del incremento de volumen al inicio de la fermentación.



En el gráfico 2 se observa que existe intersección entre los niveles 20% y 40% de masa de papa, lo que quiere decir que para que la masa alcance un volumen de  $22,38 \text{ cm}^3$ , el tiempo óptimo de fermentación es de 25 minutos.

**GRÁFICO 3.** Media de tratamientos para el incremento de volumen (ml) al inicio de la fermentación.



En el grafico 3 se observa que los mejores tratamientos fueron T1(20% masa de papa; 10min. de amasado; 15min. de fermentación), T2(20% masa de papa; 20min. de amasado; 15min. de fermentación), T10(40% masa de papa; 20min de amasado; 15 min de fermentación) y T12(40% masa de papa; 20min de amasado; 25 min de fermentación) ya que estos obtuvieron mayor volumen al inicio del proceso de fermentación, con un promedio de 22, 92 cm<sup>3</sup>

**CUADRO 6.** Datos obtenidos del incremento de volumen (ml) a los 10 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	X̄
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	25,00	24,00	25,00	74,00	24,67
T2	<b>A1B1C2</b>	25,00	24,00	25,00	74,00	24,67
T3	<b>A1B2C1</b>	24,00	22,00	23,00	69,00	23,00
T4	<b>A1B2C2</b>	22,00	23,00	22,00	67,00	22,33
T5	<b>A2B1C1</b>	20,00	21,00	20,00	61,00	20,33
T6	<b>A2B1C2</b>	20,00	20,00	19,00	59,00	19,67
T7	<b>A2B2C1</b>	20,00	20,00	20,00	60,00	20,00
T8	<b>A2B2C2</b>	20,00	20,00	21,00	61,00	20,33
T9	<b>A3B1C1</b>	22,00	22,00	23,00	67,00	22,33
T10	<b>A3B1C2</b>	22,00	24,00	25,00	71,00	23,67
T11	<b>A3B2C1</b>	23,00	23,00	23,00	69,00	23,00
T12	<b>A3B2C2</b>	23,00	24,00	24,00	71,00	23,67
Σ Bloques		266,00	267,00	270,00	803,00	22,31

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 7.** Análisis de la varianza del incremento de volumen (ml) a los 10 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	119,639					
Tratamientos	11	107,639	9,7854	19,571	**	2,22	3,09
F A	2	90,389	45,1944	90,389	**	3,4	5,61
F B	1	2,250	2,2500	4,500	**	4,26	7,82
F C	1	0,250	0,2500	0,500	NS	4,26	7,82
I A x B	2	10,167	5,0833	10,167	**	2,22	3,09
I A x C	2	3,167	1,5833	3,167	**	2,22	3,09
I B x C	1	0,028	0,0278	0,056	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	182,167	91,0833	182,167	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	12,000	0,5000				

CV = 2,87%

Al realizar el análisis de la varianza del incremento de volumen a los 10 minutos de la fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, tiempo de amasado, interacciones: % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de fermentación y % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 8.** Prueba de Tukey para tratamientos de la variable incremento de volumen (ml) a los 10 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T1	A1B1C1	24,67	a
T2	A1B1C2	24,67	a
T10	A3B1C2	23,67	a
T12	A3B2C2	23,67	a
T3	A1B2C1	23,00	a
T11	A3B2C1	23,00	a
T4	A1B2C2	22,33	b
T9	A3B1C1	22,33	b
T5	A2B1C1	20,33	c
T8	A2B2C2	20,33	c
T7	A2B2C1	20,00	c
T6	A2B1C2	19,67	c

Realizada la prueba de Tukey para la variable incremento de volumen a los 10 minutos de fermentación se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento 1 (20% masa de papa; 10min de amasado; 15 min de fermentación) presentó el mayor volumen 24, 67 cm<sup>3</sup>.

Seguida por los tratamientos T2(20% masa de papa; 20min. de amasado; 15min. de fermentación), T10(40% masa de papa; 20min. de amasado; 15min. de fermentación), T12(40% masa de papa; 20min. de amasado; 25min. de fermentación), T3(20% masa de papa; 10min. de amasado; 25min. de fermentación) y T11(40% masa de papa; 10min. de amasado; 25min. de fermentación) con un Volumen promedio 23,60 cm<sup>3</sup>.

**CUADRO 9.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) del incremento de volumen (ml) a los 10 minutos de la fermentación.

<b>Factor A</b>	<b>% Masa de papa</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
A1	20	23,67	a
A3	40	23,17	a
A2	30	20,08	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen a los 10 minutos de fermentación, para el factor A (porcentaje de masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 20% de masa de papa es el mejor nivel para obtener un mayor volumen, seguido por el 40% de masa de papa, el cual alcanza un volumen considerable.

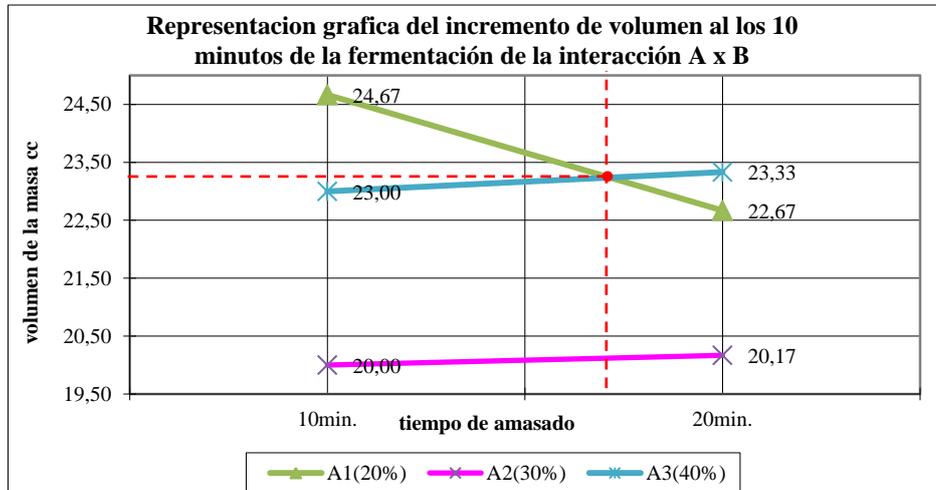
**CUADRO 10.** Prueba de D.M.S. para Factor B (tiempo de amasado) del incremento de volumen (ml) a los 10 minutos de fermentación.

<b>Factor B</b>	<b>Tiempo de amasado</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
B1	10 minutos	22,56	a
B2	20 minutos	22,06	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

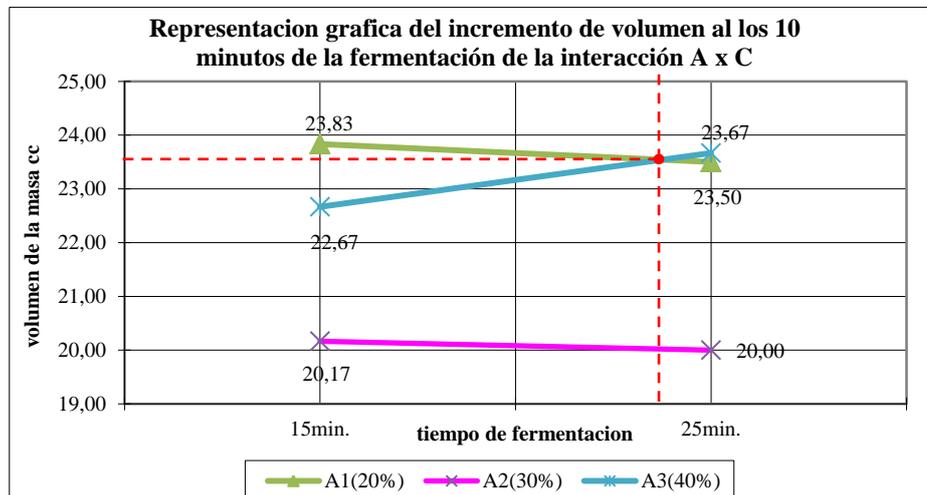
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen a los 10 minutos de la fermentación, para el factor B (tiempo de amasado) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 10 minutos de amasado es el tiempo adecuado para que el pan presente un volumen alto.

**GRÁFICO 4.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de volumen a los 10 minutos de la fermentación



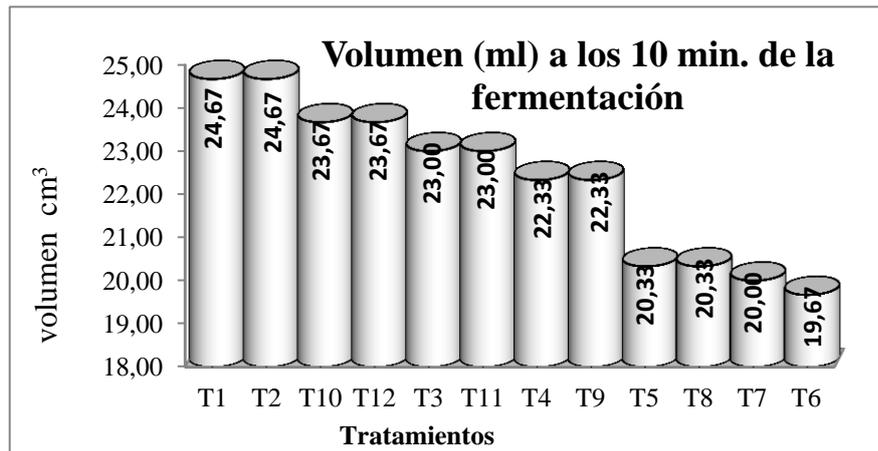
En el gráfico 4 se observa que existe intersección entre los niveles de 20% y 40% de masa de papa, por lo que se aprecia que el tiempo óptimo de amasado es 20 minutos para alcanzar un volumen máximo en la masa de 23,25 cm<sup>3</sup>.

**GRÁFICO 5.** Media de la interacción de los factores A x C, del incremento de volumen a los 10 minutos del proceso de fermentación.



En el gráfico 5 se observa que existe intersección entre los niveles 20% y 40% de masa de papa, lo que quiere decir que para que la masa alcance un volumen de  $23,50 \text{ cm}^3$ , el tiempo optimo de fermentación es de aproximadamente 25 minutos.

**GRÁFICO 6.** Media de tratamientos para el incremento de volumen (ml) a los 10 minutos de la fermentación.



En el gráfico 6 se observa que los mejores tratamientos fueron T1(20% masa de papa; 10min. de amasado; 15min. de fermentación), T2(20% masa de papa; 20min. de amasado; 15min. de fermentación), T10(40% masa de papa; 20min de amasado; 15 min de fermentación) y T12(40% masa de papa; 20min de amasado; 25 min de fermentación) ya que estos obtuvieron mayor volumen a los 10 minutos del proceso de fermentación, con un promedio de  $24,17 \text{ cm}^3$ .

**CUADRO 11.** Datos obtenidos del incremento de volumen (ml) a los 20 minutos de fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{X}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	25,00	25,00	25,00	75,00	25,00
T2	<b>A1B1C2</b>	25,00	25,00	25,00	75,00	25,00
T3	<b>A1B2C1</b>	24,00	24,00	24,00	72,00	24,00
T4	<b>A1B2C2</b>	23,00	23,00	24,00	70,00	23,33
T5	<b>A2B1C1</b>	20,00	21,00	21,00	62,00	20,67
T6	<b>A2B1C2</b>	21,00	21,00	20,00	62,00	20,67
T7	<b>A2B2C1</b>	22,00	21,00	21,00	64,00	21,33
T8	<b>A2B2C2</b>	21,00	22,00	21,00	64,00	21,33
T9	<b>A3B1C1</b>	25,00	25,00	25,00	75,00	25,00
T10	<b>A3B1C2</b>	25,00	25,00	27,00	77,00	25,67
T11	<b>A3B2C1</b>	26,00	25,00	27,00	78,00	26,00
T12	<b>A3B2C2</b>	25,00	26,00	26,00	77,00	25,67
$\Sigma$ Bloques		282,00	283,00	286,00	851,00	23,64

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 12.** Análisis de la varianza para el incremento de volumen (ml) a los 20 minutos de fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	152,306					
Tratamientos	11	143,639	13,0581	36,161	**	2,22	3,09
F A	2	134,722	67,3611	186,538	**	3,4	5,61
F B	1	0,028	0,0278	0,077	NS	4,26	7,82
F C	1	0,028	0,0278	0,077	NS	4,26	7,82
I A x B	2	7,389	3,6944	10,231	**	2,22	3,09
I A x C	2	0,389	0,1944	0,538	NS	2,22	3,09
I B x C	1	0,694	0,6944	1,923	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	269,833	134,9167	373,615	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	8,667	0,3611				

CV = 2,41%

En el análisis de la varianza para el incremento de volumen a los 20 minutos de fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 13.** Prueba de Tukey para tratamientos en el incremento de volumen (ml) a los 20 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T11	A3B2C1	26,00	a
T10	A3B1C2	25,67	a
T12	A3B2C2	25,67	a
T1	A1B1C1	25,00	a
T2	A1B1C2	25,00	a
T9	A3B1C1	25,00	a
T3	A1B2C1	24,00	b
T4	A1B2C2	23,33	c
T7	A2B2C1	21,33	d
T8	A2B2C2	21,33	d
T5	A2B1C1	20,67	d
T6	A2B1C2	20,67	d

Realizada la prueba de Tukey para la variable incremento de volumen a los 20 minutos de fermentación se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento T11 (40% masa de papa; 10min. de amasado; 25min. de fermentación) presentó el mayor volumen.

Seguida por los tratamientos T10 (40% masa de papa; 20min. de amasado; 15min. de fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. de amasado; 25min. de fermentación), T1 (20% masa de papa; 10min. de amasado; 15min. de fermentación), T2 (20% masa de papa; 20min. de amasado; 15min. de fermentación) y T9 (40% masa de papa; 10min. de amasado; 15min. de fermentación) con un Volumen promedio 25, 27cm<sup>3</sup>.

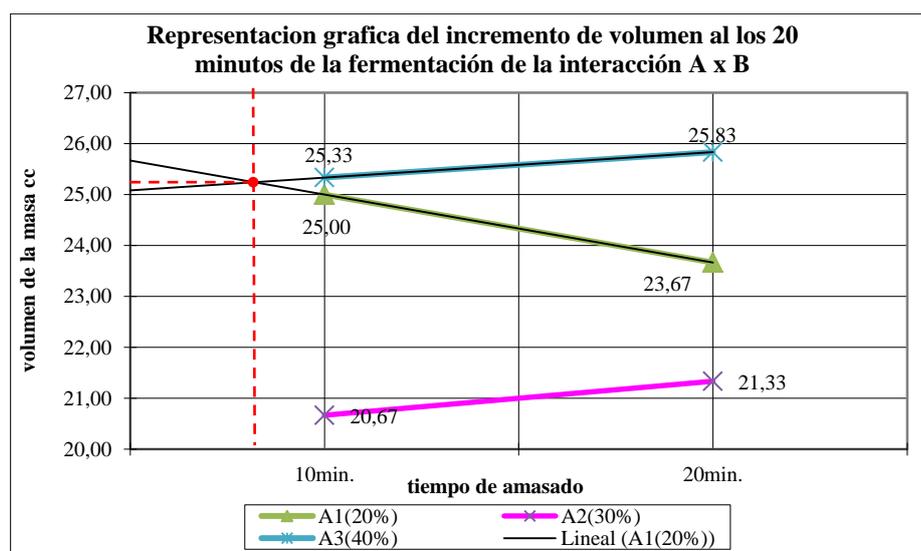
**CUADRO 14.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en el incremento de volumen (ml) a los 20 minutos de la fermentación.

Factor A	% Masa de papa	Media	Rangos D.M.S. al 5%
A3	40	25,58	a
A1	20	24,33	a
A2	30	21,00	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

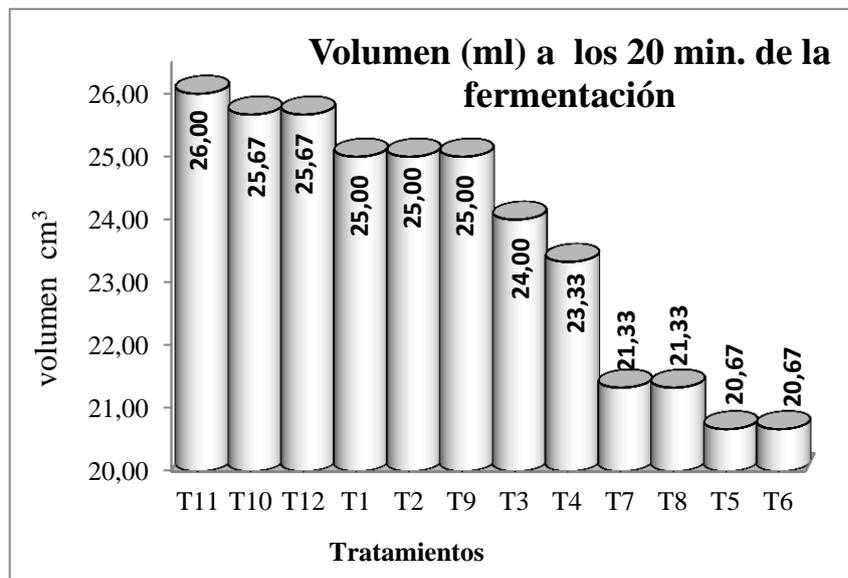
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen a los 20 minutos de fermentación, para el factor A (porcentaje de masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 40% de masa de papa es el nivel con el cual el pan presenta mayor volumen.

**GRÁFICO 7.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de volumen a los 20 minutos de la fermentación



En el gráfico 7 se observa que existe intersección entre los niveles 20% y 40% de masa de papa, en un tiempo de amasado de 10 minutos para alcanzar un volumen de 25,25 cm<sup>3</sup>. También se observa que a medida que aumenta el tiempo de amasado para los nivel de 30% y 40% de masa de papa el volumen de la masa final aumenta.

**GRÁFICO 8.** Media de los tratamientos para el incremento de volumen (ml) a los 20 minutos de la fermentación.



En el gráfico 8 se observa que los mejores tratamientos fueron T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15min. Fermentación) y T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25 min. fermentación) ya que estos obtuvieron mayor volumen a los 20 minutos del proceso de fermentación, con un promedio de 25,78 cm<sup>3</sup>.

**CUADRO 15.** Datos obtenidos del incremento de volumen (ml) a los 30 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{X}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	25,00	26,00	26,00	77,00	25,67
T2	<b>A1B1C2</b>	25,00	26,00	26,00	77,00	25,67
T3	<b>A1B2C1</b>	25,00	25,00	25,00	75,00	25,00
T4	<b>A1B2C2</b>	25,00	26,00	25,00	76,00	25,33
T5	<b>A2B1C1</b>	22,00	23,00	22,00	67,00	22,33
T6	<b>A2B1C2</b>	22,00	22,00	21,00	65,00	21,67
T7	<b>A2B2C1</b>	24,00	24,00	23,00	71,00	23,67
T8	<b>A2B2C2</b>	22,00	23,00	22,00	67,00	22,33
T9	<b>A3B1C1</b>	28,00	27,00	28,00	83,00	27,67
T10	<b>A3B1C2</b>	28,00	26,00	29,00	83,00	27,67
T11	<b>A3B2C1</b>	28,00	28,00	29,00	85,00	28,33
T12	<b>A3B2C2</b>	28,00	27,00	27,00	82,00	27,33
$\Sigma$ Bloques		302,00	303,00	303,00	908,00	25,22

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 16.** Análisis de la varianza para el incremento de volumen (ml) a los 30 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	186,222					
Tratamientos	11	174,889	15,8990	33,668	**	2,22	3,09
F A	2	166,056	83,0278	175,824	**	3,4	5,61
F B	1	0,444	0,4444	0,941	NS	4,26	7,82
F C	1	1,778	1,7778	3,765	NS	4,26	7,82
I A x B	2	3,389	1,6944	3,588	**	2,22	3,09
I A x C	2	2,056	1,0278	2,176	NS	2,22	3,09
I B x C	1	0,444	0,4444	0,941	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	332,833	166,4167	352,412	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	11,333	0,4722				

CV = 2,68%

En el análisis de la varianza para el incremento de volumen a los 30 minutos de fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 17.** Prueba de Tukey para tratamientos en el incremento de volumen (ml) a los 30 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T11	A3B2C1	28,33	a
T9	A3B1C1	27,67	a
T10	A3B1C2	27,67	a
T12	A3B2C2	27,33	a
T1	A1B1C1	25,67	b
T2	A1B1C2	25,67	b
T4	A1B2C2	25,33	b
T3	A1B2C1	25,00	b
T7	A2B2C1	23,67	c
T5	A2B1C1	22,33	d
T8	A2B2C2	22,33	d
T6	A2B1C2	21,67	d

Realizada la prueba de Tukey para la variable incremento de volumen a los 30 minutos de fermentación se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento T11 (40% masa de papa; 10min. de amasado; 25min. de fermentación) presentó el mayor volumen.

Seguida por los tratamientos T9 (40% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20 min. amasado; 15 min. fermentación) y T12 (40% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación) con un Volumen promedio 27,55 cm<sup>3</sup>.

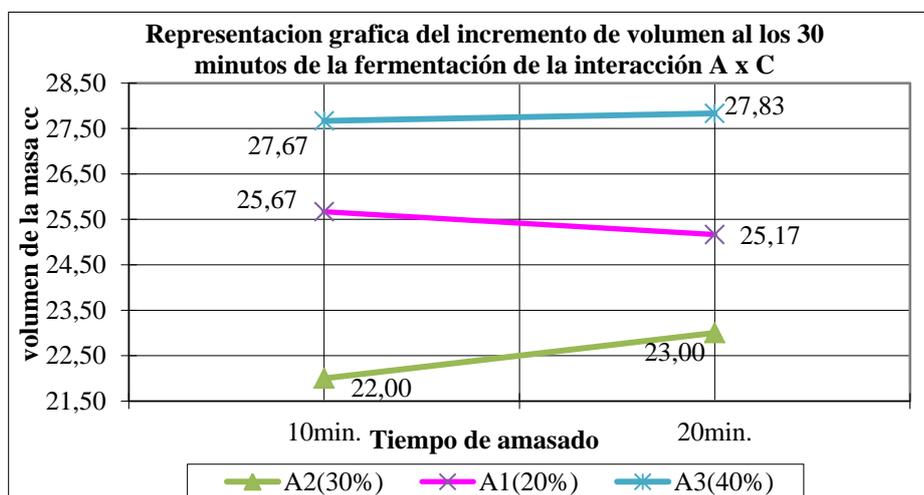
**CUADRO 18.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) de el incremento de volumen (ml) a los 30 minutos de la fermentación.

Factor A	% Masa de papa	Media	Rangos D.M.S. al 5%
A3	40	27,75	a
A1	20	25,42	b
A2	30	22,50	c

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

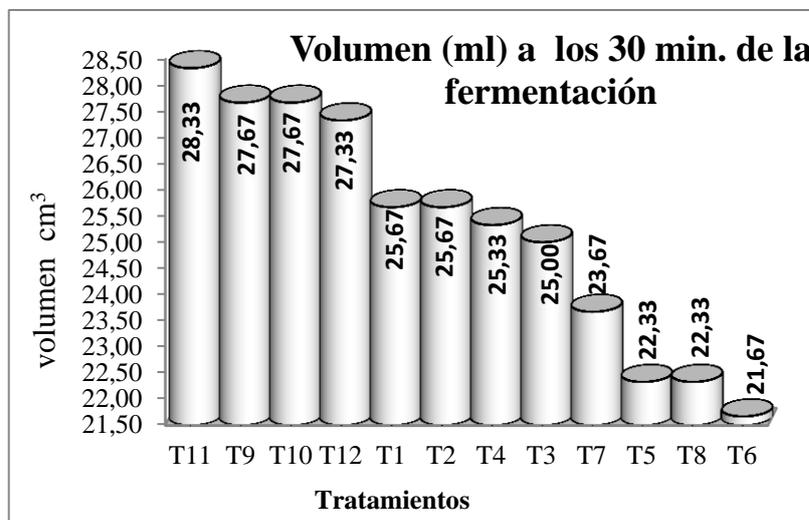
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen a los 30 minutos de fermentación, para el factor A (porcentaje de masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 40% de masa de papa es el nivel con el cual el pan presenta mayor volumen.

**GRÁFICO 9.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de volumen a los 30 minutos de la fermentación.



En el gráfico 9 se observa que el tiempo de amasado es directamente proporcional al volumen de la masa, con respecto a la sustitución del 30 y 40% de masa de papa.

**GRÁFICO 10.** Media de tratamientos para el incremento de volumen (ml) a los 30 minutos de la fermentación.



En el gráfico 10 se observa que los mejores tratamientos fueron T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T9 (40% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15 min. fermentación) y T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25 min. fermentación) ya que estos obtuvieron mayor volumen a los 30 minutos del proceso de fermentación, con un promedio de 27,75 cm<sup>3</sup>.

**CUADRO 19.** Datos obtenidos del incremento de volumen (ml) a los 40 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{X}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	27,00	28,00	29,00	84,00	28,00
T2	<b>A1B1C2</b>	27,00	28,00	28,00	83,00	27,67
T3	<b>A1B2C1</b>	27,00	27,00	27,00	81,00	27,00
T4	<b>A1B2C2</b>	30,00	28,00	28,00	86,00	28,67
T5	<b>A2B1C1</b>	26,00	26,00	26,00	78,00	26,00
T6	<b>A2B1C2</b>	24,00	26,00	25,00	75,00	25,00
T7	<b>A2B2C1</b>	27,00	26,00	25,00	78,00	26,00
T8	<b>A2B2C2</b>	25,00	27,00	26,00	78,00	26,00
T9	<b>A3B1C1</b>	30,00	30,00	32,00	92,00	30,67
T10	<b>A3B1C2</b>	32,00	30,00	33,00	95,00	31,67
T11	<b>A3B2C1</b>	32,00	32,00	32,00	96,00	32,00
T12	<b>A3B2C2</b>	31,00	31,00	32,00	94,00	31,33
$\Sigma$ Bloques		338,00	339,00	343,00	1020,00	28,33

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 20.** Análisis de la varianza para el incremento de volumen (ml) a los 40 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	226,000					
Tratamientos	11	206,667	18,7879	23,323	**	2,22	3,09
F A	2	197,167	98,5833	122,379	**	3,4	5,61
F B	1	1,000	1,0000	1,241	NS	4,26	7,82
F C	1	0,111	0,1111	0,138	NS	4,26	7,82
I A x B	2	0,500	0,2500	0,310	NS	2,22	3,09
I A x C	2	2,056	1,0278	1,276	NS	2,22	3,09
I B x C	1	0,444	0,4444	0,552	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	399,722	199,8611	248,103	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	19,333	0,8056				

CV = 3,21%

Al realizar el análisis de la varianza para el incremento de volumen a los 40 minutos de la fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa e interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 21.** Prueba de Tukey para tratamientos en el incremento de volumen (ml) a los 40 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T11	A3B2C1	32,00	a
T10	A3B1C2	31,67	a
T12	A3B2C2	31,33	a
T9	A3B1C1	30,67	a
T4	A1B2C2	28,67	b
T1	A1B1C1	28,00	b
T2	A1B1C2	27,67	b
T3	A1B2C1	27,00	b
T5	A2B1C1	26,00	c
T7	A2B2C1	26,00	c
T8	A2B2C2	26,00	c
T6	A2B1C2	25,00	d

Realizada la prueba de Tukey para la variable incremento de volumen a los 40 minutos de fermentación se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento T11 (40% masa de papa; 10min. de amasado; 25min. de fermentación) presentó el mayor volumen.

Seguida por los tratamientos T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación) y T9 (40% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación) con un Volumen promedio 31,22 cm<sup>3</sup>.

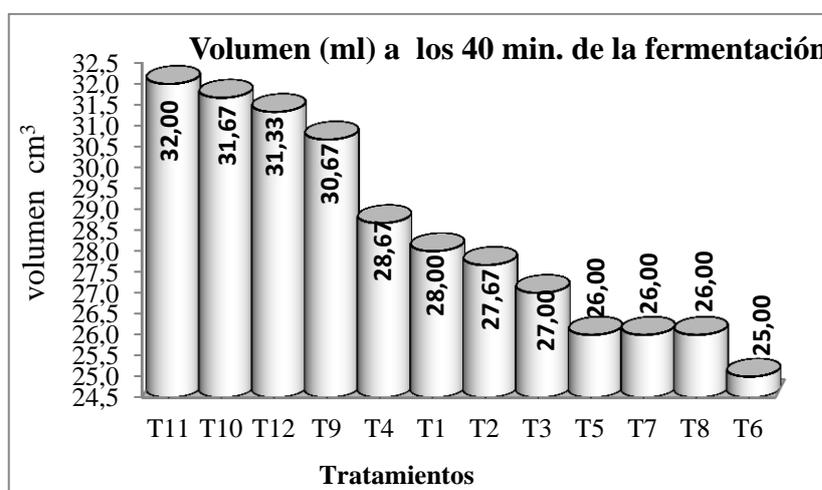
**CUADRO 22.** Prueba de D.M.S. para Factor A en el incremento de volumen (ml) a los 40 minutos de la fermentación.

Factor A	% Masa de papa	Media	Rangos D.M.S. al 5%
A3	40	31,42	a
A1	20	27,83	b
A2	30	25,75	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen a los 40 minutos de la fermentación, para el factor A (porcentaje de masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 40% de masa de papa es el nivel con el cual el pan presenta mayor volumen.

**GRÁFICO 11.** Media de los tratamientos para el incremento de volumen (ml) a los 40 minutos de la fermentación.



En el gráfico 11 se observa que los mejores tratamientos fueron T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25 min. fermentación) y T9 (40% masa de papa; 10min. amasado; 15 min. fermentación) ya que estos obtuvieron mayor volumen a los 40 minutos del proceso de fermentación, con un promedio de 31,42 cm<sup>3</sup>

**CUADRO 23.** Datos obtenidos del incremento de volumen (ml) a los 55 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{X}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	31,00	31,00	32,00	94,00	31,33
T2	<b>A1B1C2</b>	29,00	30,00	30,00	89,00	29,67
T3	<b>A1B2C1</b>	28,00	29,00	31,00	88,00	29,33
T4	<b>A1B2C2</b>	30,00	29,00	29,00	88,00	29,33
T5	<b>A2B1C1</b>	29,00	29,00	27,00	85,00	28,33
T6	<b>A2B1C2</b>	25,00	26,00	26,00	77,00	25,67
T7	<b>A2B2C1</b>	29,00	29,00	28,00	86,00	28,67
T8	<b>A2B2C2</b>	26,00	28,00	27,00	81,00	27,00
T9	<b>A3B1C1</b>	35,00	33,00	35,00	103,00	34,33
T10	<b>A3B1C2</b>	34,00	35,00	36,00	105,00	35,00
T11	<b>A3B2C1</b>	35,00	34,00	38,00	107,00	35,67
T12	<b>A3B2C2</b>	35,00	35,00	36,00	106,00	35,33
$\Sigma$ Bloques		366,00	368,00	375,00	1109,00	30,81

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 24.** Análisis de la varianza para el incremento de volumen (ml) a los 55 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	421,639					
Tratamientos	11	394,972	35,9066	32,316	**	2,22	3,09
F A	2	366,889	183,4444	165,100	**	3,4	5,61
F B	1	0,250	0,2500	0,225	NS	4,26	7,82
F C	1	8,028	8,0278	7,225	*	4,26	7,82
I A x B	2	8,000	4,0000	3,600	**	2,22	3,09
I A x C	2	8,222	4,1111	3,700	**	2,22	3,09
I B x C	1	0,694	0,6944	0,625	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	736,667	368,3333	331,500	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	26,667	1,1111				

CV = 3,36%

Al realizar el análisis de la varianza para el incremento de volumen a los 55 minutos de la fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, tiempo de fermentación, interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de fermentación y % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 25.** Prueba de Tukey para tratamientos en el incremento de volumen (ml) a los 55 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T11	A3B2C1	35,67	a
T12	A3B2C2	35,33	a
T10	A3B1C2	35,00	a
T9	A3B1C1	34,33	a
T1	A1B1C1	31,33	b
T2	A1B1C2	29,67	b
T3	A1B2C1	29,33	b
T4	A1B2C2	29,33	b
T7	A2B2C1	28,67	b
T5	A2B1C1	28,33	c
T8	A2B2C2	27,00	c
T6	A2B1C2	25,67	d

Realizada la prueba de Tukey para la variable incremento de volumen a los 55 minutos de fermentación se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento T11 (40% masa de papa; 10min. de amasado; 25min. de fermentación) presentó el mayor volumen.

Seguida por los tratamientos T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación) y T9 (40% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación) con un Volumen promedio 34,88 cm<sup>3</sup>.

**CUADRO 26.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en el incremento de volumen (ml) a los 55 minutos de la fermentación.

<b>Factor A</b>	<b>% Masa de papa</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
A3	40	35,08	a
A1	20	29,92	b
A2	30	27,42	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

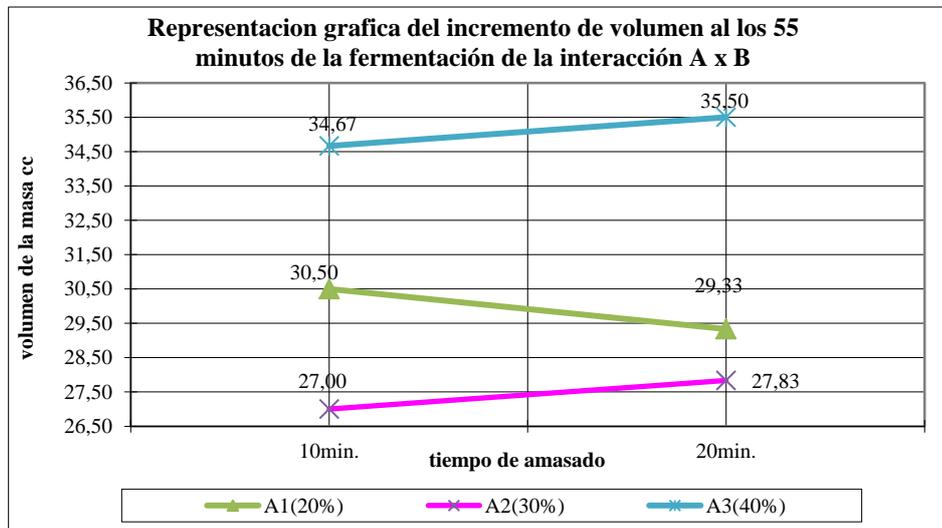
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen a los 55 minutos de la fermentación, para el factor A; porcentaje de masa de papa indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 40% de masa de papa es el nivel con el cual el pan presenta mayor volumen.

**CUADRO 27.** Prueba de D.M.S. para Factor C (tiempo de fermentación) en el incremento de volumen (ml) a los 55 minutos de la fermentación.

<b>Factor C</b>	<b>Tiempo de fermentación</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
C1	15 minutos	31,28	a
C2	25 minutos	30,33	a

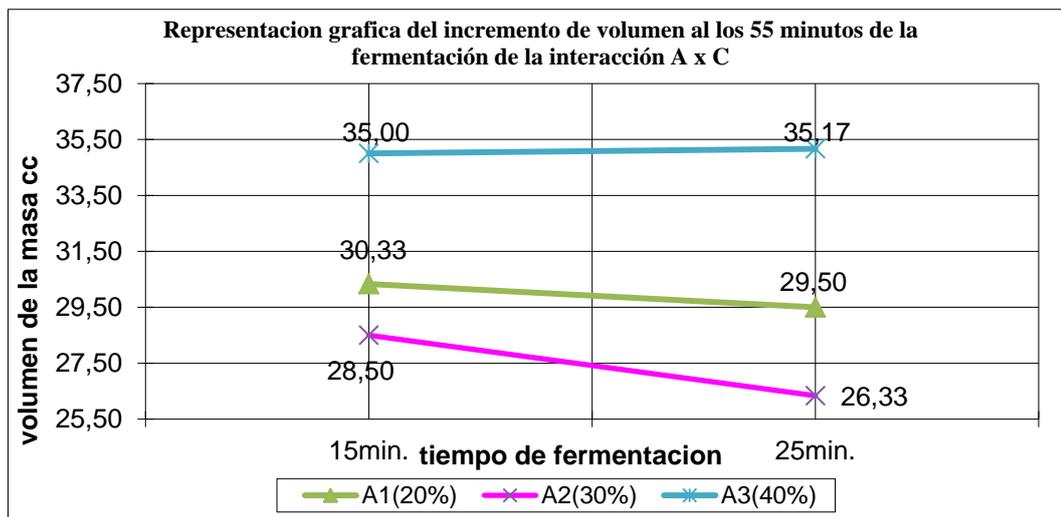
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de volumen a los 55 minutos de fermentación, para el factor C (tiempo de fermentación) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 15 minutos de fermentación es el tiempo adecuado con el cual el pan presenta mayor volumen.

**GRÁFICO 12.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de volumen a los 55 minutos de la fermentación.



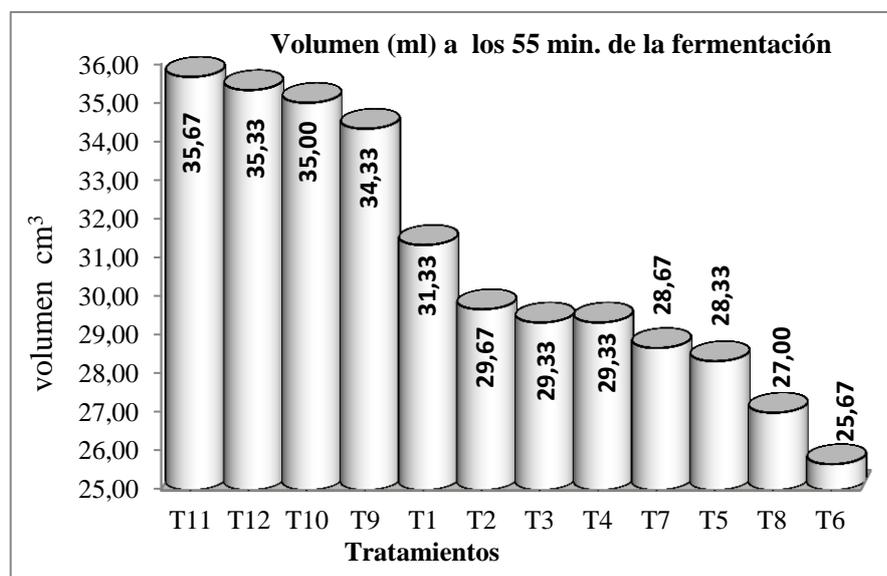
En el gráfico 12 se observa que el tiempo de amasado es directamente proporcional al volumen de la masa, con respecto a la sustitución del 30 y 40% de masa de papa.

**GRÁFICO 13.** Media de la interacción de los factores A x C, del incremento de volumen a los 55 minutos de la fermentación.



En el grafico 13 se observa que el tiempo de fermentación es inversamente proporcional con respecto al volumen de la masa final, en la sustitución del 20% y 30% de masa de papa, también se aprecia que existe un pequeño incremento de volumen de masa a medida que aumenta el tiempo de fermentación, con aquella masa que contiene un 40% de sustitución de masa de papa.

**GRÁFICO 14.** Media de los tratamientos para el incremento de volumen (ml) a los 55 minutos de la fermentación.



En el grafico 14 se observa que los mejores tratamientos fueron T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15 min. fermentación) y T9 (40% masa de papa; 10min. amasado; 15 min. fermentación) ya que estos obtuvieron mayor volumen a los 55 minutos del proceso de fermentación, con un promedio de 35,08 cm<sup>3</sup>.

#### 4.4.2 Análisis estadístico de la variable Temperatura de fermentación (°C)

**CUADRO 28.** Datos obtenidos de Temperatura (°C) al inicio de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{X}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	29,90	29,90	29,91	89,71	29,90
T2	<b>A1B1C2</b>	29,90	29,89	29,90	89,69	29,90
T3	<b>A1B2C1</b>	31,00	31,10	31,10	93,20	31,10
T4	<b>A1B2C2</b>	31,10	31,11	31,10	93,31	31,10
T5	<b>A2B1C1</b>	29,21	29,20	29,18	87,59	29,20
T6	<b>A2B1C2</b>	29,20	29,18	29,19	87,57	29,20
T7	<b>A2B2C1</b>	30,28	30,30	30,30	90,88	30,30
T8	<b>A2B2C2</b>	30,30	30,31	30,30	90,91	30,30
T9	<b>A3B1C1</b>	29,80	29,82	29,82	89,44	29,80
T10	<b>A3B1C2</b>	29,80	29,80	29,81	89,41	29,80
T11	<b>A3B2C1</b>	32,10	32,10	32,05	96,25	32,10
T12	<b>A3B2C2</b>	32,10	32,12	32,10	96,32	32,10
$\Sigma$ Bloques		364,69	364,83	364,76	1094,28	30,40

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 29.** Análisis de la varianza para la variable Temperatura (°C) al inicio de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	32,465					
Tratamientos	11	32,455	2,9505	6987,933	**	2,22	3,09
F A	2	8,890	4,4448	10527,059	**	3,4	5,61
F B	1	20,946	20,9459	49608,658	**	4,26	7,82
F C	1	0,001	0,0005	1,289	NS	4,26	7,82
I A x B	2	2,616	1,3082	3098,375	**	2,22	3,09
I A x C	2	0,000	0,0001	0,322	NS	2,22	3,09
I B x C	1	0,002	0,0022	5,158	*	4,26	7,82
I A x B x C	2	17,779	8,8897	21054,441	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	0,010	0,0004				

CV = 0,07%

En el análisis de la varianza para la variable temperatura al inicio de la fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, tiempo de amasado, interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación también hay diferencia significativa para la interacción tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 30.** Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Temperatura (°C) al inicio de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T11	A3B2C1	32,10	a
T12	A3B2C2	32,10	a
T3	A1B2C1	31,10	b
T4	A1B2C2	31,10	b
T7	A2B2C1	30,30	b
T8	A2B2C2	30,30	b
T1	A1B1C1	29,90	c
T2	A1B1C2	29,90	c
T9	A3B1C1	29,80	c
T10	A3B1C2	29,80	c
T5	A2B1C1	29,20	d
T6	A2B1C2	29,20	d

Realizada la prueba de Tukey para la variable de temperatura al inicio de fermentación se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento T11 (40% masa de papa; 10min. de amasado; 25min. de fermentación) obtuvo la mayor temperatura.

Seguida por el tratamientos T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación) con una Temperatura de 32,10°C.

**CUADRO 31.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en la variable Temperatura (°C) al inicio de la fermentación.

<b>Factor A</b>	<b>% Masa de papa</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
A3	40	30,95	a
A1	20	30,49	b
A2	30	29,75	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% de la variable temperatura al inicio de la fermentación, para el factor A (porcentaje de masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 40% de masa de papa es el nivel con el cual el pan presenta mayor temperatura.

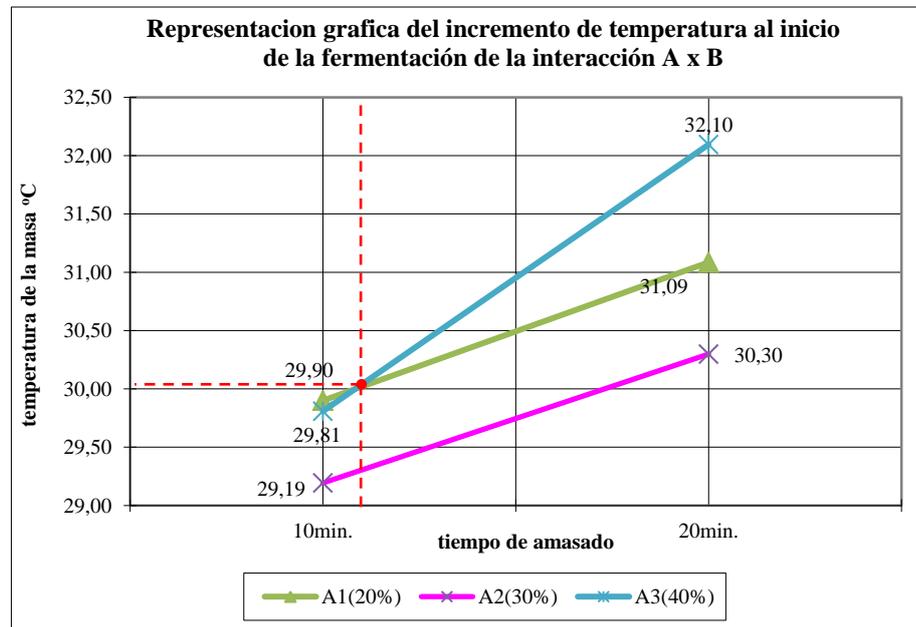
**CUADRO 32.** Prueba de D.M.S. para Factor B (tiempo de amasado) en la variable Temperatura (°C) al inicio de la fermentación.

<b>Factor B</b>	<b>Tiempo de amasado</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
B2	20 minutos	31,16	a
B1	10 minutos	29,63	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

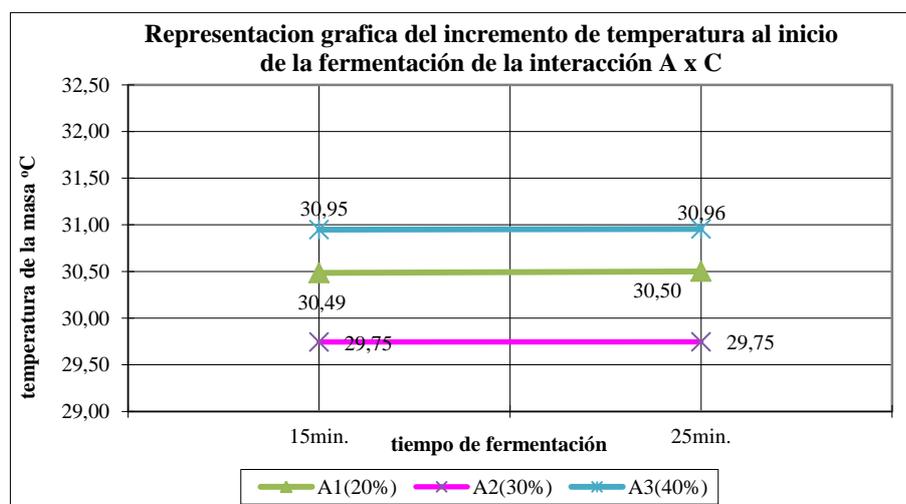
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% de la variable temperatura al inicio de la fermentación, para el factor B; tiempo de amasado indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 20 minuto es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor temperatura.

**GRÁFICO 15.** Media de la interacción de los factores A x B, de la variable Temperatura al inicio de la fermentación.



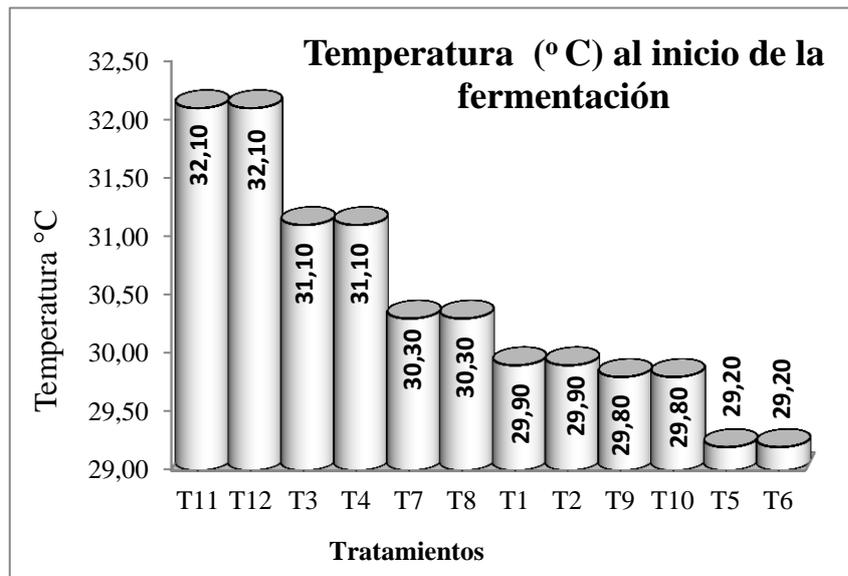
En el gráfico 15 se observa que existe intersección entre los niveles A1 (20%) y A3 (40%), del incremento de temperatura al inicio de la fermentación, se puede apreciar que existe una relación directamente proporcional entre el tiempo de amasado y la temperatura de la masa.

**GRÁFICO 16.** Media de la interacción de los factores B x C, del incremento de Temperatura al inicio de la fermentación.



En el gráfico 16 se observa que a medida que el tiempo de fermentación aumenta la temperatura presenta un mínimo incremento tanto en A1(20%), A2 (30%) y A3 (40%), además también se puede decir que con el 40% de masa de papa la masa presenta mayor temperatura.

**GRÁFICO 17.** Media de los tratamientos para la variable Temperatura (°C) al inicio del proceso de fermentación.



En el gráfico 17 se observa que los mejores tratamientos fueron T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación), T3 (20% masa de papa; 10min. amasado; 25 min. fermentación) y T4 (20% masa de papa; 20min. amasado; 25 min. fermentación) ya que estos obtuvieron mayor temperatura al inicio del proceso de fermentación, con un promedio de 31,35 °C.

**CUADRO 33.** Datos obtenidos del incremento de Temperatura (°C) a los 10 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{x}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	29,30	29,10	29,00	87,40	29,13
T2	<b>A1B1C2</b>	29,50	29,40	29,20	88,10	29,37
T3	<b>A1B2C1</b>	29,90	28,40	29,30	87,60	29,20
T4	<b>A1B2C2</b>	27,50	26,40	26,90	80,80	26,93
T5	<b>A2B1C1</b>	27,90	28,40	27,70	84,00	28,00
T6	<b>A2B1C2</b>	27,40	27,40	27,30	82,10	27,37
T7	<b>A2B2C1</b>	27,10	27,90	27,80	82,80	27,60
T8	<b>A2B2C2</b>	27,60	28,00	28,00	83,60	27,87
T9	<b>A3B1C1</b>	26,60	26,90	27,30	80,80	26,93
T10	<b>A3B1C2</b>	27,40	27,60	27,20	82,20	27,40
T11	<b>A3B2C1</b>	27,80	27,60	27,80	83,20	27,73
T12	<b>A3B2C2</b>	27,90	28,00	27,40	83,30	27,77
$\Sigma$ Bloques		335,9	335,1	334,9	1005,90	27,94

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 34.** Análisis de la varianza para el incremento de temperatura (°C ) a los 10 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	26,827					
Tratamientos	11	23,674	2,1522	16,380	**	2,22	3,09
F A	2	9,620	4,8100	36,609	**	3,4	5,61
F B	1	0,302	0,3025	2,302	NS	4,26	7,82
F C	1	0,902	0,9025	6,869	*	4,26	7,82
I A x B	2	4,927	2,4633	18,748	**	2,22	3,09
I A x C	2	2,487	1,2433	9,463	**	2,22	3,09
I B x C	1	1,034	1,0336	7,867	*	4,26	7,82
I A x B x C	2	23,642	11,8211	89,970	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	3,153	0,1314				

CV = 1,24%

En el análisis de la varianza para el incremento de temperatura a los 10 minutos de la fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de fermentación, % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, también hay diferencia significativa, para tiempo de fermentación, interacción tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores.

**CUADRO 35.** Prueba de Tukey para tratamientos en el incremento de temperatura (°C) a los 10 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T2	A1B1C2	29,37	a
T3	A1B2C1	29,20	a
T1	A1B1C1	29,13	a
T5	A2B1C1	28,00	b
T8	A2B2C2	27,87	b
T12	A3B2C2	27,77	b
T11	A3B2C1	27,73	b
T7	A2B2C1	27,60	b
T10	A3B1C2	27,40	b
T6	A2B1C2	27,37	b
T4	A1B2C2	26,93	c
T9	A3B1C1	26,93	c

Realizada la prueba de Tukey para la variable de temperatura a los 10 minutos de la fermentación se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento T2 (20% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación) obtuvo mayor temperatura.

Seguida por los tratamientos T3 (20% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación) y T1 (20% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación) con una Temperatura promedio 29,16°C.

**CUADRO 36.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en el incremento de Temperatura (°C) a los 10 minutos de la fermentación.

<b>Factor A</b>	<b>% Masa de papa</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
A1	20	28,66	a
A2	30	27,71	b
A3	40	27,46	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de temperatura a los 10 minutos de la fermentación, para el factor A (porcentaje de masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, el 20% de masa de papa es el nivel con el cual el pan presenta mayor temperatura.

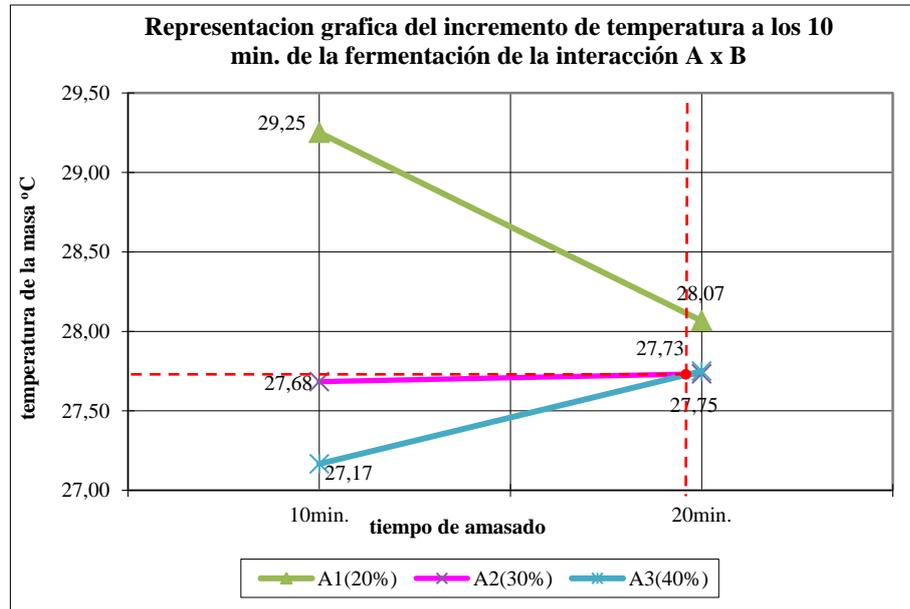
**CUADRO 37.** Prueba de D.M.S. para Factor C (tiempo de fermentación) en el incremento de Temperatura (°C) a los 10 minutos de la fermentación.

<b>Factor C</b>	<b>Tiempo de fermentación</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
C1	15 minutos	28,10	a
C2	25 minutos	27,78	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

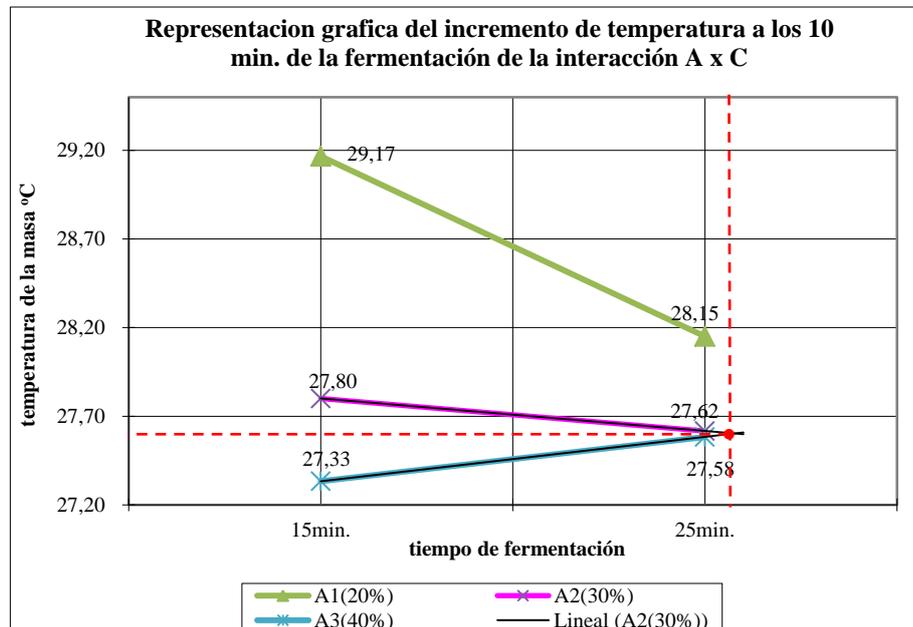
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de temperatura a los 10 minutos de la fermentación, para el factor C (tiempo de fermentación) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 15 minutos es el tiempo adecuado con el cual el pan presenta mayor temperatura.

**GRÁFICO 18.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de Temperatura a los 10 minutos de la fermentación.



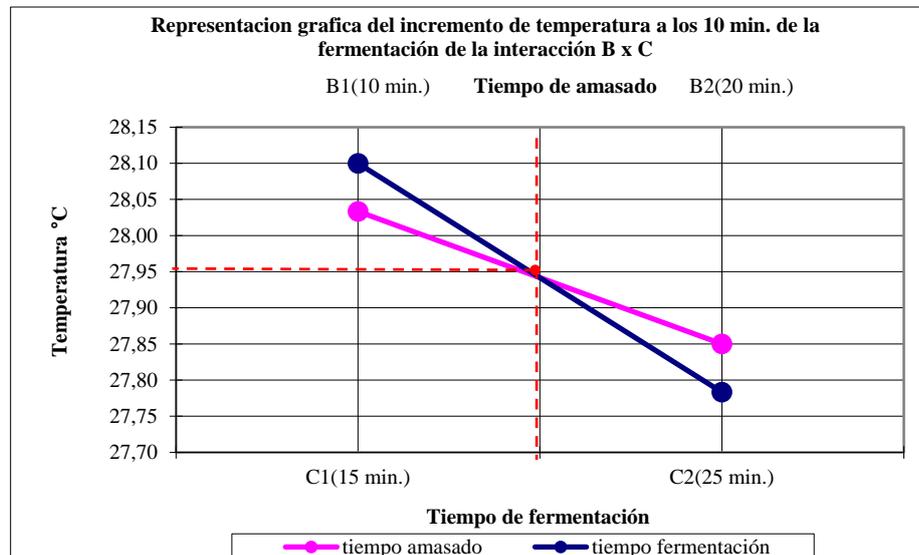
En el gráfico 18 se observa que existe intersección entre los niveles A2 (30%) y A3 (40%), del incremento de temperatura a los 10 minutos de la fermentación, además se aprecia que para aquella masa que contiene el 20% de masa de papa, a hay una relación inversamente proporcional en relación tiempo de amasado y temperatura de la masa. También se observa que para el nivel A3 (40%) la temperatura de la masa es directamente proporcional al tiempo de amasado.

**GRÁFICO 19.** Media de la interacción de los factores A x C, del incremento de Temperatura a los 10 minutos de la fermentación.



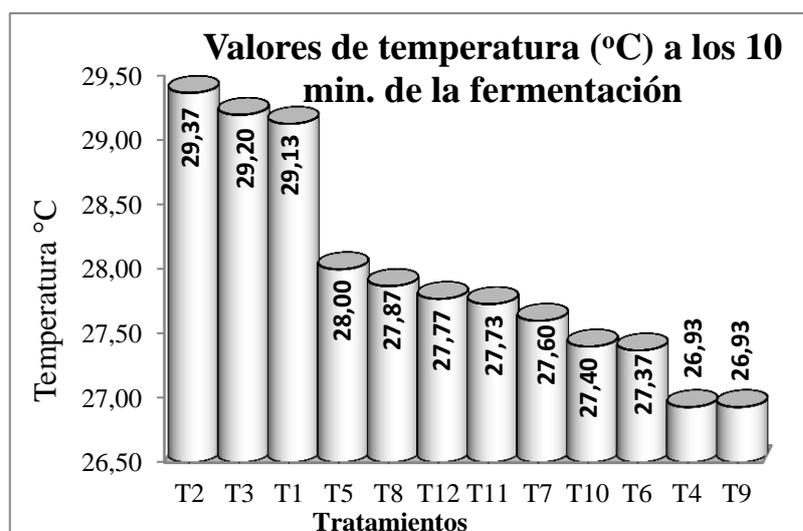
En el gráfico 19 se observa que existe intersección entre los niveles A2 (30%) y A3 (40%), del incremento de temperatura a los 10 minutos de fermentación, además se aprecia que para el nivel A1 y A2 la temperatura de la masa es inversamente proporcional al tiempo de fermentación. También se observa que para el nivel A3 (40%) la temperatura de la masa es directamente proporcional al tiempo de fermentación.

**GRÁFICO 20.** Media de la interacción de los factores B x C, del incremento de Temperatura a los 10 minutos de la fermentación.



En el gráfico 20 se observa que existe un punto de intersección entre los factores B (tiempo de amasado) y C (tiempo de fermentación), de la variable incremento de temperatura a los 10 minutos del proceso de fermentación, en dicha intersección se aprecia que con 10 minutos de amasado y aplicando 15 minutos de fermentación, la masa alcanza una temperatura de fermentación de 27,95 °C.

**GRÁFICO 21.** Media de los tratamientos para la variable Temperatura (°C) a los 10 minutos del proceso de fermentación.



En el grafico 21 se observa que los mejores tratamientos fueron T2 (20% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación), T3 (20% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación) y T1 (20% masa de papa; 10min. amasado; 15 min. fermentación) ya que estos obtuvieron mayor temperatura a los 10 minutos del proceso de fermentación, con un promedio de 29,23 °C.

**CUADRO 38.** Datos obtenidos del incremento de Temperatura (°C) a los 20 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	$\bar{x}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	28,70	27,30	27,10	83,10	27,70
T2	<b>A1B1C2</b>	27,60	26,40	26,40	80,40	26,80
T3	<b>A1B2C1</b>	25,20	24,30	24,30	73,80	24,60
T4	<b>A1B2C2</b>	26,70	24,70	24,50	75,90	25,30
T5	<b>A2B1C1</b>	26,60	27,20	26,80	80,60	26,87
T6	<b>A2B1C2</b>	27,20	26,00	26,40	79,60	26,53
T7	<b>A2B2C1</b>	26,80	26,50	26,60	79,90	26,63
T8	<b>A2B2C2</b>	27,00	27,40	25,80	80,20	26,73
T9	<b>A3B1C1</b>	26,00	26,40	27,00	79,40	26,47
T10	<b>A3B1C2</b>	26,00	25,90	27,20	79,10	26,37
T11	<b>A3B2C1</b>	27,20	26,90	26,60	80,70	26,90
T12	<b>A3B2C2</b>	26,10	26,90	26,80	79,80	26,60
Σ Bloques		321,10	315,90	315,50	952,50	26,46

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 39.** Análisis de la varianza para el incremento de temperatura (°C) a los 20 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	31,327					
Tratamientos	11	20,867	1,8970	4,353	**	2,22	3,09
F A	2	2,382	1,1908	2,732	NS	3,4	5,61
F B	1	3,934	3,9336	9,025	**	4,26	7,82
F C	1	0,174	0,1736	0,398	NS	4,26	7,82
I A x B	2	12,271	6,1353	14,077	**	2,22	3,09
I A x C	2	0,017	0,0086	0,020	NS	2,22	3,09
I B x C	1	0,840	0,8403	1,928	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	6,014	3,0069	6,899	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	10,460	0,4358				

CV = 2,38%

En el análisis de la varianza para el incremento de temperatura a los 20 minutos de la fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, tiempo de amasado, interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores e interacciones.

**CUADRO 40.** Prueba de Tukey para tratamientos en el incremento de temperatura (°C) a los 20 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T1	A1B1C1	27,70	a
T11	A3B2C1	26,90	a
T5	A2B1C1	26,87	a
T2	A1B1C2	26,80	a
T8	A2B2C2	26,73	a
T7	A2B2C1	26,63	a
T12	A3B2C2	26,60	a
T6	A2B1C2	26,53	a
T9	A3B1C1	26,47	a
T10	A3B1C2	26,37	a
T4	A1B2C2	25,30	b
T3	A1B2C1	24,60	c

Realizada la prueba de Tukey para la variable de temperatura a los 20 minutos de fermentación se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento T1 (20% masa de papa; 10min. amasado; 15 min. fermentación) la mayor temperatura.

Seguida por los tratamientos T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25 min. fermentación), T5 (30% masa de papa; 10min. amasado; 15 min. fermentación), T2 (20% masa de papa; 20min. amasado; 15 min. fermentación), T8 (30% masa de papa; 20min. amasado; 25 min. fermentación), T7 (30% masa de papa; 10min. amasado; 25 min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25 min. fermentación), T6 (30% masa de papa; 20min. amasado; 15 min. fermentación), T9 (40% masa de papa; 10min. amasado; 15 min. fermentación) y

T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15 min. fermentación) con una Temperatura promedio 26,65°C.

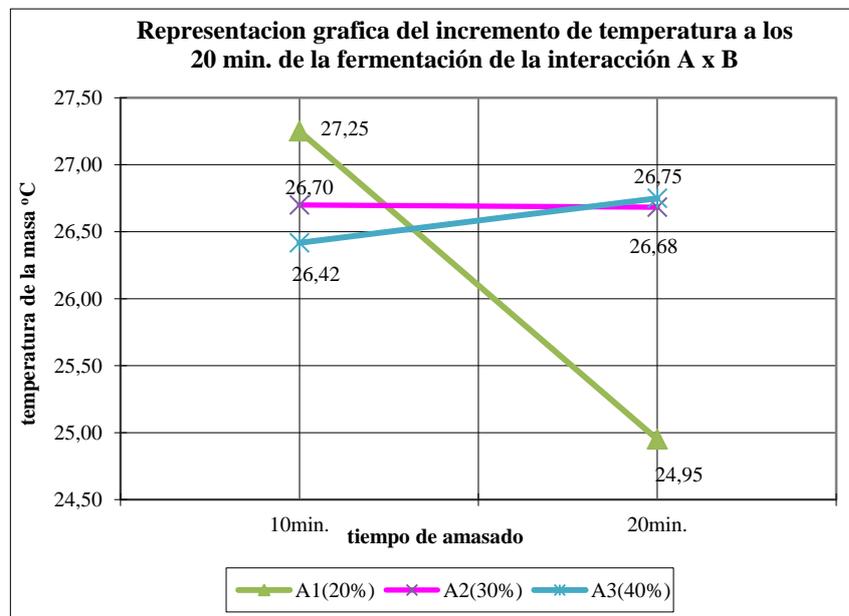
**CUADRO 41.** Prueba de D.M.S. para Factor B (tiempo de amasado) en el incremento de Temperatura (°C) a los 20 minutos de la fermentación.

Factor B	Tiempo de amasado	Media	Rangos D.M.S. al 5%
B1	10 minutos	26,79	a
B2	20 minutos	26,13	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

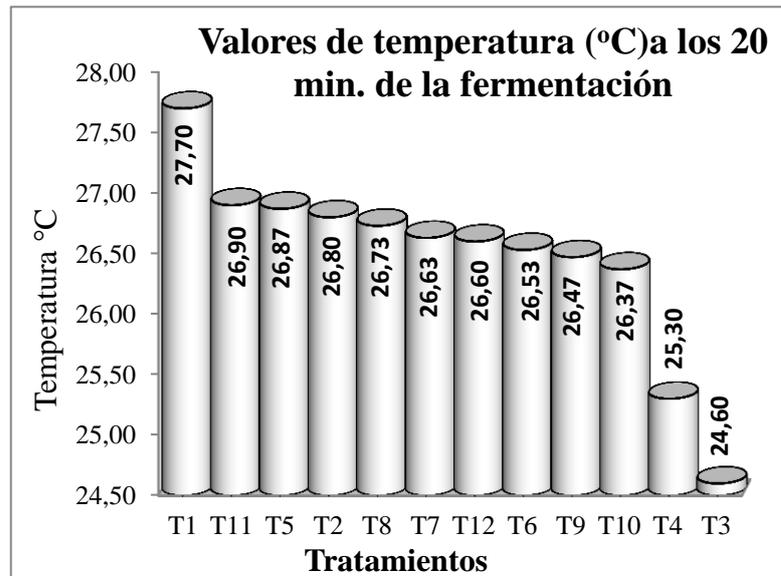
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de temperatura a los 20 minutos de la fermentación, para el factor B (tiempo de amasado) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 10 minutos es el tiempo adecuado con el cual el pan presenta mayor temperatura.

**GRÁFICO 22.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de Temperatura a los 20 minutos de la fermentación.



En la representación grafica se observa que para el nivel A1 (20%) la temperatura de la masa es inversamente proporcional con respecto al tiempo de amasado, lo contrario ocurre con el nivel A3 (40%).

**GRÁFICO 23.** Media de los tratamientos para la variable Temperatura (°C) a los 20 minutos del proceso de fermentación.



Al graficar las medias de los tratamientos se puede observar una diferencia de temperaturas, teniendo como mejor tratamiento T1 (20% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación) con un valor de 27,7 °C, con respecto al tratamiento T3 (20% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación) cuya temperatura es 24,60 °C.

**CUADRO 42.** Datos obtenidos del incremento de Temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{X}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	25,80	25,20	25,50	76,50	25,50
T2	<b>A1B1C2</b>	25,20	25,00	25,10	75,30	25,10
T3	<b>A1B2C1</b>	26,90	26,20	26,50	79,60	26,53
T4	<b>A1B2C2</b>	24,90	24,10	24,50	73,50	24,50
T5	<b>A2B1C1</b>	26,40	27,00	26,60	80,00	26,67
T6	<b>A2B1C2</b>	26,20	26,30	26,30	78,80	26,27
T7	<b>A2B2C1</b>	25,30	24,90	26,70	76,90	25,63
T8	<b>A2B2C2</b>	25,40	27,00	26,20	78,60	26,20
T9	<b>A3B1C1</b>	26,30	26,20	26,50	79,00	26,33
T10	<b>A3B1C2</b>	25,90	27,00	26,00	78,90	26,30
T11	<b>A3B2C1</b>	26,60	26,00	26,20	78,80	26,27
T12	<b>A3B2C2</b>	26,70	26,50	26,00	79,20	26,40
$\Sigma$ Bloques		311,6	311,4	312,1	935,10	25,98

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 43.** Análisis de la varianza para el incremento de temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	19,388					
Tratamientos	11	14,128	1,2843	5,860	**	2,22	3,09
F A	2	5,887	2,9433	13,430	**	3,4	5,61
F B	1	0,100	0,1003	0,458	NS	4,26	7,82
F C	1	1,174	1,1736	5,355	*	4,26	7,82
I A x B	2	0,949	0,4744	2,165	NS	2,22	3,09
I A x C	2	3,296	1,6478	7,518	**	2,22	3,09
I B x C	1	0,062	0,0625	0,285	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	14,433	7,2167	32,928	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	5,260	0,2192				

CV = 1,85%

En el análisis de la varianza para el incremento de temperatura a los 30 minutos de fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, % masa de papa, interacciones; % masa de papa por tiempo de fermentación, % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, también se tiene diferencia significativa para el factor tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores e interacciones.

**CUADRO 44.** Prueba de Tukey para tratamientos en la variable incremento de temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T5	A2B1C1	26,67	a
T3	A1B2C1	26,53	a
T12	A3B2C2	26,40	a
T9	A3B1C1	26,33	a
T10	A3B1C2	26,30	a
T6	A2B1C2	26,27	a
T11	A3B2C1	26,27	a
T8	A2B2C2	26,20	a
T7	A2B2C1	25,63	a
T1	A1B1C1	25,50	a
T2	A1B1C2	25,10	b
T4	A1B2C2	24,50	c

Realizada la prueba de Tukey para la variable de temperatura a los 30 minutos de la fermentación se obtuvo 3 rangos (a, b, c), lo que significa que, el tratamiento T5 (30% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación) presentó la mayor temperatura.

Seguida por el tratamientos T3 (20% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación), T9 (40% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación), T6 (30% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación), T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T8 (30% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación), T7 (30% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación) y T1 (20% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación) con una Temperatura promedio 26,16°C

**CUADRO 45.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en el incremento de Temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.

<b>Factor A</b>	<b>% Masa de papa</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
A3	40	26,33	a
A2	30	26,19	a
A1	20	25,41	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de temperatura a los 30 minutos de la fermentación, para el factor A (% masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 40% masa de papa es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor temperatura.

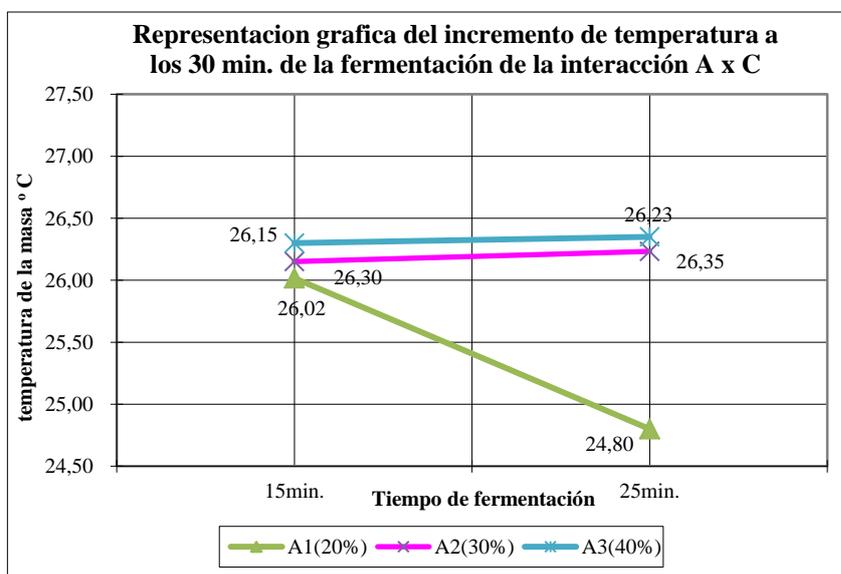
**CUADRO 46.** Prueba de D.M.S. para Factor C (tiempo de fermentación) en el incremento de Temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.

<b>Factor C</b>	<b>Tiempo de fermentación</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
C1	15 minutos	26,16	a
C2	25 minutos	25,79	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

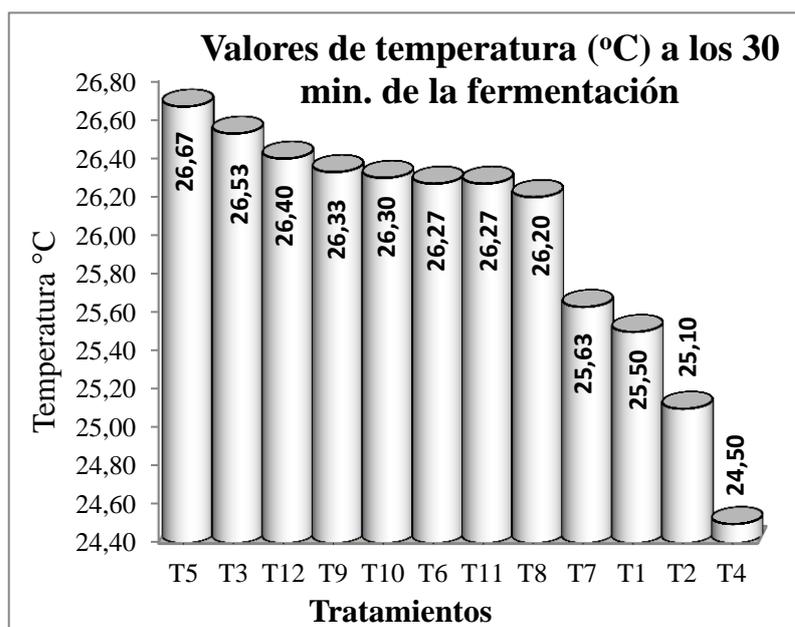
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de temperatura a los 30 minutos de la fermentación, para el factor C (tiempo de fermentación) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 15 minutos es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor temperatura.

**GRÁFICO 24.** Media de la interacción de los factores A x C, del incremento de Temperatura a los 30 minutos de la fermentación.



En la grafica se observa que en el nivel A1(20%) la temperatura de la masa es inversamente proporcional en relacion al tiempo de amasado, ademas se aprecia que a medida que incrementa el tiempo de fermentacion existe un pequeño incremento en los niveles A2 y A3.

**GRÁFICO 25.** Media de los tratamientos para el incremento de Temperatura (°C) a los 30 minutos de la fermentación.



Al graficar las medias de los tratamientos se puede observar una diferencia de temperaturas, teniendo como mejor tratamiento T5 (30% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación) con un valor de 26,67 °C, con respecto al tratamiento T4 (20% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación) cuya temperatura es 24,50 °C.

**CUADRO 47.** Datos obtenidos del incremento de Temperatura (°C) a los 40 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			Σ Trat.	$\bar{x}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	24,00	23,60	23,80	71,40	23,80
T2	<b>A1B1C2</b>	24,40	24,70	24,50	73,60	24,53
T3	<b>A1B2C1</b>	23,50	23,80	23,60	70,90	23,63
T4	<b>A1B2C2</b>	24,00	23,40	23,70	71,10	23,70
T5	<b>A2B1C1</b>	27,20	27,00	26,40	80,60	26,87
T6	<b>A2B1C2</b>	26,30	26,30	26,30	78,90	26,30
T7	<b>A2B2C1</b>	26,40	26,50	26,20	79,10	26,37
T8	<b>A2B2C2</b>	27,00	26,80	27,00	80,80	26,93
T9	<b>A3B1C1</b>	24,80	24,40	25,50	74,70	24,90
T10	<b>A3B1C2</b>	23,50	26,30	26,50	76,30	25,43
T11	<b>A3B2C1</b>	25,90	26,10	26,00	78,00	26,00
T12	<b>A3B2C2</b>	26,00	27,00	25,60	78,60	26,20
Σ Bloques		303,00	305,90	305,10	914,00	25,39

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 48.** Análisis de la varianza para la variable incremento de temperatura (°C) a los 40 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	58,536					
Tratamientos	11	50,456	4,5869	13,624	**	2,22	3,09
F A	2	44,816	22,4078	66,558	**	3,4	5,61
F B	1	0,250	0,2500	0,743	NS	4,26	7,82
F C	1	0,588	0,5878	1,746	NS	4,26	7,82
I A x B	2	3,127	1,5633	4,644	**	2,22	3,09
I A x C	2	0,296	0,1478	0,439	NS	2,22	3,09
I B x C	1	0,004	0,0044	0,013	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	1,376	0,6878	2,043	NS	2,22	3,09
Error. Exp.	24	8,080	0,3367				

CV = 2,44%

En el análisis de la varianza para el incremento de temperatura a los 40 minutos del proceso de fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor % masa de papa, interacción % masa de papa por tiempo de amasado, por ende se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y D.M.S. para factores.

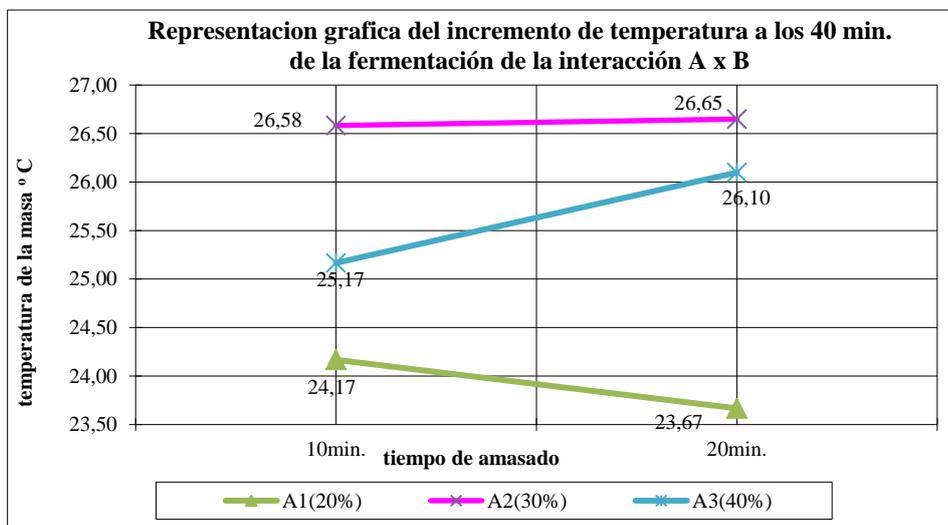
**CUADRO 49.** Prueba de Tukey para tratamientos en el incremento de temperatura (°C) a los 40 minutos de la fermentación.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T8	A2B2C2	26,93	a
T5	A2B1C1	26,87	a
T7	A2B2C1	26,37	a
T6	A2B1C2	26,30	a
T12	A3B2C2	26,20	a
T11	A3B2C1	26,00	a
T10	A3B1C2	25,43	a
T9	A3B1C1	24,90	b
T2	A1B1C2	24,53	c
T1	A1B1C1	23,80	d
T4	A1B2C2	23,70	d
T3	A1B2C1	23,63	d

Realizada la prueba de Tukey para la variable de temperatura a los 40 minutos de la fermentación se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento T8 (30% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación) obtuvo la mayor temperatura.

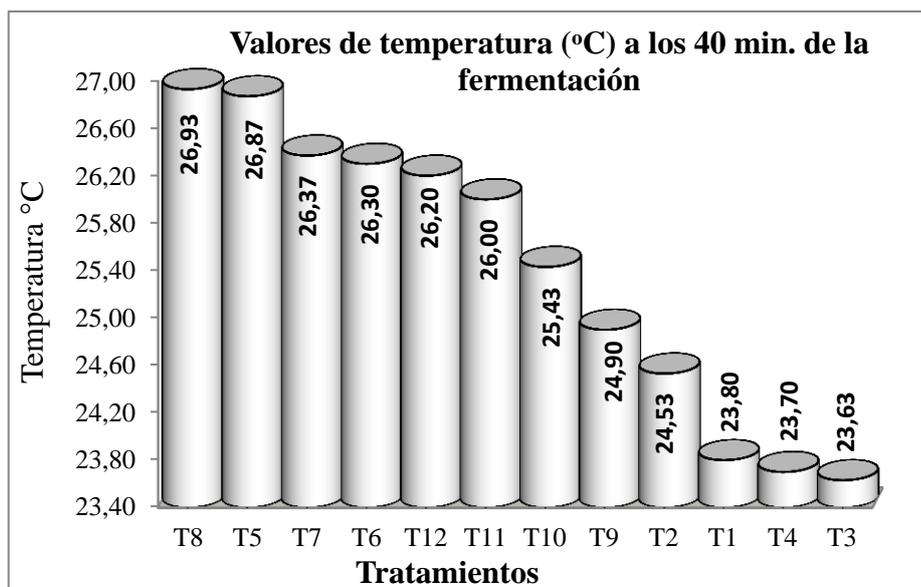
Seguida por el tratamientos T5(30% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación), T7 (30% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T6 (30% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación), T11 (40% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación) y T10 (40% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación) con una Temperatura promedio 26,20°

**GRÁFICO 26.** Media de la interacción de los factores A x B, del incremento de Temperatura a los 40 minutos de la fermentación.



En la grafica 26 se observa que para el nivel A1 (20%) la temperatura de la masa es inversamente proporcional con respecto al tiempo de amasado, también se aprecia que para el nivel A3 (40%) la temperatura de la masa es directamente proporcional con el tiempo de amasado.

**GRÁFICO 27.** Media de los tratamientos para el incremento de Temperatura (°C) a los 40 minutos de la fermentación.



Al graficar las medias de los tratamientos se puede observar una diferencia de temperaturas, teniendo como mejor tratamiento T8 (30% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación) con un valor de 26,93 °C, con respecto al tratamiento T3 (20% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación) cuya temperatura es 23,63 °C.

**CUADRO 50.** Datos obtenidos del incremento de Temperatura (°C) a los 55 minutos de la fermentación.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{x}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	23,10	20,60	21,80	65,50	21,83
T2	<b>A1B1C2</b>	21,80	21,70	21,70	65,20	21,73
T3	<b>A1B2C1</b>	22,60	22,30	22,40	67,30	22,43
T4	<b>A1B2C2</b>	23,50	21,70	22,60	67,80	22,60
T5	<b>A2B1C1</b>	22,40	22,40	22,30	67,10	22,37
T6	<b>A2B1C2</b>	21,90	21,90	22,00	65,80	21,93
T7	<b>A2B2C1</b>	22,20	23,10	22,60	67,90	22,63
T8	<b>A2B2C2</b>	22,90	22,60	22,90	68,40	22,80
T9	<b>A3B1C1</b>	22,50	22,00	22,50	67,00	22,33
T10	<b>A3B1C2</b>	22,00	22,10	22,00	66,10	22,03
T11	<b>A3B2C1</b>	22,10	22,60	22,50	67,20	22,40
T12	<b>A3B2C2</b>	22,60	22,40	22,90	67,90	22,63
$\Sigma$ Bloques		269,60	265,40	268,20	803,20	22,31

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 51.** Análisis de la varianza para el incremento de temperatura (°C) a los 55 minutos de la fermentación.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	9,736					
Tratamientos	11	4,016	0,3651	1,532	NS	2,22	3,09
F A	2	0,509	0,2544	1,068	NS	3,4	5,61
F B	1	2,668	2,6678	11,193	**	4,26	7,82
F C	1	0,018	0,0178	0,075	NS	4,26	7,82
I A x B	2	0,242	0,1211	0,508	NS	2,22	3,09
I A x C	2	0,042	0,0211	0,089	NS	2,22	3,09
I B x C	1	0,490	0,4900	2,056	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	1,064	0,5322	2,233	*	2,22	3,09
Error. Exp.	24	5,720	0,2383				

CV = 2,24%

En el análisis de la varianza para el incremento de temperatura a los 55 minutos del proceso de fermentación se observa que existe diferencia altamente significativa para el factor tiempo de amasado, también se observó diferencia significativa para la interacción % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por ende se procedió a realizar la prueba de D.M.S. para el factor y la interacción.

**CUADRO 52.** Prueba de D.M.S. para Factor B (tiempo de amasado) en la variable Temperatura (°C) a los 55 minutos de la fermentación.

<b>Factor B</b>	<b>Tiempo de amasado</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
B2	20 minutos	22,58	a
B1	10 minutos	22,04	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del incremento de temperatura a los 55 minutos de la fermentación, para el factor B (tiempo de amasado) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 20 minutos es el nivel adecuado con el cual el pan consigue mayor temperatura.

### 4.1.3 Análisis estadístico de la variable peso final del pan (g)

**CUADRO 53.** Datos obtenidos del peso final del pan (g).

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{x}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	37,70	37,80	38,30	113,80	37,93
T2	<b>A1B1C2</b>	37,30	36,90	37,40	111,60	37,20
T3	<b>A1B2C1</b>	37,20	37,60	38,80	113,60	37,87
T4	<b>A1B2C2</b>	37,10	37,70	36,90	111,70	37,23
T5	<b>A2B1C1</b>	36,70	36,10	37,30	110,10	36,70
T6	<b>A2B1C2</b>	34,90	38,40	34,60	107,90	35,97
T7	<b>A2B2C1</b>	37,30	39,80	38,10	115,20	38,40
T8	<b>A2B2C2</b>	38,20	32,40	36,80	107,40	35,80
T9	<b>A3B1C1</b>	34,40	34,40	31,80	100,60	33,53
T10	<b>A3B1C2</b>	32,90	34,80	33,90	101,60	33,87
T11	<b>A3B2C1</b>	34,00	35,10	33,60	102,70	34,23
T12	<b>A3B2C2</b>	32,60	34,20	33,20	100,00	33,33
$\Sigma$ Bloques		430,30	435,20	430,70	1296,20	36,01

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 54.** Análisis de la varianza para el peso final del pan (g).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	154,159					
Tratamientos	11	112,026	10,1841	5,801	**	2,22	3,09
F A	2	96,504	48,2519	27,485	**	3,4	5,61
F B	1	0,694	0,6944	0,396	NS	4,26	7,82
F C	1	6,934	6,9344	3,950	NS	4,26	7,82
I A x B	2	1,091	0,5453	0,311	NS	2,22	3,09
I A x C	2	3,041	1,5203	0,866	NS	2,22	3,09
I B x C	1	2,250	2,2500	1,282	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	194,519	97,2597	55,401	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	42,133	1,7556				

CV = 3,49%

Al realizar el análisis de la varianza para el peso final del pan se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor % masa de papa y la interacción % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación; procediéndose a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores e interacciones.

**CUADRO 55.** Prueba de Tukey para tratamientos en la variable peso final del pan (g).

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T7	A2B2C1	38,40	a
T1	A1B1C1	37,93	a
T3	A1B2C1	37,87	a
T4	A1B2C2	37,23	a
T2	A1B1C2	37,20	a
T5	A2B1C1	36,70	A
T6	A2B1C2	35,97	A
T8	A2B2C2	35,80	A
T11	A3B2C1	34,23	B
T10	A3B1C2	33,87	C
T9	A3B1C1	33,53	D
T12	A3B2C2	33,33	D

Realizada la prueba de Tukey para la variable peso final del pan (g) se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento T7 (30% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación) presentó mayor peso.

Seguida por el tratamientos T1 (20% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación), T3 (20% masa de papa; 10min. amasado; 25min. fermentación), T4 (20% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación), T2 (20% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación), T5 (30% masa de papa; 10min. amasado; 15min. fermentación), T6 (30% masa de papa; 20min. amasado; 15min. fermentación) y T8 (30% masa de papa; 20min. amasado; 25min. fermentación) con un peso promedio 36,96 g.

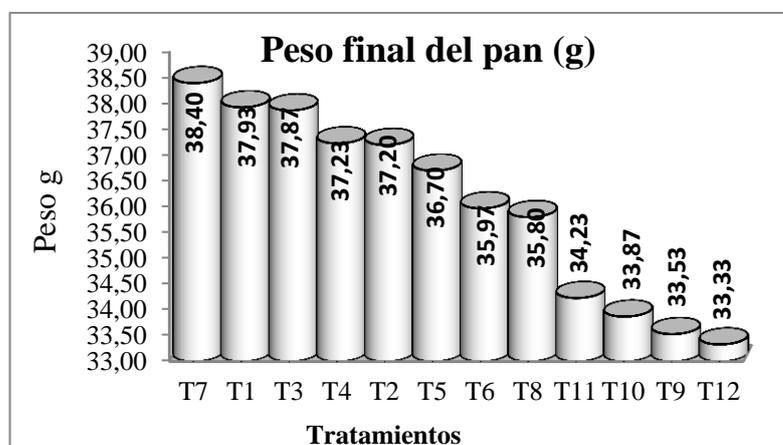
**CUADRO 56.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en la variable peso final del pan (g).

Factor A	% Masa de papa	Media	Rangos D.M.S. al 5%
A1	20	37,56	a
A2	30	36,72	b
A3	40	33,74	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% de la variable peso final del pan, para el factor A (% masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 20% es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor peso

**GRÁFICO 28.** Media de los tratamientos para el peso final del pan (g).



Al graficar las medias de tratamientos se pudo observar una diferencia de pesos, teniendo como mejor tratamiento T7 (30% masa de papa; 10 min. amasado; 25 min. fermentación); el mismo que representa a la mejor media de peso en el pan final, con respecto al tratamiento T12 (40% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación).

#### 4.1.4 Análisis estadístico del Volumen del producto terminado (ml)

**CUADRO 57.** Datos obtenidos del volumen del producto terminado (ml).

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{x}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	161,67	165,00	174,83	501,50	167,17
T2	<b>A1B1C2</b>	229,00	234,83	241,83	705,66	235,22
T3	<b>A1B2C1</b>	154,00	171,83	178,50	504,33	168,11
T4	<b>A1B2C2</b>	216,33	257,33	242,00	715,66	238,55
T5	<b>A2B1C1</b>	195,17	155,17	157,50	507,84	169,28
T6	<b>A2B1C2</b>	194,33	187,83	177,00	559,16	186,39
T7	<b>A2B2C1</b>	176,33	142,50	151,67	470,50	156,83
T8	<b>A2B2C2</b>	233,67	174,00	179,50	587,17	195,72
T9	<b>A3B1C1</b>	205,17	204,67	186,33	596,17	198,72
T10	<b>A3B1C2</b>	203,33	213,50	196,50	613,33	204,44
T11	<b>A3B2C1</b>	179,83	180,00	172,33	532,16	177,39
T12	<b>A3B2C2</b>	200,50	212,83	222,83	636,16	212,05
$\Sigma$ Bloques		2349,33	2299,49	2280,82	6929,64	192,49

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 58.** Análisis de la varianza para el volumen del producto terminado (ml).

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	29470,702					
Tratamientos	11	23501,153	2136,4684	8,589	**	2,22	3,09
F A	2	4389,237	2194,6184	8,823	**	3,4	5,61
F B	1	39,438	39,4384	0,159	NS	4,26	7,82
F C	1	13792,154	13792,1536	55,450	**	4,26	7,82
I A x B	2	122,849	61,4246	0,247	NS	2,22	3,09
I A x C	2	4168,874	2084,4368	8,380	**	2,22	3,09
I B x C	1	705,434	705,4336	2,836	NS	4,26	7,82
I A x B x C	2	9061,641	4530,8206	18,216	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	5969,549	248,7312				

CV = 9,43%

Al realizar el análisis de la varianza para la variable volumen final del pan se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor % masa de papa, tiempo de fermentación, interacciones % masa de papa por tiempo de fermentación y % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores e interacciones.

**CUADRO 59.** Prueba de Tukey para tratamientos en el volumen del producto terminado (ml).

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T4	A1B2C2	238,55	a
T2	A1B1C2	235,22	a
T12	A3B2C2	212,05	a
T10	A3B1C2	204,44	a
T9	A3B1C1	198,72	a
T8	A2B2C2	195,72	a
T6	A2B1C2	186,39	b
T11	A3B2C1	177,39	b
T5	A2B1C1	169,28	b
T3	A1B2C1	168,11	b
T1	A1B1C1	167,17	c
T7	A2B2C1	156,83	d

Realizada la prueba de Tukey para la variable volumen del producto terminado (ml) se obtuvo 4 rangos (a, b, c, d), lo que significa que, el tratamiento T4 (20% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación) presento mayor volumen en el producto final.

Seguida por el tratamientos T2 (20% masa de papa; 20 min. amasado; 15 min. fermentación), T12 (40% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación), T10 (40% masa de papa; 20 min. amasado; 15 min. fermentación), T9 (40% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación) y T8 (30% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación) con un volumen promedio 209,23 cm<sup>3</sup>.

**CUADRO 60.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en el volumen del producto terminado (ml).

<b>Factor A</b>	<b>% Masa de papa</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
A1	20	202,26	a
A3	40	198,15	a
A2	30	177,06	a

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del volumen del producto terminado, para el factor A (% masa de papa) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 20% es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor volumen en el producto terminado.

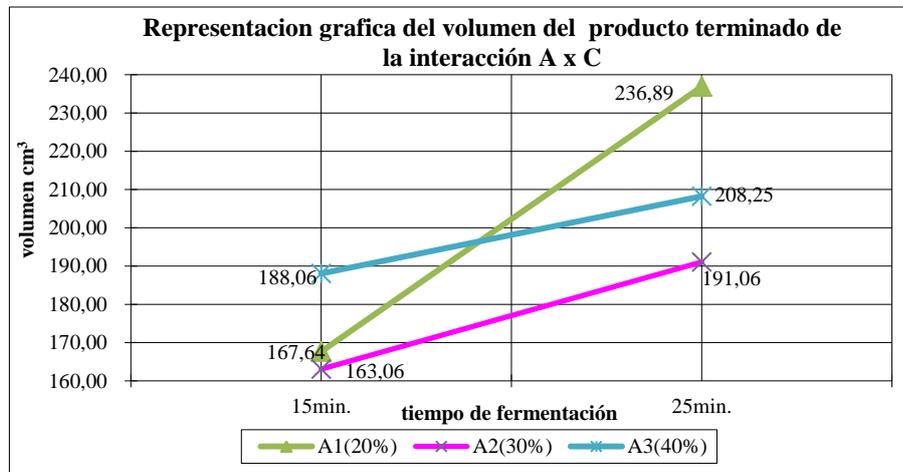
**CUADRO 61.** Prueba de D.M.S. para Factor C (tiempo de fermentación) en el volumen del producto terminado (ml).

<b>Factor C</b>	<b>Tiempo de fermentación</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
C2	25 minutos	212,06	a
C1	15 minutos	172,92	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

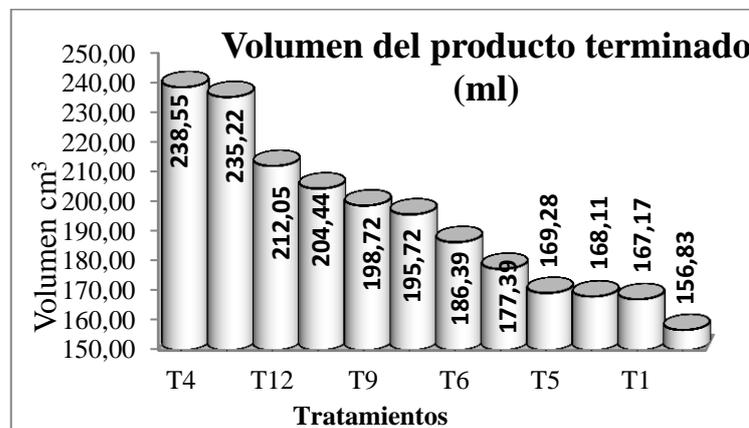
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del volumen del producto terminado, para el factor C (tiempo de fermentación) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 25 minutos es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor volumen en el producto terminado.

**GRÁFICO 29.** Media de la interacción de los factores A x C, del volumen del producto terminado.



El gráfico 29 se observa que tanto para el nivel A1 (20%), A2 (30%) y A3 (40%), el volumen del producto terminado tiene una relación directamente proporcional con respecto al tiempo de fermentación.

**GRÁFICO 30.** Media de los tratamientos para el volumen del producto terminado (ml).



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de volúmenes, teniendo como mejor tratamiento T4 (20% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación); el mismo que representa a la mejor media de volumen en el pan final, con respecto al tratamiento T7 (30% masa de papa; 10 min. amasado; 25 min. fermentación).

#### 4.1.5 Análisis estadístico del Porcentaje de Humedad del pan

**CUADRO 62.** Datos obtenidos del Porcentaje de Humedad del pan.

Tratamientos	Código	Repeticiones			$\Sigma$ Trat.	$\bar{x}$
		I	II	III		
T1	<b>A1B1C1</b>	21,77	21,75	21,79	65,31	21,77
T2	<b>A1B1C2</b>	20,05	20,15	20,15	60,35	20,12
T3	<b>A1B2C1</b>	21,35	21,33	21,36	64,04	21,35
T4	<b>A1B2C2</b>	19,49	19,49	19,47	58,45	19,48
T5	<b>A2B1C1</b>	22,09	22,17	22,16	66,42	22,14
T6	<b>A2B1C2</b>	20,84	20,82	20,82	62,48	20,83
T7	<b>A2B2C1</b>	22,70	22,68	22,71	68,09	22,70
T8	<b>A2B2C2</b>	20,41	20,41	20,30	61,12	20,37
T9	<b>A3B1C1</b>	23,51	23,53	23,51	70,55	23,52
T10	<b>A3B1C2</b>	22,09	22,07	22,07	66,23	22,08
T11	<b>A3B2C1</b>	21,42	21,42	21,40	64,24	21,41
T12	<b>A3B2C2</b>	18,52	18,52	18,52	55,56	18,52
$\Sigma$ Bloques		254,24	254,34	254,26	762,84	21,19

Fuente: Autores, 2010

**CUADRO 63.** Análisis de la varianza para el Porcentaje de Humedad del pan.

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	FC	Nivel Sig.	F.Tab. 5%	F.Tab. 1%
Total	35	65,3482					
Tratamientos	11	65,3266	5,9388	6598,65	**	2,22	3,09
F A	2	4,7946	2,3973	2663,69	**	3,4	5,61
F B	1	10,9340	10,9340	12148,94	**	4,26	7,82
F C	1	32,9859	32,9859	36650,98	**	4,26	7,82
I A x B	2	13,9381	6,9690	7743,37	**	2,22	3,09
I A x C	2	0,2917	0,1458	162,04	**	2,22	3,09
I B x C	1	1,7867	1,7867	1985,20	**	4,26	7,82
I A x B x C	2	10,1849	5,0925	5658,28	**	2,22	3,09
Error. Exp.	24	0,0216	0,0009				

CV = 9,43%

Al realizar el análisis de la varianza para el Porcentaje de Humedad del pan se observa que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, factor % masa de papa, tiempo de amasado, tiempo de fermentación, interacciones; % masa de papa por tiempo de amasado, % masa de papa por tiempo de fermentación, tiempo de amasado por tiempo de fermentación y % masa de papa por tiempo de amasado por tiempo de fermentación, por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey para tratamientos y diferencia mínima significativa para factores e interacciones.

**CUADRO 64.** Prueba de Tukey para tratamientos en la variable Porcentaje de Humedad del pan.

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos de Tukey al 5%</b>
T9	A3B1C1	23,52	a
T7	A2B2C1	22,70	b
T5	A2B1C1	22,14	c
T10	A3B1C2	22,08	c
T1	A1B1C1	21,77	d
T11	A3B2C1	21,41	e
T3	A1B2C1	21,35	e
T6	A2B1C2	20,83	f
T8	A2B2C2	20,37	f
T2	A1B1C2	20,12	f
T4	A1B2C2	19,48	f
T12	A3B2C2	18,52	f

Al realizar la prueba de Tukey para la variable Porcentaje de Humedad del pan, permite diferenciar 6 rangos claramente definidos (a, b, c, d, e, f); dando como mejor tratamiento T9 (40% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación) con un porcentaje de humedad de 23,52%.

**CUADRO 65.** Prueba de D.M.S. para Factor A (% masa de papa) en la variable porcentaje de humedad del pan.

<b>Factor A</b>	<b>% Masa de papa</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
A2	30	21,51	a
A3	40	21,38	b
A1	20	20,68	c

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% del Porcentaje de Humedad, para el factor A (porcentaje de masa de papa) se aprecia claramente que existe una diferencia significativa entre los tres niveles, dando como mejor nivel A2, lo que significa que el pan que contiene 30% de masa de papa presenta el más alto porcentaje de humedad.

**CUADRO 66.** Prueba de D.M.S. para Factor B (tiempo de amasado) en la variable Porcentaje de Humedad.

<b>Factor B</b>	<b>Tiempo de amasado</b>	<b>Media</b>	<b>Rangos D.M.S. al 5%</b>
B1	10 minutos	21,74	a
B2	20 minutos	20,64	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% de la variable porcentaje de humedad, para el factor B (tiempo de amasado) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 10 minutos es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor porcentaje de humedad.

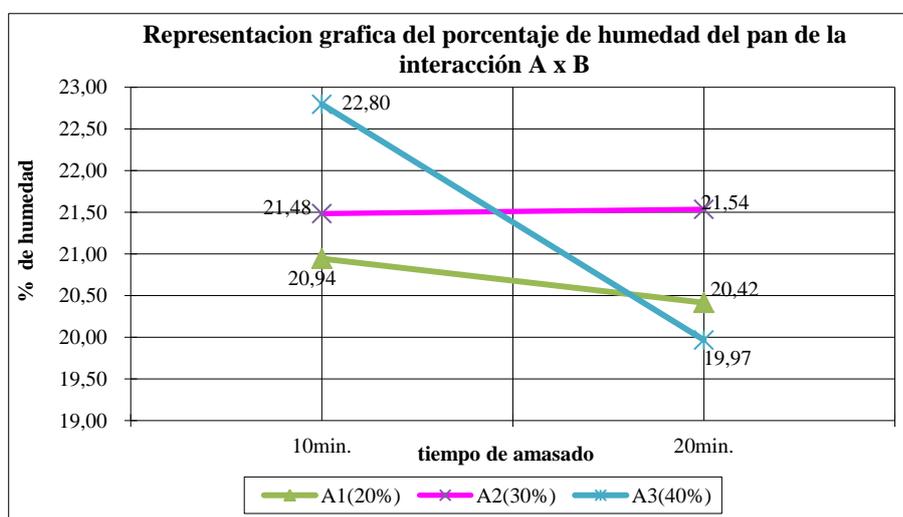
**CUADRO 67.** Prueba de D.M.S. para Factor C (tiempo de fermentación) en la variable Porcentaje de Humedad.

Factor C	Tiempo de fermentación	Media	Rangos D.M.S. al 5%
C1	15 minutos	33,22	a
C2	25 minutos	30,35	b

D.M.S. = Diferencia Mínima Significativa

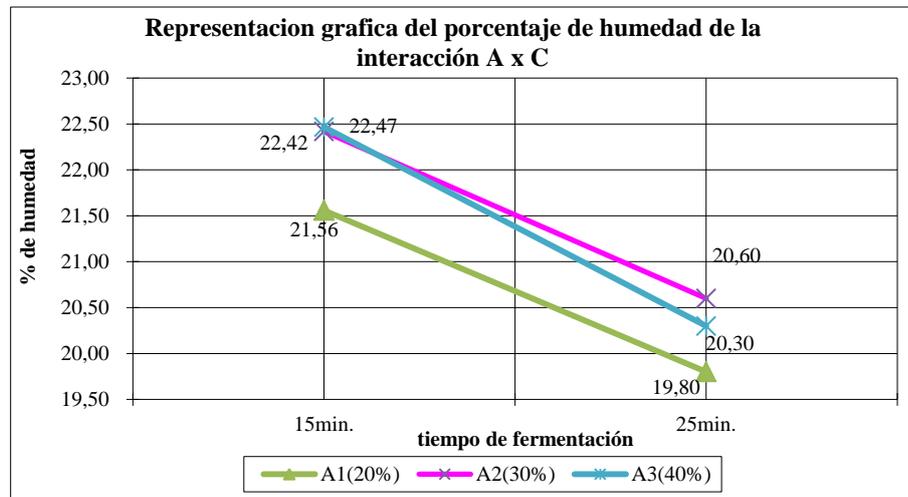
Al realizar la prueba de diferencia mínima significativa al 5% de la variable porcentaje de humedad, para el factor C (tiempo de fermentación) indica que, al ser comparadas las medias de los niveles, 15 minutos es el nivel adecuado con el cual el pan presenta mayor porcentaje de humedad.

**GRÁFICO 31.** Media de la interacción de los factores A x B, del Porcentaje de Humedad.



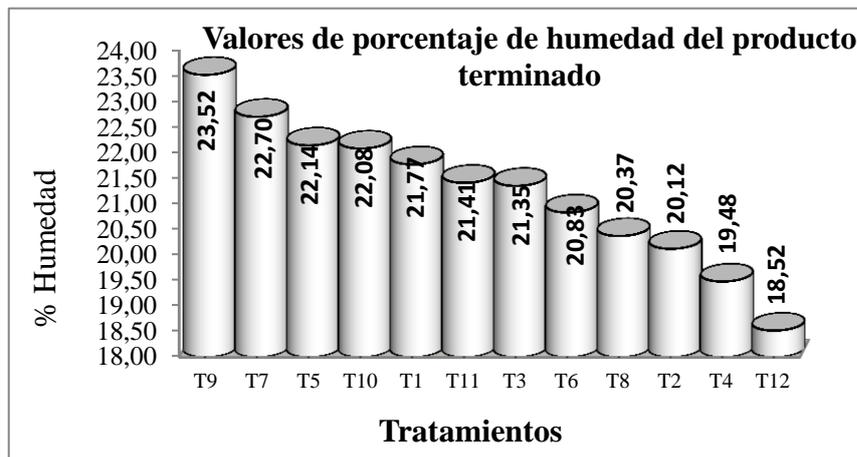
En el gráfico 31 se observa que para el nivel A1 (20%) y A3 (40%) el porcentaje de humedad del pan es inversamente proporcional al tiempo de amasado, en el nivel A2 (30%) el porcentaje de humedad presenta un pequeño incremento a medida que aumenta el tiempo de amasado.

**GRÁFICO 32.** Media de la interacción de los factores A x C, del Porcentaje de Humedad.



En el grafico 32 se observa que para el nivel A1 (20%), A2 (30%) y A3 (40%) el porcentaje de humedad del pan es inversamente proporcional al tiempo de fermentación, es decir a mayor tiempo de fermentación menor porcentaje de humedad.

**GRÁFICO 33.** Media de tratamientos para el Porcentaje de Humedad.



Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de % humedad, teniendo como mejor tratamiento T9 (40% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación); el mismo que representa a la mejor media de % humedad en el pan final, con respecto al tratamiento T12 (40% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación).

## 4.2 ANÁLISIS DE VARIABLES CUALITATIVAS

Las variables cualitativas son aquellas que se las aprecia a través de los sentidos, y se les da un valor subjetivo dependiendo del gusto de las personas que hacen la prueba; son conocidas también como análisis organoléptico ó evaluación sensorial.

Las variables analizadas fueron olor, color, sabor, consistencia y aspecto total. Para la evaluación de estas variables se selecciono un panel de catadores de 10 personas; se los realizo a los doce tratamientos a su vez se añadió un testigo comercial, utilizando un test de evaluación sensorial adjuntada en el Anexo 1.

Una vez realizada la medición, se ranqueo los datos, y se procedió a aplicar la fórmula de Friedman:

$$X^2 = \left[ \frac{12}{r \cdot k \cdot (k + 1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 \right] - 3 \cdot r \cdot (k + 1)$$

Donde:

$X^2$  = Chi Cuadrado.

$r$  = número de catadores.

$k$  = número de tratamientos.

$R$  = Rangos

El valor obtenido se comparo con los valores de la tabla de Chi cuadrado al 5% (ó 0,05) y al 1% (ó 0,01); considerando que el experimento tiene 11 grados de libertad (ya que son 12 tratamientos).

#### 4.2.1 Evaluación sensorial del color

**CUADRO 68.** Datos originales de la variación de Color del pan

Tratamientos	Código	Catadores									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<b>T1</b>	A1B1C1	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2
<b>T2</b>	A1B1C2	2	3	3	3	3	1	3	3	3	3
<b>T3</b>	A1B2C1	3	3	2	3	2	1	3	3	3	3
<b>T4</b>	A1B2C2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3
<b>T5</b>	A2B1C1	3	3	2	2	3	2	2	2	2	3
<b>T6</b>	A2B1C2	3	3	2	3	2	1	3	3	2	3
<b>T7</b>	A2B2C1	3	3	3	3	2	2	3	3	3	1
<b>T8</b>	A2B2C2	3	3	3	3	3	1	3	3	1	2
<b>T9</b>	A3B1C1	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3
<b>T10</b>	A3B1C2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2
<b>T11</b>	A3B2C1	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3
<b>T12</b>	A3B2C2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3
<b>T13</b>	Testigo	2	1	2	2	3	1	2	1	2	3

Fuente: Autores

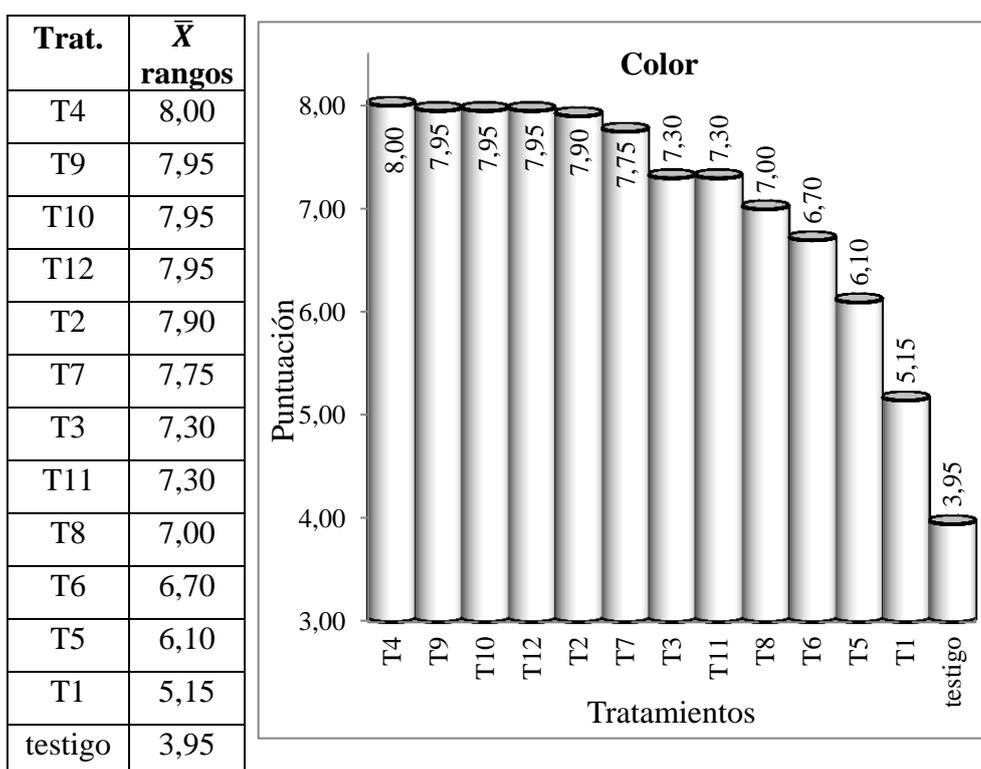
Los datos ranqueados de valoración del color de pan , se puede observar en el anexo cuadro 69 y el valor calculado de chi cuadrado es:

$$X^2_{\text{calculado}} = 12,452^{\text{NS}} \quad X^2_{0,05} = 21,026 \quad X^2_{0,01} = 26,217$$

Al no existir diferencia estadística para la variable color, implica que todos los tratamientos son estadísticamente similares; con leves diferencias entre uno y otro.

**GRÁFICO 34.** Interacción de Friedman para el Color del pan.

Para la interpretación ordenamos primero los datos en forma descendente y procedemos a graficar conforme el gráfico siguiente



Al graficar las medias de los tratamientos de la variable color se pudo observar que el tratamiento T4 (20% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación), tuvo mayor aceptabilidad con una valoración de 8,00 lo que significa que tiene un color dorado ligeramente marrón. Mientras que el testigo fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas.

#### 4.2.2 Evaluación sensorial del olor

**CUADRO N° 70** Datos originales de la variación de Olor del pan

Tratamientos	Código	Catadores									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	A1B1C1	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2
T2	A1B1C2	3	2	2	3	3	3	2	3	2	2
T3	A1B2C1	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2
T4	A1B2C2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3
T5	A2B1C1	3	2	1	2	3	3	2	2	3	2
T6	A2B1C2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	3
T7	A2B2C1	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3
T8	A2B2C2	3	2	1	2	3	2	2	2	3	2
T9	A3B1C1	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
T10	A3B1C2	3	2	3	2	3	1	2	2	2	1
T11	A3B2C1	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2
T12	A3B2C2	3	2	3	2	3	1	3	3	3	1
T13	Testigo	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2

Fuente: Autores

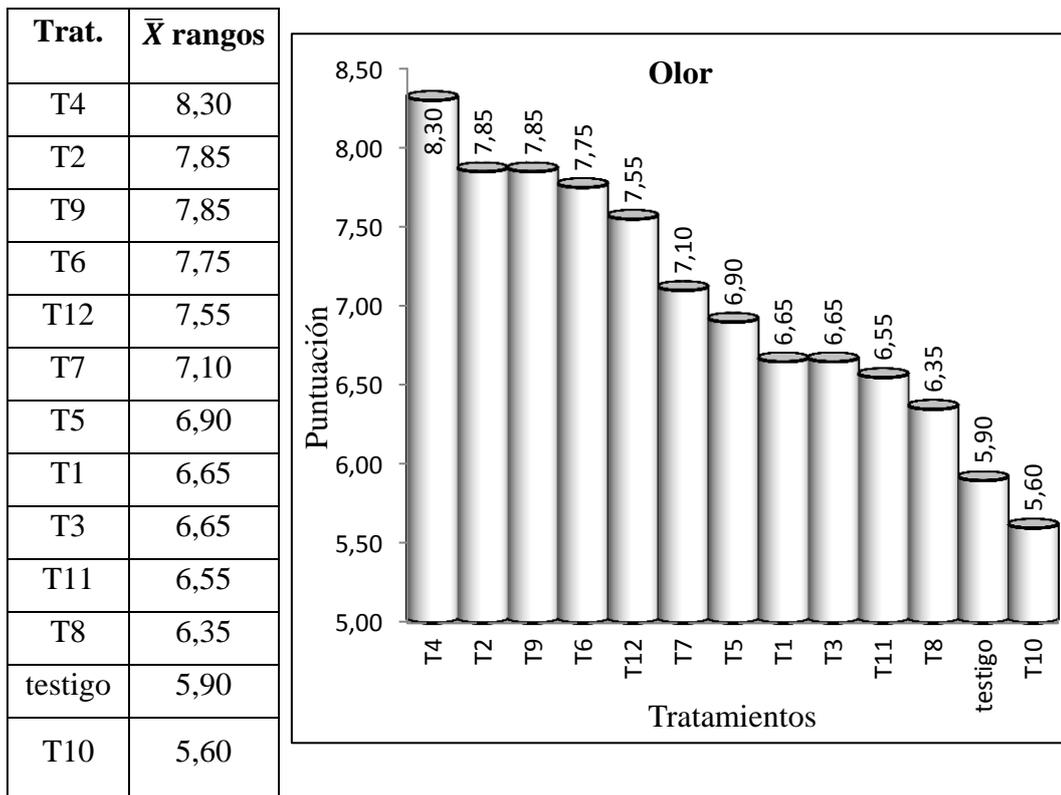
Los datos ranqueados de valoración del olor de pan, se puede observar en el anexo cuadro 71 y el valor calculado de chi cuadrado es:

$$X^2_{\text{calculado}} = 5,314^{\text{NS}} \quad X^2_{0,05} = 21,026 \quad X^2_{0,01} = 26,217$$

Al no existir diferencia estadística para la variable olor, implica que todos los tratamientos son estadísticamente similares; con leves diferencias entre uno y otro.

**GRÁFICO 35.** Interacción de Friedman para el Olor de pan.

Para la interpretación ordenamos primero los datos en forma descendente y procedemos a graficar conforme al siguiente grafico.



Al graficar las medias de los tratamientos de la variable olor se pudo observar que el tratamiento T4 (20% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación), tuvo mayor aceptabilidad con una valoración de 8,30 lo que significa que tiene un olor agradable. Mientras que el testigo fue uno de los menos aceptados por parte de los panelistas.

### 4.2.3 Evaluación sensorial de la consistencia

**CUADRO N° 72** Datos originales de la variación de Consistencia del pan

Tratamientos	Código	Catadores									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	A1B1C1	3	1	3	1	3	1	3	3	3	1
T2	A1B1C2	2	3	3	1	3	3	3	3	2	3
T3	A1B2C1	3	1	1	1	1	3	3	1	3	1
T4	A1B2C2	2	3	3	1	3	3	3	3	2	1
T5	A2B1C1	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2
T6	A2B1C2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2
T7	A2B2C1	3	2	2	3	3	3	2	3	3	3
T8	A2B2C2	2	2	2	3	3	3	2	3	2	2
T9	A3B1C1	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2
T10	A3B1C2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2
T11	A3B2C1	3	3	3	3	3	3	2	2	1	3
T12	A3B2C2	3	3	2	3	3	3	2	2	1	2
T13	Testigo	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3

Fuente: Autores

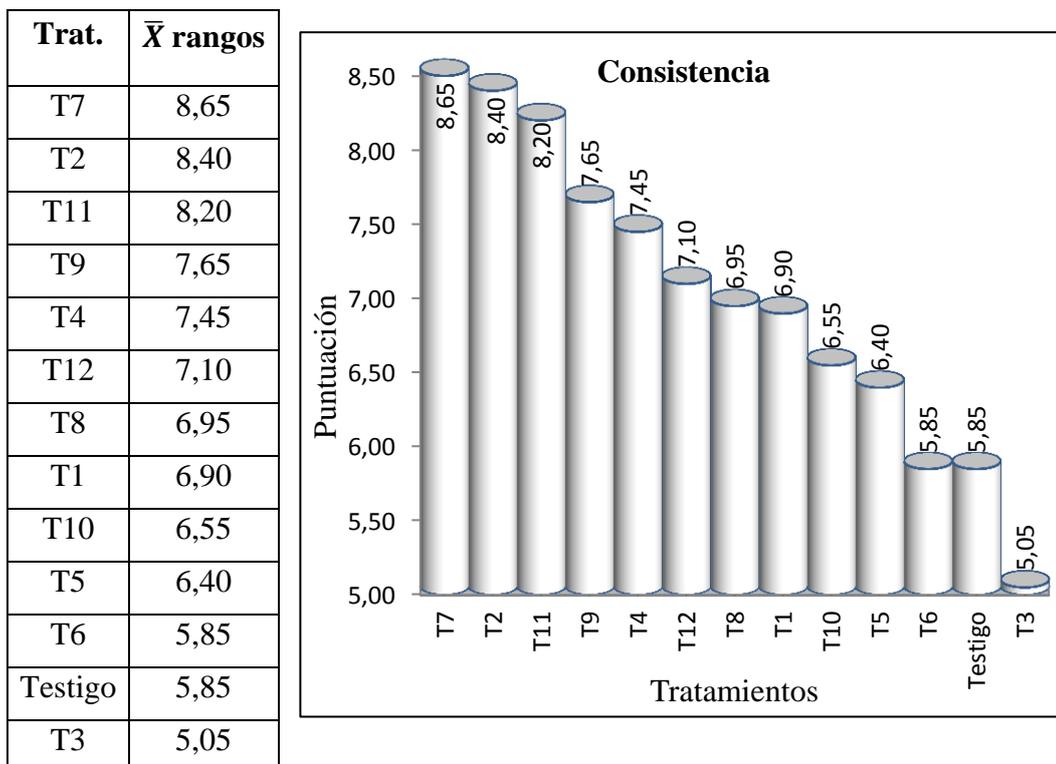
Los datos ranqueados de valoración del consistencia de pan, se puede observar en el anexo cuadro 73 y el valor calculado de chi cuadrado es:

$$X^2_{\text{calculado}} = 9,086^{\text{NS}} \quad X^2_{0,05} = 21,026 \quad X^2_{0,01} = 26,217$$

Al no existir diferencia estadística para la variable consistencia, implica que todos los tratamientos son estadísticamente similares; con leves diferencias entre uno y otro.

**GRÁFICO 36.** Interacción de Friedman para el Consistencia del pan.

Para la interpretación ordenamos primero los datos en forma descendente y procedemos a graficar conforme al siguiente grafico.



Al graficar las medias de los tratamientos de la variable consistencia se pudo observar que el tratamiento T7 (30% masa de papa; 20 min. amasado; 15 min. fermentación), tuvo mayor aceptabilidad con una valoración de 8,65. Mientras que el testigo fue uno de los menos aceptados por parte de los panelistas.

#### 4.2.4 Evaluación sensorial de la miga

CUADRO N° 74 Datos originales de la variación de Miga del pan

Tratamientos	Código	Catadores									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
T1	A1B1C1	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3
T2	A1B1C2	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3
T3	A1B2C1	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2
T4	A1B2C2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3
T5	A2B1C1	2	2	2	3	3	2	3	2	1	1
T6	A2B1C2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	1
T7	A2B2C1	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3
T8	A2B2C2	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3
T9	A3B1C1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1
T10	A3B1C2	3	3	2	1	3	3	3	3	3	2
T11	A3B2C1	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3
T12	A3B2C2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2
T13	Testigo	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3

Fuente: Autores

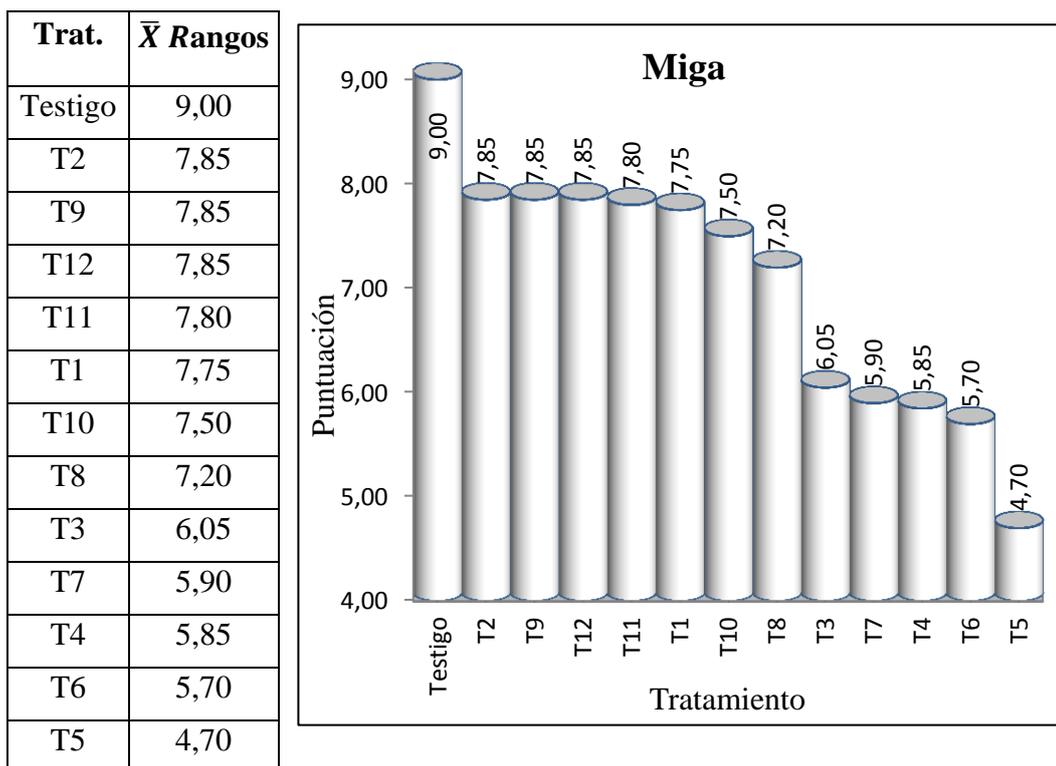
Los datos ranqueados de valoración de la miga de pan, se puede observar en el anexo cuadro 75 y el valor calculado de chi cuadrado es:

$$X^2_{\text{calculado}} = 11,918^{\text{NS}} \quad X^2_{0,05} = 21,026 \quad X^2_{0,01} = 26,217$$

Al no existir diferencia estadística para la variable miga del pan, implica que todos los tratamientos son estadísticamente similares; con leves diferencias entre uno y otro.

**GRÁFICO 37.** Interacción de Friedman para el Miga del pan.

Para la interpretación ordenamos primero los datos en forma descendente y procedemos a graficar conforme al siguiente grafico.



Al graficar las medias de los tratamientos de la variable miga del pan se pudo observar que el testigo tuvo mayor aceptabilidad con una valoración de 9, seguido por los tratamientos T2 (20% masa de papa; 10 min. amasado; 25 min. fermentación), T9 (40% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación) y T12 (40% masa de papa; 20 min. amasado; 25 min. fermentación) con una valoración de 7,85.

#### 4.2.5 Evaluación sensorial del sabor

**CUADRO N° 76** Datos originales de la variación de Sabor del pan

Tratamientos	Código	Catadores									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<b>T1</b>	A1B1C1	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3
<b>T2</b>	A1B1C2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2
<b>T3</b>	A1B2C1	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3
<b>T4</b>	A1B2C2	3	3	1	3	2	3	2	3	3	2
<b>T5</b>	A2B1C1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>T6</b>	A2B1C2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2
<b>T7</b>	A2B2C1	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2
<b>T8</b>	A2B2C2	1	2	3	3	3	3	2	3	3	3
<b>T9</b>	A3B1C1	2	3	2	2	3	1	3	3	3	3
<b>T10</b>	A3B1C2	2	3	2	2	3	1	3	2	3	2
<b>T11</b>	A3B2C1	2	2	1	3	3	2	3	2	3	1
<b>T12</b>	A3B2C2	2	3	1	2	3	1	3	3	3	3
<b>T13</b>	Testigo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3

Fuente: Autores

Los datos ranqueados de valoración de sabor del pan, se puede observar en el anexo cuadro 77 y el valor calculado de chi cuadrado es:

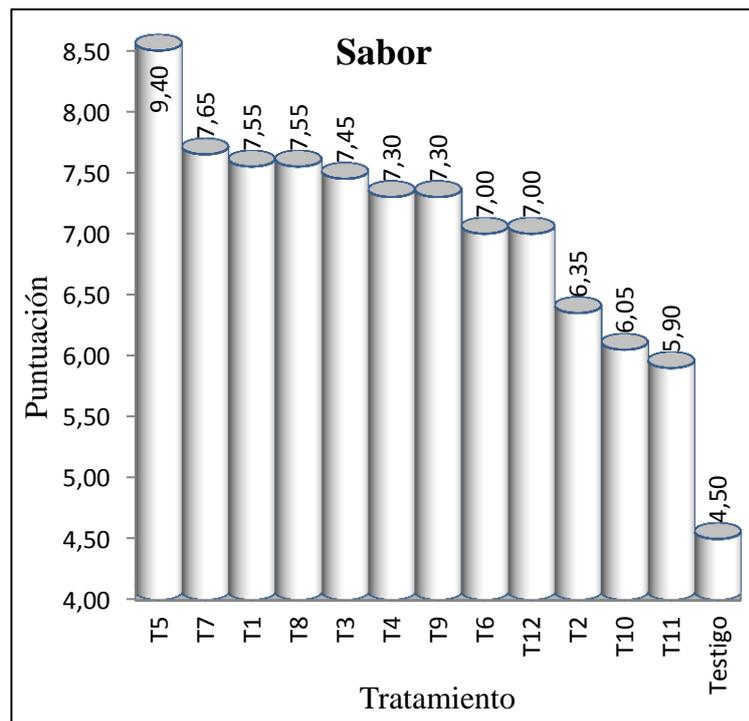
$$X^2_{\text{calculado}} = 10,519^{\text{NS}} \quad X^2_{0,05} = 21,026 \quad X^2_{0,01} = 26,217$$

Al no existir diferencia estadística para la variable sabor, implica que todos los tratamientos son estadísticamente similares; con leves diferencias entre uno y otro, por lo que tiene muy buena aceptación por el consumidor.

**GRÁFICO 38.** Interacción de Friedman para el Sabor del pan.

Para la interpretación ordenamos primero los datos en forma descendente y procedemos a graficar conforme al siguiente grafico.

Trat.	$\bar{X}$ rangos
T5	9,40
T7	7,65
T1	7,55
T8	7,55
T3	7,45
T4	7,30
T9	7,30
T6	7,00
T12	7,00
T2	6,35
T10	6,05
T11	5,90
Testigo	4,50



Al graficar las medias de los tratamientos de la variable sabor se pudo observar que el tratamiento T5 (30% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación), tuvo mayor aceptabilidad con una valoración de 9,40. Mientras que el testigo fue el menos aceptados por parte de los panelistas.

#### 4.2.6 Evaluación sensorial del aceptabilidad

**CUADRO N° 78** Datos originales de la variación de Aceptabilidad del pan

Tratamientos	Código	Catadores									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
<b>T1</b>	A1B1C1	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3
<b>T2</b>	A1B1C2	3	3	3	1	3	3	2	2	2	2
<b>T3</b>	A1B2C1	3	2	3	1	3	3	2	2	3	3
<b>T4</b>	A1B2C2	3	3	1	2	2	3	2	3	3	2
<b>T5</b>	A2B1C1	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3
<b>T6</b>	A2B1C2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	2
<b>T7</b>	A2B2C1	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2
<b>T8</b>	A2B2C2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3
<b>T9</b>	A3B1C1	3	2	2	2	3	1	3	3	3	3
<b>T10</b>	A3B1C2	3	3	2	2	3	1	3	2	3	2
<b>T11</b>	A3B2C1	3	2	1	2	3	2	3	2	3	1
<b>T12</b>	A3B2C2	3	2	1	2	3	1	3	3	3	3
<b>T13</b>	Testigo	1	2	2	2	2	2	2	3	2	3

Fuente: Autores

Los datos ranqueados de valoración de aceptabilidad del pan, se puede observar en el anexo cuadro 79 y el valor calculado de chi cuadrado es:

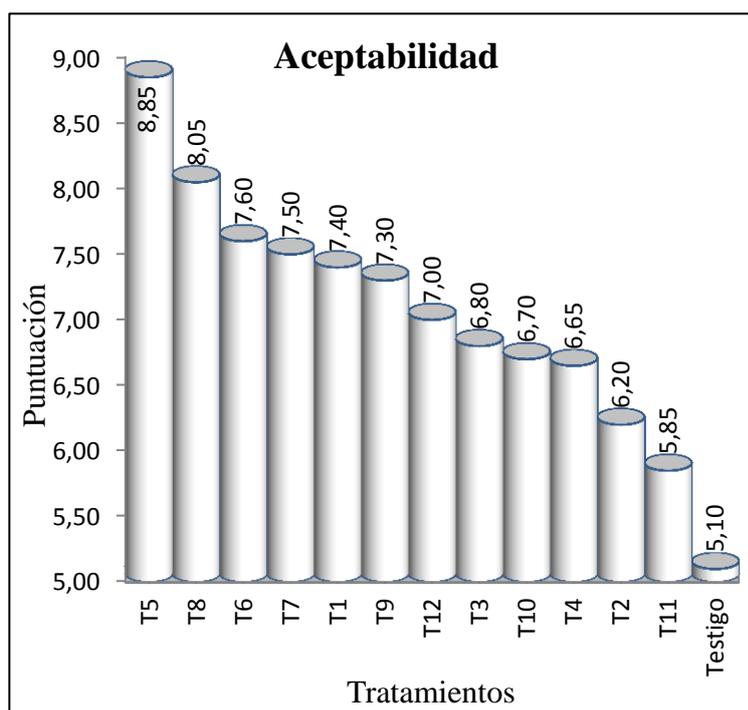
$$X^2_{\text{calculado}} = 7,391^{\text{NS}} \quad X^2_{0,05} = 21,026 \quad X^2_{0,01} = 26,217$$

Al no existir diferencia estadística para la variable miga, implica que todos los tratamientos son estadísticamente similares; con leves diferencias entre uno y otro.

**GRÁFICO 39.** Interacción de Friedman para el Aceptabilidad del pan.

Para la interpretación ordenamos primero los datos en forma descendente y procedemos a graficar conforme al siguiente grafico.

Trat.	$\bar{X}$ rangos
T5	8,85
T8	8,05
T6	7,60
T7	7,50
T1	7,40
T9	7,30
T12	7,00
T3	6,80
T10	6,70
T4	6,65
T2	6,20
T11	5,85
Testigo	5,10



Al graficar las medias de los tratamientos de la variable aceptabilidad se pudo observar que el tratamiento T5 (30% masa de papa; 10 min. amasado; 15 min. fermentación), tuvo mayor aceptabilidad con una valoración de 8,85. Mientras que el testigo fue el menos aceptados por parte de los panelistas.

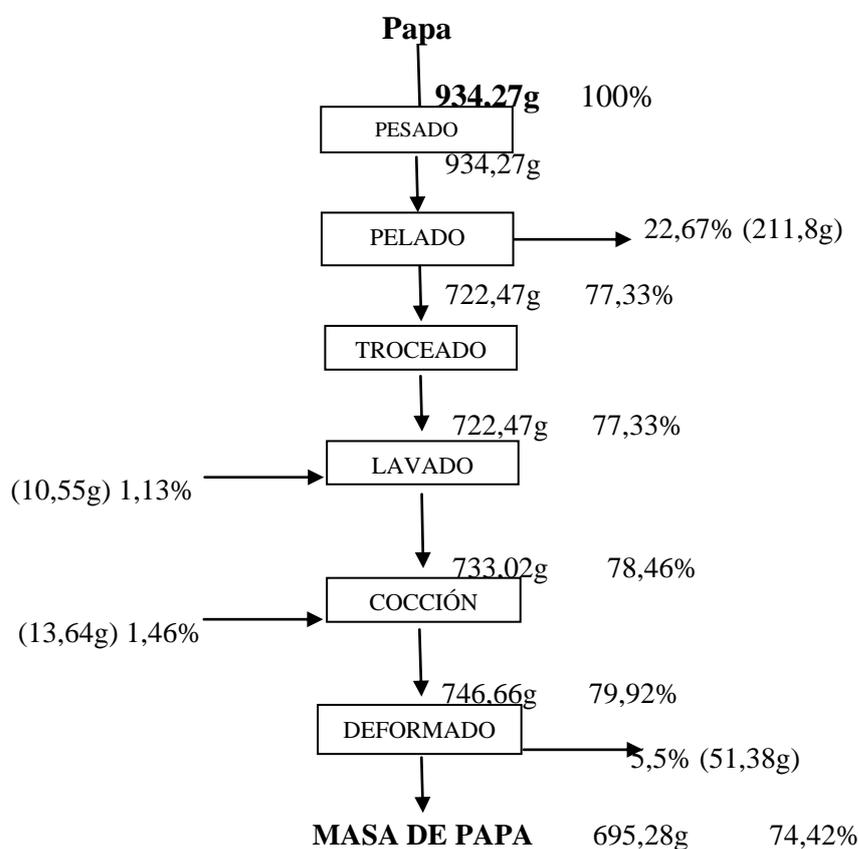
#### 4.2.7 ANALISIS FISICO QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DEL MEJOR TRATAMIENTO (T9).

<b>Parámetros Analizados</b>	<b>Métodos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Humedad	AOAC 926.08	%	24,97
Cenizas	AOAC 923.03	%	2,28
Proteína	AOAC 960.52	%	11,1
Extracto Etéreo	AOAC 960.39	%	22,39
Recuento estándar en placa		UFC/g	25
Recuento mohos		UPM/g	150
Recuento levaduras		UPL/g	200

### 4.3 RENDIMIENTO

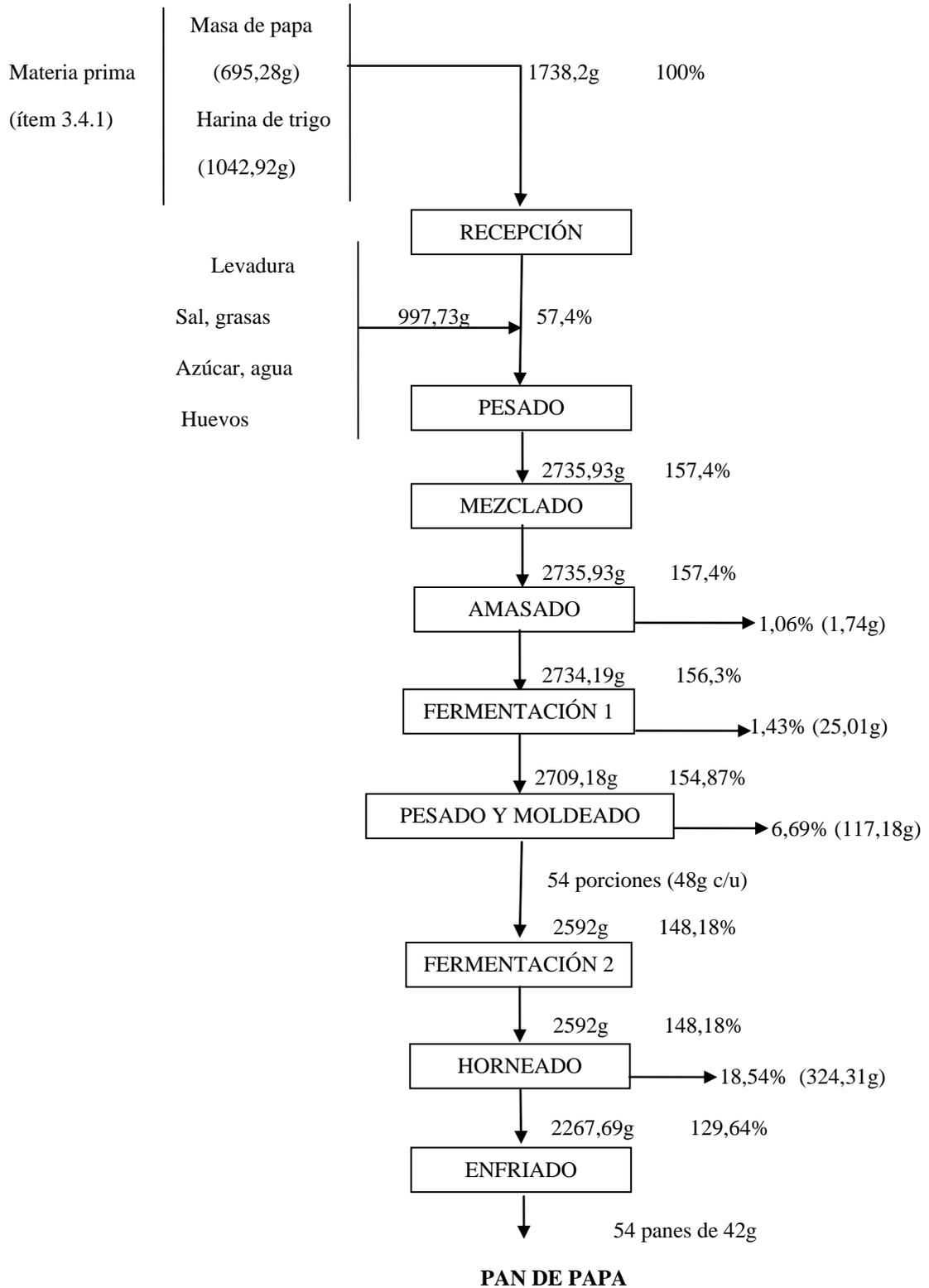
El rendimiento del producto final, se lo puede determinar a través del balance de materiales, en cada uno de las operaciones. A continuación se observa el balance de materiales para la obtención de la masa de papa de igual forma para la elaboración del pan.

**Figura 2. Diagrama de bloques para la determinación del rendimiento en la obtención de la masa de papa.**



Se determinó que las mayores pérdidas se encuentran en la operación de pelado con un 22,67% aproximadamente, en la operación de extrusado de la masa se pierde 5,5%, debido a que las papas son sometidas a trituración, y es por ello que las pérdidas se debe al residuo que se queda en el equipo.

**Figura 3. Diagrama de bloques para la determinación del rendimiento en el pan, incluyendo masa de papa (T9)**



El balance de materiales esta realizado en base al mejor tratamiento (T9; 40% masa de papa, 20 min de amasado, 15 min fermentación), de acuerdo a análisis organolépticos. La misma nos indica que; para obtener 2267,69g de pan de papa que corresponde a 54 panes de 42g c/u aproximadamente, se partió de una mezcla de 695,28g de masa de papa, 1042,92g de harina de trigo; a la mezcla se le agregó 997,73g que corresponde a los insumos, para obtener un total de mezcla de 2735,93g los cuales entran en la operación de amasado.

En la operación de amasado, se observa una pérdida de 1,74g (1,06%), que corresponde a masa que se queda adherida en las paletas de la amasadora. En la fermentación inicial también existe pérdida de 25,01g (1,43%), que corresponde a perdida de humedad de la masa.

Las pérdidas en la operación del boleado alcanzan 117,18g (6,69%) y en el proceso de horneado 324,31g (18,54%), determinándose un rendimiento de 82,88% relacionado a la masa inicial, conforme a la siguiente relación:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Si } 2735,93\text{g masa} & \longrightarrow & 100\% \\
 2267,69 \text{ g pan} & \longrightarrow & 82,88\%
 \end{array}$$

#### 4.4 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para determinar los costos de producción del pan a base de papa y harina de trigo se procedió a calcular el total de costo experimental para el mejor tratamiento (T9), en el siguiente cuadro se aprecia los costos de las materias primas e insumos utilizados en la elaboración de pan.

**Cuadro N° 80 Costos de producción del pan de papa a nivel experimental.**

<b>Materias primas e insumos</b>	<b>Costo experimental</b>	
	<b>gramos</b>	<b>USD</b>
Papa*	695,28	0,21
Harina de trigo	1042,92	0,69
Levadura	43,45	0,15
Sal	43,76	0,01
Azúcar	173,82	0,11
Grasas	347,64	0,59
Huevos	260,73	0,70
Agua	144,85	0,00
<b>Total</b>	<b>2752,45</b>	<b>2,46</b>

\* Precio promedio del quintal de papa de segunda y tercera calidad se considera en 10 usd.

Según el balance de materiales tenemos 54 panes.

$2,46 \text{ USD} \div 54 \text{ panes} = 0,0455 \text{ USD}$  por cada pan

Los gastos administrativos y otros se obtienen aplicando el 35% mas al precio por pan.

$$0,0455 \text{ USD} \times 35\% = 0,0159 \text{ USD}$$

Luego, el costo bruto total es:  $0,0455 \text{ USD} + 0,0159 \text{ USD} = 0,0614 \text{ USD}$  por pan.

Adicionalmente calculamos el porcentaje de utilidad que puede variar dependiendo del punto de vista de estrategia de mercado.

En nuestro caso utilizamos un margen de utilidad del 40%.

$$0,0614 \text{ USD} \times 40\% = 0,0245 \text{ USD} + 0,0614 \text{ USD} = 0,0859 \text{ USD}$$

Precio de venta al público aproximado 0,09 USD.

# CAPÍTULO V

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis e interpretación de resultados en esta investigación, se emiten las siguientes conclusiones:

- ✓ El desarrollo de esta investigación permitió, demostrar que sí es posible elaborar pan incorporando masa de papa de variedad superchola a la harina de trigo comercial.
  
- ✓ Se afirma la hipótesis planteada en esta investigación, por cuanto la mezcla de los diferentes niveles de masa de papa y harina de trigo inciden en la composición y en proceso de elaboración del pan, con lo cual se obtiene un producto de calidad, con un nivel de proteína del 11,1%.
  
- ✓ En cuanto al porcentaje de masa de papa a mezclar, se determinó que con el 40% se obtiene mejores resultados, conforme a los resultados de la evaluación organoléptica, ya que los tratamientos que contiene este porcentaje de masa de papa presentan buenas características, en volumen y aceptabilidad del pan por el consumidor.

✓ En la variable incremento del volumen de la masa, estadísticamente se observó que los tratamientos T11 (40% masa de papa; 10 min amasado; 25 min fermentación), T12(40% masa papa; 20 min amasado; 25min fermentación), T10(40% masa de papa; 20 min amasado; 15 min fermentación) y T9 (40% masa de papa; 10 min amasado; 15 min fermentación) incrementaron su volumen a partir de los 20 minutos de fermentación.

✓ El incremento de la temperatura durante la fermentación de la masa, disminuye paulatinamente a medida que se incrementa el tiempo, desde el momento en el cual la masa sale de la operación de amasado, tomando en cuenta que la temperatura final de la masa al salir de la amasadora es mayor conforme se incrementa la masa de papa, existiendo una relación directamente proporcional.

✓ De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis organoléptico, en el cual se evaluó color, olor, consistencia, miga, sabor y aceptabilidad; se determino que los tratamientos T4(20% masa de papa; 20 min amasado; 25 min fermentación) y T9(40% masa de papa; 10 min amasado; 15 min fermentación) exhibe un color marrón, al igual que un olor agradable, por otra parte el T7(30% masa de papa; 10 min amasado; 25 min fermentación), presenta una consistencia muy suave, con respecto a la miga la mejor la presenta el testigo (pan comercial) seguido de los tratamientos T2(40% masa papa; 20 min amasado; 25min fermentación), T9 (40% masa de papa; 10 min amasado; 15 min fermentación) y T12(40% masa papa; 20 min amasado; 25min fermentación); mientras que el tratamiento T5(30% masa de papa; 10 min amasado; 15 min fermentación) presenta sabor agradable y además tuvo mayor preferencia en lo que respecta al atributo aceptabilidad.

✓ De acuerdo al balance de materiales efectuado en base al mejor tratamiento T9 (40% masa de papa; 10 min amasado; 15 min fermentación), se determinó que este presenta un rendimiento panadero del 135,26%; el cual equivale al 86,07% de rendimiento con respecto al peso de la masa formada al inicio del proceso y al peso del pan elaborado al final del mismo.

✓ Finalmente realizado el análisis de costos se establece que el pan formado con masa de papa y harina de trigo tiene un costo de venta de USD 0,09. Por lo que se podría decir que su precio es similar al pan comercial, con la diferencia que para la elaboración se utiliza materia prima que se produce en la zona y de menor precio.

## 5.2 RECOMENDACIONES

La presente investigación permite establecer las siguientes recomendaciones:

- ✓ Para la determinación del tiempo de amasado hay que considerar la capacidad de la maquina y la cantidad de producto a amasarse.
- ✓ Se debe realizar una nueva investigación con porcentaje de masa de papa superior a los establecidos en este estudio y con otras variedades de papa.
- ✓ Realizar nuevas investigaciones en pan aplicando harina de papa, para así trabajar en seco.
- ✓ Evaluar la duración del pan en percha, es decir las características físico – químicas y organolépticas mientras el pan está expuesto a la venta normalmente.
- ✓ Se amplíe la investigación a nivel industrial y también la gama de productos alimenticios que tengan como base la papa tales como tortas, galletas, snacks entre otros.
  - ✓ Elaborar un proyecto de factibilidad del tema.

# CAPITULO VI

## 6 RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo estudiar la incidencia de incorporación de papa de variedad superchola como sustituto parcial de la harina de trigo en el proceso de elaboración de pan, con el fin de obtener un producto de buena calidad y utilizando la materia prima propia de la región, la cual no es aprovechada en su máximo potencial.

La elaboración del pan, se llevó a cabo en la panadería “ Number One” ubicada en la ciudad de Ibarra, Provincia de Imbabura y los respectivos análisis de laboratorio se efectuaron en el laboratorio de Uso Múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales; en la Universidad Técnica del Norte.

Al pan se lo considera como el producto básico de gran parte de la humanidad que se lo obtiene de la cocción al horno de la masa formada al mezclar harina, agua, levadura, sal, azúcar, grasa, etc. Para la elaboración del pan es importante tener en cuenta que la calidad de harina y la cantidad adecuada de estos elementos influyen en la obtención de un pan de buena calidad. Cada ingrediente es indispensable ya que cumplen funciones específicas que luego repercutirán en el producto final.

Luego de adquirir la materia prima, procedemos a la ejecución de cada uno de los procesos que intervienen en la elaboración del pan, que constituyen los siguientes: pesado, mezclado, amasado, fermentación inicial, pesado, boleado y moldeado, reposo, fermentación final, horneado, enfriado y empacado. Adicionándole un nuevo proceso; obtención de la masa de papa.

Para la fase experimental del presente estudio se utilizó un diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C, con tres repeticiones por tratamiento, con un total de 12 tratamientos y 36 unidades experimentales, la característica de cada unidad experimental fue de 18 panes cada uno con un peso aproximado de 48g.

Las variables a evaluarse fueron: incremento de volumen de la masa, temperatura final de la masa y temperatura de fermentación durante el proceso; azúcares libres, fibra, grasa, humedad, proteína, volumen, peso; se realizó al producto terminado al mejor tratamiento, el cual se determinó mediante pruebas de degustación.

Incremento del volumen de la masa.- la determinación se realizó mediante la utilización de probetas graduadas, en las cuales se colocaron un peso aproximado de 48 g de masa y se midió el incremento en intervalos de 10 min durante el proceso de fermentación, al analizar esta variable se observa que el mayor incremento de volumen de la masa durante el proceso de fermentación lo obtuvieron los tratamientos T11, T12, T10 y T9.

Temperatura de fermentación.- La temperatura de fermentación se midió en intervalos de 10 minutos desde el momento en que la masa salió de la amasadora, hasta el ingreso del pan al horno. La temperatura se midió con la ayuda de un termómetro digital, al analizar esta variable se observa que existe una pequeña disminución de temperatura a medida que se incrementa el tiempo de fermentación.

Peso.- Se realizó al producto terminado, una vez analizada dicha variable se observa que los tratamientos T7, T1, T3, T4 y T2 obtuvieron los valores de peso más altos.

Volumen.- Una vez analizada esta variable se determinó que los tratamientos fueron T4, T2, T12, T10 y T9, en el producto terminado.

Análisis físico – químico.- En lo que se refiere a la calidad nutricional del pan, se determinó que el tratamiento analizado en esta investigación: T9 contiene un porcentaje 11,1% de proteína, constituyéndose un producto de alto valor proteico.

Con respecto a costos, se puede observar que el pan elaborado a base de masa de papa y harina de trigo, permite obtener un producto rentable ya que su precio unitario es competitivo con el de un pan comercial.

# **CAPITULO VII**

## 7 SUMMARY

The aim of this investigation was to study the incidence of the “super chola” potatoe paste which was used to partly substitute wheat flour in the process of bread production in order to obtain a good quality product that also utilizes our regional draw material that is not profited in the maximum potency.

The bread production took place at “Number One” bake Ibarra, Imbabura province. The corresponding lab analysis was performed by The Multiple Application lab that belongs to one of the faculties of Técnica del Norte University, (FICAYA).

Bread is considered as the vital food of the great majority of humad kind. It is obtained by baking a paste composed of flour, water, leaven, salt, sugar, fat and so on. It is basic to look out for the flour quality and the adequate quantity of the ingredients because they fulfill specific functions that significantly affect the final product.

After acquiring the raw material, It was followed each process to prepare bread: the ingredients were weighth, mixed, kneaded and the initial fermentation. After that, the paste was weighed, kneaded, molded, reposed and final fermentation. Finally, it was baked, cooled and packed. It was added a new procedure: the attainment of potatoe paste.

For the experimental phase of this study, it was utilized a completely random desing with an A x B X factorial adjustment. Each treatment was repeated tree times. The total treatments were 12 and the experimental units were 36. And 20 bars of bread was the characteristic of each unit. (39 g.aprox. c/u).

The tested variables were: increase of volume paste, final temperature of the paste, temperature of fermentation during the process, free sugar, fiber, fat, humidity,

protein and weight. It was given the best treatment to the finished product. The treatment was determined by tasted test.

Increase of the volume paste.- It was indicated by graduate flasks in which weight approximately deposited was 48 g. of the paste. The increase of the paste was measured every 10 minutes, during the fermentation process. Analyzing this variable, it was observed the highest increase of volume paste, in fermentation process, was achieved by the 11<sup>th</sup>, 12<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup>, and 9<sup>th</sup> treatments.

Fermentation temperature.- It was measured every 10 minutes from the paste left the kneading till the bread entered the oven. The temperature was measured by a digital thermometer. After analyzing this variable, it was discovered tha there was a little decrease of temperature when the time of fermentation acelerated.

Weight.- The finished product was weighed and analized. The weigth variable showed the 7<sup>th</sup>, 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 2<sup>nd</sup> treatments got the superior values, as to weight.

Volume.- when it was studied this variable, it was identified the treatments for the finished product were the 9<sup>th</sup>, 2<sup>nd</sup>, 12<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup>.

Chemical and physical analisis.- concerning nutritional quality of the bread, it was concluded the 9<sup>th</sup> treatment contained a 11.1 per cent of protein that became, the bread, a product of high protein value.

With regard to the costs, the bread, elaborated basically using potatoe paste and paste and wheat flour, is a profitable product because the price of the break can compete in comparison with the price of the commercial bread.

# CAPITULO VIII

## 8 BIBLIOGRAFIA

### BIBLIOGRAFIA DE TEXTOS

1. ANDRADE, H. 1997 Requerimientos Cualitativos para la industrialización de la papa, INIAP. pp 21-2
2. CASTILLA, F. VASQUEZ, G. 1982 Agricultura Técnica en Mexico, pp 28.
3. CARRASCON, D. productos para el campo y propiedades de alimentos. pp 55–61.
4. DE SOUZA,E. Técnicas de la planificación Bogota. Thomas de Quincey editores Ltda, 1989.274 p.
5. Ministerio de Agricultura Bogotá, 2002, Investigación y transferencia de Tecnología sobre calidad de almidones, Azucares y valoración energética de materiales de papa programa nacional de maquinaria agrícola y pos cosecha pp. 25
6. PYLER, E.J. Baking science & technology. Chicago. The bakers digest, 1973. 585p.
7. SEYMOUR, J. Guía práctica ilustrado para la vida en el campo. Editorial Blume. 1979.
8. TEJEROS, F. Mi pan favorite, pp 29 – 38
9. VILLACRES, E. BAUTISTA, C. 1996, estudios de parámetros físico – químicos y funcionales en clones avanzados de papa y la relación con la aceptabilidad del consumo urbano. INIAP, pp 32

## **BIBLIOGRAFIA DE INTERNET**

1. [Pagina Web en línea]  
<http://www.monografias.com/trabajos6/trigo/trigo.shtml> [Consultada: 10/03/2008]
2. [Pagina web en línea]. Disponible en  
<http://www.telemedik.com/articulos/La%20fibra%20dietaria.htm>. [Consultada : 12/03/2008]
3. [Pagina web en línea]. Disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Harina>. [Consultada: 15/05/2008].
4. [Pagina web en línea]. Disponible: [www.guiamiguelin.com/tecnicas/hacomposicion.html](http://www.guiamiguelin.com/tecnicas/hacomposicion.html). [Consultada: 15/05/2008].
5. [Pagina Web en línea] Disponible en  
<http://www.amigosdelciclismo.com/pesoforma/archivos/papa1.htm>  
[Consultada: 15/05/2008].
6. [Pagina Web en línea] Disponible en <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/pan%20tipos.htm>  
[Consultada: 21/05/2008].
7. [Pagina Web en línea] Disponible en  
[http://www.grupomoliner.com.ar/harina\\_de\\_trigo\\_y\\_de\\_trigo\\_integral.htm](http://www.grupomoliner.com.ar/harina_de_trigo_y_de_trigo_integral.htm)  
Consultada: 04/12/2009].

## **NORMAS INEN**

1. Norma INEN N° 95

# CAPÍTULO IX

## 9 ANEXOS

### ANEXO 1 (página1)

**GUIA INSTRUCTIVA PARA EVALUAR EL “ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE INCORPORACION DE MASAS DE PAPA DE VARIEDAD SUPERCHOLA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO EN EL PROCESO DE ELABORACION DE PAN”.**

**INSTRUCCIONES:** Lea y analice detenidamente cada una de las características organolépticas del pan descritas a continuación, para realizar las degustaciones del mismo.

#### **CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS**

**COLOR:** El color debe ser uniforme de dorado a ligeramente marrón, debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.

**OLOR:** El olor debe ser del pan recién horneado, fresco libre de olores extraños o rancios. Sin olor desagradable.

**CONSISTENCIA:** El migajón es húmedo y elástico, además debe existir una porosidad uniforme, no esponjosa ni desmenuzable.

**MIGA:** La miga debe tener alveolos uniformes, no desmigajarse.

**SABOR:** El sabor debe ser placentero, sin trazas de sabor agrio o levadura; es decir no debe ser amargo, acido o con indicios de rancidez. Sin sabor desagradable.

**ACEPTABILIDAD:** Se valora de acuerdo a la aceptabilidad o preferencia del producto.

**ANEXO 1 (página 2)**

**FICHA DE EVALUACION ORGANOLEPTICA**

**PRODUCTO:**

**NOMBRE:**..... **FICHA N°:**.....

**FECHA:**..... **HORA:**.....

**INSTRUCCIÓN:** Coloque una X en la opción que usted considere, de acuerdo a las características organolépticas que se especifican a continuación:

**1. COLOR**

	<b>MUESTRAS</b>												
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>T</b>
<b>Marrón</b>													
<b>Dorado</b>													
<b>Dorado pálido</b>													

**2. OLOR**

	<b>MUESTRAS</b>												
<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>T</b>
<b>Normal característico</b>													
<b>Agradable</b>													
<b>Desagradable</b>													

### ANEXO 1 (página 3)

Coloque una X en la opción que usted considere, de acuerdo a las características organolépticas que se especifican a continuación:

#### 3. CONSISTENCIA

ALTERNATIVAS	MUESTRAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T
Muy suave													
Suave													
Duro													

#### 4. MIGA

ALTERNATIVAS	MUESTRAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T
Alveolos uniforme													
Poco uniforme													
Nada uniforme													

**ANEXO 1 (página 4)**

Coloque una X en la opción que usted considere, de acuerdo a las características organolépticas que se especifican a continuación:

**5. SABOR**

ALTERNATIVAS	MUESTRAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T
Agradable													
Normal característico													
Desagradable													

**6. ACEPTABILIDAD**

ALTERNATIVAS	MUESTRAS												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	T
Gusta mucho													
Gusta poco													
Desagrada													

**OBSERVACIONES:**

.....  
 .....  
 .....

.....

**Firma**

## ANEXO 2

**Cuadro N° 69.** Datos ranqueados de valoración de Color del pan.

Tratamientos	Código	CATADORES										$\Sigma$ Rangos	$\bar{X}$ Rango	R <sup>2</sup>
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
<b>T1</b>	A1B1C1	2,0	2,0	1,0	2,0	10,0	9,5	9,0	2,5	10,5	3,0	51,5	5,15	2652,25
<b>T2</b>	A1B1C2	2,0	8,0	10,5	8,5	10,0	3,0	9,0	8,5	10,5	9,0	79,0	7,90	6241,00
<b>T3</b>	A1B2C1	8,5	8,0	4,5	8,5	3,5	3,0	9,0	8,5	10,5	9,0	73,0	7,30	5329,00
<b>T4</b>	A1B2C2	8,5	8,0	4,5	8,5	10,0	9,5	9,0	8,5	4,5	9,0	80,0	8,00	6400,00
<b>T5</b>	A2B1C1	8,5	8,0	4,5	2,0	10,0	9,5	2,5	2,5	4,5	9,0	61,0	6,10	3721,00
<b>T6</b>	A2B1C2	8,5	8,0	4,5	8,5	3,5	3,0	9,0	8,5	4,5	9,0	67,0	6,70	4489,00
<b>T7</b>	A2B2C1	8,5	8,0	10,5	8,5	3,5	9,5	9,0	8,5	10,5	1,0	77,5	7,75	6006,25
<b>T8</b>	A2B2C2	8,5	8,0	10,5	8,5	10,0	3,0	9,0	8,5	1,0	3,0	70,0	7,00	4900,00
<b>T9</b>	A3B1C1	8,5	8,0	4,5	8,5	3,5	9,5	9,0	8,5	10,5	9,0	79,5	7,95	6320,25
<b>T10</b>	A3B1C2	8,5	8,0	10,5	8,5	3,5	9,5	9,0	8,5	10,5	3,0	79,5	7,95	6320,25
<b>T11</b>	A3B2C1	8,5	8,0	10,5	8,5	3,5	9,5	2,5	8,5	4,5	9,0	73,0	7,30	5329,00
<b>T12</b>	A3B2C2	8,5	8,0	10,5	8,5	10,0	9,5	2,5	8,5	4,5	9,0	79,5	7,95	6320,25
<b>T13</b>	Testigo	2,0	1,0	4,5	2,0	10,0	3,0	2,5	1,0	4,5	9,0	39,5	3,95	1560,25
<b><math>\Sigma</math> Bloques</b>		91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	910,00	----	65588,50

$$X^2_{\text{calculado}} = 12,452 \text{ NS}$$

$$X^2_{0,05} = 21,026$$

$$X^2_{0,01} = 26,217$$

De la prueba de Friedman notamos que en la variable Color no existe significación estadística lo que nos indica, que únicamente existen pequeñas diferencias entre los tratamiento.

### ANEXO 3

**Cuadro N° 71.** Datos ranqueados de valoración de Olor del pan.

Tratamientos	Código	CATADORES										$\Sigma$ Rangos	$\bar{X}$ Rangos	R <sup>2</sup>
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
<b>T1</b>	A1B1C1	8,0	7,0	4,5	6,0	7,0	6,0	6,0	6,0	9,5	6,5	66,5	6,65	4422,25
<b>T2</b>	A1B1C2	8,0	7,0	4,5	12,5	7,0	11,5	6,0	12,5	3,0	6,5	78,5	7,85	6162,25
<b>T3</b>	A1B2C1	8,0	7,0	4,5	6,0	7,0	6,0	6,0	6,0	9,5	6,5	66,5	6,65	4422,25
<b>T4</b>	A1B2C2	1,5	7,0	10,0	12,5	7,0	11,5	6,0	6,0	9,5	12,0	83,0	8,30	6889,00
<b>T5</b>	A2B1C1	8,0	7,0	1,5	6,0	7,0	11,5	6,0	6,0	9,5	6,5	69,0	6,90	4761,00
<b>T6</b>	A2B1C2	8,0	7,0	10,0	6,0	7,0	6,0	6,0	6,0	9,5	12,0	77,5	7,75	6006,25
<b>T7</b>	A2B2C1	8,0	7,0	10,0	6,0	7,0	6,0	6,0	6,0	3,0	12,0	71,0	7,10	5041,00
<b>T8</b>	A2B2C2	8,0	7,0	1,5	6,0	7,0	6,0	6,0	6,0	9,5	6,5	63,5	6,35	4032,25
<b>T9</b>	A3B1C1	8,0	7,0	10,0	6,0	7,0	6,0	12,5	6,0	9,5	6,5	78,5	7,85	6162,25
<b>T10</b>	A3B1C2	8,0	7,0	10,0	6,0	7,0	1,5	6,0	6,0	3,0	1,5	56,0	5,60	3136,00
<b>T11</b>	A3B2C1	8,0	7,0	10,0	6,0	7,0	6,0	6,0	6,0	3,0	6,5	65,5	6,55	4290,25
<b>T12</b>	A3B2C2	8,0	7,0	10,0	6,0	7,0	1,5	12,5	12,5	9,5	1,5	75,5	7,55	5700,25
<b>T13</b>	Testigo	1,5	7,0	4,5	6,0	7,0	11,5	6,0	6,0	3,0	6,5	59,0	5,90	3481,00
<b><math>\Sigma</math> Bloques</b>		91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	910,00	---	64506,00

$$X^2_{\text{calculado}} = 5,314^{NS}$$

$$X^2_{0,05} = 21,026$$

$$X^2_{0,01} = 26,217$$

De la prueba de Friedman notamos que en la variable Olor no existe significación estadística lo que nos indica, que únicamente existen pequeñas diferencias entre los tratamientos.

## ANEXO 4

**Cuadro N° 73.** Datos ranqueados de valoración de Consistencia del pan.

Tratamientos	Código	CATADORES										$\Sigma$ Rangos	$\bar{X}$ Rangos	R <sup>2</sup>
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
T1	A1B1C1	9,0	1,5	11,5	2,5	8,0	1,0	11,5	10,5	11,5	2,0	69,0	6,90	4761,00
T2	A1B1C2	2,5	10,5	11,5	2,5	8,0	9,5	11,5	10,5	6,0	11,5	84,0	8,40	7056,00
T3	A1B2C1	9,0	1,5	1,0	2,5	1,0	9,5	11,5	1,0	11,5	2,0	50,5	5,05	2550,25
T4	A1B2C2	2,5	10,5	11,5	2,5	8,0	9,5	11,5	10,5	6,0	2,0	74,5	7,45	5550,25
T5	A2B1C1	9,0	5,0	5,5	11,0	8,0	3,5	5,0	4,5	6,0	6,5	64,0	6,40	4096,00
T6	A2B1C2	2,5	10,5	5,5	6,5	8,0	3,5	5,0	4,5	6,0	6,5	58,5	5,85	3422,25
T7	A2B2C1	9,0	5,0	5,5	11,0	8,0	9,5	5,0	10,5	11,5	11,5	86,5	8,65	7482,25
T8	A2B2C2	2,5	5,0	5,5	11,0	8,0	9,5	5,0	10,5	6,0	6,5	69,5	6,95	4830,25
T9	A3B1C1	9,0	10,5	5,5	6,5	8,0	9,5	5,0	4,5	11,5	6,5	76,5	7,65	5852,25
T10	A3B1C2	9,0	5,0	5,5	6,5	8,0	3,5	5,0	10,5	6,0	6,5	65,5	6,55	4290,25
T11	A3B2C1	9,0	10,5	11,5	11,0	8,0	9,5	5,0	4,5	1,5	11,5	82,0	8,20	6724,00
T12	A3B2C2	9,0	10,5	5,5	11,0	8,0	9,5	5,0	4,5	1,5	6,5	71,0	7,10	5041,00
T13	Testigo	9,0	5,0	5,5	6,5	2,0	3,5	5,0	4,5	6,0	11,5	58,5	5,85	3422,25
$\Sigma$ Bloques		91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	910,00	----	65078,00

$$X^2_{\text{calculado}} = 9,086^{NS}$$

$$X^2_{0,05} = 21,026$$

$$X^2_{0,01} = 26,217$$

De la prueba de Friedman notamos que en la variable Consistencia no existe significación estadística lo que nos indica, que únicamente existen pequeñas diferencias entre los tratamientos.

## ANEXO 5

**Cuadro N° 75.** Datos ranqueados de valoración de Miga del pan.

Tratamientos	Código	CATADORES										$\Sigma$ Rangos	$\bar{X}$ Rangos	R <sup>2</sup>
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
<b>T1</b>	A1B1C1	2,5	8,5	10,5	11,5	8,0	9,5	4,5	8,5	4,0	10,0	77,5	7,75	6006,25
<b>T2</b>	A1B1C2	9,0	8,5	4,0	6,0	8,0	9,5	11,0	8,5	4,0	10,0	78,5	7,85	6162,25
<b>T3</b>	A1B2C1	9,0	2,0	10,5	6,0	8,0	9,5	4,5	2,0	4,0	5,0	60,5	6,05	3660,25
<b>T4</b>	A1B2C2	2,5	8,5	4,0	6,0	1,5	3,0	4,5	8,5	10,0	10,0	58,5	5,85	3422,25
<b>T5</b>	A2B1C1	2,5	2,0	4,0	11,5	8,0	3,0	11,0	2,0	1,0	2,0	47,0	4,70	2209,00
<b>T6</b>	A2B1C2	2,5	8,5	4,0	6,0	8,0	3,0	4,5	8,5	10,0	2,0	57,0	5,70	3249,00
<b>T7</b>	A2B2C1	9,0	2,0	4,0	6,0	8,0	9,5	4,5	2,0	4,0	10,0	59,0	5,90	3481,00
<b>T8</b>	A2B2C2	9,0	8,5	4,0	6,0	8,0	9,5	4,5	8,5	4,0	10,0	72,0	7,20	5184,00
<b>T9</b>	A3B1C1	9,0	8,5	10,5	1,5	8,0	9,5	11,0	8,5	10,0	2,0	78,5	7,85	6162,25
<b>T10</b>	A3B1C2	9,0	8,5	4,0	1,5	8,0	9,5	11,0	8,5	10,0	5,0	75,0	7,50	5625,00
<b>T11</b>	A3B2C1	9,0	8,5	10,5	6,0	8,0	3,0	4,5	8,5	10,0	10,0	78,0	7,80	6084,00
<b>T12</b>	A3B2C2	9,0	8,5	10,5	11,5	1,5	3,0	11,0	8,5	10,0	5,0	78,5	7,85	6162,25
<b>T13</b>	Testigo	9,0	8,5	10,5	11,5	8,0	9,5	4,5	8,5	10,0	10,0	90,0	9,00	8100,00
<b><math>\Sigma</math> Bloques</b>		91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	910,00	-----	65507,50

$$X^2_{\text{calculado}} = 11,918^{\text{NS}}$$

$$X^2_{0,05} = 21,026$$

$$X^2_{0,01} = 26,217$$

De la prueba de Friedman notamos que en la variable Miga no existe significación estadística lo que nos indica, que únicamente existen pequeñas diferencias entre los tratamientos.

## ANEXO 6

**Cuadro N° 77.** Datos ranqueados de valoración de Sabor del pan.

Tratamientos	Código	CATADORES										$\Sigma$ Rangos	$\bar{X}$ Rangos	R <sup>2</sup>
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
<b>T1</b>	A1B1C1	12,5	9,0	10,0	9,5	2,0	6,5	9,5	4,0	2,5	10,0	75,5	7,55	5700,25
<b>T2</b>	A1B1C2	6,5	9,0	10,0	9,5	8,5	6,5	3,0	4,0	2,5	4,0	63,5	6,35	4032,25
<b>T3</b>	A1B2C1	6,5	2,5	10,0	9,5	8,5	11,5	3,0	4,0	9,0	10,0	74,5	7,45	5550,25
<b>T4</b>	A1B2C2	12,5	9,0	2,0	9,5	2,0	11,5	3,0	10,5	9,0	4,0	73,0	7,30	5329,00
<b>T5</b>	A2B1C1	6,5	9,0	10,0	9,5	8,5	11,5	9,5	10,5	9,0	10,0	94,0	9,40	8836,00
<b>T6</b>	A2B1C2	6,5	9,0	10,0	3,0	8,5	6,5	9,5	4,0	9,0	4,0	70,0	7,00	4900,00
<b>T7</b>	A2B2C1	6,5	9,0	10,0	9,5	8,5	6,5	9,5	10,5	2,5	4,0	76,5	7,65	5852,25
<b>T8</b>	A2B2C2	1,0	2,5	10,0	9,5	8,5	11,5	3,0	10,5	9,0	10,0	75,5	7,55	5700,25
<b>T9</b>	A3B1C1	6,5	9,0	5,0	3,0	8,5	2,0	9,5	10,5	9,0	10,0	73,0	7,30	5329,00
<b>T10</b>	A3B1C2	6,5	9,0	5,0	3,0	8,5	2,0	9,5	4,0	9,0	4,0	60,5	6,05	3660,25
<b>T11</b>	A3B2C1	6,5	2,5	2,0	9,5	8,5	6,5	9,5	4,0	9,0	1,0	59,0	5,90	3481,00
<b>T12</b>	A3B2C2	6,5	9,0	2,0	3,0	8,5	2,0	9,5	10,5	9,0	10,0	70,0	7,00	4900,00
<b>T13</b>	Testigo	6,5	2,5	5,0	3,0	2,0	6,5	3,0	4,0	2,5	10,0	45,0	4,50	2025,00
$\Sigma$ Bloques		91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	910,00	-----	65295,50

$$X^2_{\text{calculado}} = 10,519 \text{ NS}$$

$$X^2_{0,05} = 21,026$$

$$X^2_{0,01} = 26,217$$

De la prueba de Friedman notamos que en la variable Sabor no existe significación estadística lo que nos indica, que únicamente existen pequeñas diferencias entre los tratamientos.

## ANEXO 7

**Cuadro N° 79.** Datos ranqueados de valoración de Aceptabilidad del pan.

Tratamientos	Código	CATADORES										$\Sigma$ Rangos	$\bar{X}$ Rangos	R <sup>2</sup>
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
<b>T1</b>	A1B1C1	7,5	10,0	10,0	7,5	2,0	11,0	9,0	4,5	2,5	10,0	74,0	7,40	5476,00
<b>T2</b>	A1B1C2	7,5	10,0	10,0	1,5	8,5	11,0	2,5	4,5	2,5	4,0	62,0	6,20	3844,00
<b>T3</b>	A1B2C1	7,5	3,5	10,0	1,5	8,5	11,0	2,5	4,5	9,0	10,0	68,0	6,80	4624,00
<b>T4</b>	A1B2C2	7,5	10,0	2,0	7,5	2,0	11,0	2,5	11,0	9,0	4,0	66,5	6,65	4422,25
<b>T5</b>	A2B1C1	7,5	10,0	10,0	7,5	8,5	6,0	9,0	11,0	9,0	10,0	88,5	8,85	7832,25
<b>T6</b>	A2B1C2	7,5	10,0	10,0	7,5	8,5	6,0	9,0	4,5	9,0	4,0	76,0	7,60	5776,00
<b>T7</b>	A2B2C1	7,5	10,0	10,0	13,0	8,5	6,0	9,0	4,5	2,5	4,0	75,0	7,50	5625,00
<b>T8</b>	A2B2C2	7,5	3,5	10,0	7,5	8,5	11,0	9,0	4,5	9,0	10,0	80,5	8,05	6480,25
<b>T9</b>	A3B1C1	7,5	3,5	5,0	7,5	8,5	2,0	9,0	11,0	9,0	10,0	73,0	7,30	5329,00
<b>T10</b>	A3B1C2	7,5	10,0	5,0	7,5	8,5	2,0	9,0	4,5	9,0	4,0	67,0	6,70	4489,00
<b>T11</b>	A3B2C1	7,5	3,5	2,0	7,5	8,5	6,0	9,0	4,5	9,0	1,0	58,5	5,85	3422,25
<b>T12</b>	A3B2C2	7,5	3,5	2,0	7,5	8,5	2,0	9,0	11,0	9,0	10,0	70,0	7,00	4900,00
<b>T13</b>	Testigo	1,0	3,5	5,0	7,5	2,0	6,0	2,5	11,0	2,5	10,0	51,0	5,10	2601,00
$\Sigma$ Bloques		91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	91,00	910,00	----	64821,00

$$X^2_{\text{calculado}} = 7,391^{NS}$$

$$X^2_{0,05} = 21,026$$

$$X^2_{0,01} = 26,217$$

De la prueba de Friedman notamos que en la variable Aceptabilidad no existe significación estadística lo que nos indica, que únicamente existen pequeñas diferencias entre los tratamientos.

**ANEXO 8**

**NORMA INEN 95**

**NORMA INEN 96**

## ANEXO 9



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE  
Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 25 - 2009

Ibarra, 16 de octubre de 2009

Análisis solicitado por: Sr. José Montoya

Número de muestras y sitio de muestreo: Una, pan

Fecha de recepción de las muestras: 09 de octubre de 2009

Parámetros Analizados	Método	Unidad	Resultados
Humedad	AOAC 926.08	%	24,97
Cenizas	AOAC 923.03	%	2,28
Proteína	AOAC 960.52	%	11,1
Extracto etéreo	AOAC 960.39	%	22,39
Recuento estándar en placa	NTE INEN 1529	UFC/ g	25
Recuento mohos		UPM/ g	150
Recuento levaduras		UPL/ g	200

Atentamente:

Bloq. José Luis Moreno  
ANALISTA



### Misión Institucional

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo  
Teléfono: (06) 2 953-461 Casilla 199  
(06) 2 609-420 2 640- 811 Fax: Ext:1011  
E-mail: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec

ANEXO 10



**UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE**  
IBARRA - ECUADOR

Página 1 de 1

**F.I.C.A.YA.**

**LABORATORIO DE USO MULTIPLE**

Análisis N°: 037 - 2009

Fecha: 17 de julio de 2009

Análisis solicitado por: Sr. José Motoya  
Número de muestras: UNA  
Tipo de Muestra (s): Puré de Papa  
Recepción y Características de la (s) muestra (s): Se recibió en funda plástica con un peso aproximado de 300 g  
Codificación de la (s) muestra (s): SIN CODIFICACION  
Fecha de recepción: 10 de julio del 2009  
Fecha de entrega: 17 de julio del 2009

**ANALISIS SOLICITADOS Y RESULTADOS:**

Parámetros Determinados	Método	Unidad	Resultado
Contenido Acuoso	NTE INEN 777	%	75.44
Almidón	NTE INEN 787:1985	%	23.40

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno C.

DOCENTE - ANALISTA



**Misión Institucional**

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo  
Teléfono: (06) 2 953-461 Casilla 199  
(06) 2 609-420 2 640-811 Fax: Ext:1011  
E-mail: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec