

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la actualidad más del 70% del pan es producido por las gandes panificadoras industriales, que cuentan con complejas máquinas que exigen mucha destreza y conocimientos para su uso, así también a sido necesaria la actualización de nuevas técnicas y métodos para la elaboración de un buen pan. (Malcom Holloway 2003).

En la Ciudad de Quito existe aproximadamente más de 2000 pequeñas panaderías (Según distribuidores de materia prima) que laboran sin el uso de tecnología apropiada más bien como un negocio familiar, por esta razón se ve en la prensa muchos de estos negocios en venta porque dejaron de ser rentables.

Competir con las gandes industrias es la exigencia actual para las pequeñas panificadoras que por efectos de la modernización tienden a desaparecer, siendo una alternativa la optimización en los procesos, la actualización de sus técnicas de elaboración que junto a su experiencia dará como resultado un producto de calidad manteniendo la preferencia del consumidor.

Debido a estas exigencias las pequeñas industrias dedicadas a este negocio se ven en la necesidad de incrementar su equipo de trabajo con el fin de cubrir los turnos de la noche, con este incremento de personal se logra satisfacer las necesidades del cliente, pero a la vez se elevan los costos de mano de obra generando un incremento del precio en el producto final, de esta manera no se consigue un alto nivel de competitividad.

Como una alternativa para unificar la calidad del producto y mejorar los niveles de competitividad se crea la necesidad de eliminar el trabajo nocturno incrementando nuevas técnicas en los procesos de fermentación.

Analizando las condiciones económicas y de equipo que posee la panificadora América se estima conveniente proponer una alternativa, para alargar el tiempo de fermentación de la masa de pan, para cuyo efecto se estudió el porcentaje de levadura y se determinó el tiempo en que la masa estaba lista para ser cocida.

Es por ello que la investigación realizada se fundamenta en la búsqueda de una respuesta a un problema específico de una actividad económica que tiene aspiraciones de crecimiento, buscando un nivel de calidad que le permita mantenerse a la par con las grandes industrias panificadoras.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo General

- Determinar los tiempos de fermentación de la masa de pan utilizando diferentes porcentajes de levadura fresca (*saccharomyces cerevisiae*).

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar los tiempos de fermentación de la masa de pan utilizando cinco niveles (0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20%, 0.25%.) de levadura fresca.
- Evaluar la influencia de dos niveles de gasa (20%, 30%) y dos de azúcar (10%, 20%) en el proceso de fermentación.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis Alternativa

La cantidad de levadura, gasa y el azúcar, si influyen en el tiempo de fermentación y la calidad del pan.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 PANIFICACIÓN.

La panificación es un proceso por el cual se obtiene pan a partir de la harina, a la que se añade agua, sal y levadura. La gran variedad de tipos de pan que existen hace que sea imposible conocer la composición de todos ellos. Esto está en dependencia de los elementos que se hallan o de la forma como se fabrican. Los suplementos pueden ser azúcar, miel, leche, pasas, higos, huevos, gasa, mejoradores, etc.

Para la elaboración del pan se han utilizado granos de diferentes especies de gramíneas, aunque desde tiempos muy remotos el trigo ha sido el preferido en todas las civilizaciones.

La elaboración del pan se hace con masas ácidas que son cultivos mixtos de bacterias ácido láctico y levaduras que crecen de manera espontánea en los cereales. Estas bacterias fermentan los azúcares formando etanol, ácido acético, ácido láctico y CO₂ dependiendo de la especie. Las levaduras también contribuyen a la formación de gas con la fermentación del azúcar a etanol y CO₂.

Los ácidos proporcionan al producto el sabor, mientras que los azúcares fermentables y la fracción de bacterias lácticas y levaduras que son productoras de gas son responsables de la porosidad y ligereza de la masa.

<http://www.alimentacion-sana.com.ar/Boletines/092.htm> (2007/0/25)

2.1.1 El Pan.

El pan es un alimento básico elaborado con harina, generalmente de trigo, levadura (o masa madre), sal, agua y opcionalmente alguna gasa o aceite, en ocasiones se añaden otros productos para conferirle determinadas cualidades.

También se elabora con otras harinas: centeno, cebada, maíz, arroz, patatas y soja. Lo que confiere al pan su esponjosidad es el gluten, como algunas de estas harinas carecen de gluten se suelen usar combinadas con la de trigo. Según el gado de molido y refinado de la harina se distinguen los panes blancos y los panes integrales.

El pan corriente es el que lleva levadura, el pan sin levadura se denomina ácimo. Con la levadura la masa aumenta de volumen, se hace ligera y porosa. El pan ácimo no lleva levadura, sólo harina y líquido.

<http://www.alimentacion.sana.com.ar/Boletines/092.htm> (2007/0/25)

2.1.2 Valor nutricional del pan

Composición del pan blanco e integral (energía y nutrientes aportados por 100 g de producto).

	PAN BLANCO 100g	PAN INTEGRAL 100g
Energía(kcal)	258	228
Proteínas (g)	7,8	8
Lípidos (g)	1	1,4
Hidratos de carbono (g)	58	49
Fibra (g)	2,2	8,5
Calcio (mg)	19	21
Hierro (mg)	1,7	2,5
Yodo (mg)	1	1
Magnesio (mg)	26	91
Zinc (mg)	2	3,5
Sodio (mg)	540	540
Potasio (mg)	100	220
Vitamina B1 (mg)	0,12	0,25
Vitamina B2 (mg)	0,05	0,09
Niacina (mg)	1,7	3,8
Vitamina B6 (mg)	0,04	0,14
Ácido Fólico (mg)	0	22
Vitamina E (mg)	0	0,2

Fuente: <http://www.alimentacion.sana.com.ar/Boletines/092.htm> (2005/11/25)

2.2 INGREDIENTES Y SUS FUNCIONES

La harina, el agua, la levadura y la sal son los ingredientes esenciales, que harán la masa además dentro del proceso de panificación generalmente se incluyen el azúcar y la gasa que no son absolutamente indispensable para elaborar el pan.

2.2.1 Harina

Se obtiene de la molienda del trigo. La harina blanca para pan es extraída únicamente del trigo, por ser este cereal el único conocido por el hombre que contiene en proporción adecuada de dos proteínas principales, que al unirse en presencia del agua forman la estructura del pan. (Gluten)

Las variaciones normales en la calidad de la harina no exigen cambios de las condiciones fundamentales, con excepción de los ajustes para la absorción de agua, aunque, naturalmente, las variaciones de la calidad del pan. Si se emplea harina sin tratamiento ni decoloración, se aplican las mismas condiciones del procedimiento, y el color de la miga se puede mejorar con la adición de harinas enzimáticamente activas. Se pueden emplear con éxito harinas más flojas, las mezclas de harina de bajo poder de gasificación no necesitan suplemento diastático y se puede conseguir buena estructura con métodos de moldeo menos elaborados.

[http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc\(2007/10/20\)](http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc(2007/10/20))

Partes del trigo

- **Endospermo:** contiene 83% del grano de trigo, contiene gránulos de almidón, las proteínas, material mineral.
- **Germen:** representa el 2.5% del grano, contiene proteínas. Azúcares y tiene la proporción de aceite.

- **Afrecho:** representa el 14.5%, rico en vitaminas.

2.2.1.1 Características de la harina

1.- Color: el trigo blando produce harinas blancas o blanco cremoso.

2. Extracción: se obtiene después del proceso de molienda. Por cada 100 kg de trigo se obtiene 72 a 76 kg. De harina

3. Fuerza: es el poder de la harina para hacer panes de buena calidad.

4. Tolerancia: se le denomina al tiempo transcurrido después de la fermentación ideal sin que la masa sufra deterioro notable.

5. Absorción: es la propiedad de absorción de la mayor cantidad de agua. Las harinas hechas de trigo con muchas proteínas son los que tienen mayor absorción.

6. Maduración: las harinas deben ser maduradas o reposar cierto tiempo.

7. Blanqueo: las harinas pueden ser blanqueadas por procedimientos químicos.

8. Enriquecimiento: con vitaminas y minerales.

2.2.1.2 Clases de harina para pan:

- **Harina integral:** es aquella que contiene todas las partes del trigo.
- **Harina completa:** solo se utiliza el endospermo.
- **Harina patente:** es la mejor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo.
- **Harina clara:** es la harina que queda después de separar la patente.

2.2.1.3 Componentes característicos de la harina:

Carbohidratos: formado por compuestos químicos como el C,H,O. Constituyen la mayor parte del endospermo.

Proteínas: son sustancias nitrogenadas. Y se clasifican:

- Proteínas solubles: existen en poca cantidad en el grano de trigo.
- Insolubles: son las que forman el gluten.

<http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc>(2007/10/20)

2.2.1.4 Tipos de harinas

Se extrae del endospermo, que constituye la parte principal del grano de trigo y que está formado en su mayor parte por almidón y proteínas.

- Las proteínas de la harina mezcladas con el agua, forman el gluten, que forma la estructura de la masa, que retendrá todo el gas producido y formará el volumen final del pan.
- La cantidad y calidad de las proteínas de la harina, dependen de la variedad del trigo, del promedio de lluvias durante la época de las cosechas, de la fertilidad del suelo y del área geográfica en la cual se cultiva el trigo.
- Una harina con contenido de proteínas del 10 al 13%, se clasifica como harina dura y se usa para la producción de pan.
- Harinas con un contenido de proteínas del 7,5 al 10%, son especiales para la producción de galletas, queques y tortas, son las harinas débiles o blandas.
- Las harinas duras, por su porcentaje relativamente alto de proteínas, forman un gluten tenaz y elástico, que tiene buena propiedad de retención de gas y es fácil de ser horneado y convertido en pan con buen volumen y miga de buena textura. Necesitan una cantidad de agua relativamente grande para hacer una masa de buena consistencia, por lo tanto dan gan rendimiento, necesitan más tiempo para mezcla y amasado y tienen buena tolerancia a la fermentación.
- Las harinas blandas o débiles, contienen menor cantidad de proteínas y forman gluten blando, débil y sin elasticidad, que no retiene bien el gas. Tiene

poca capacidad de absorber agua y necesitan menos tiempo de trabajo y amasado, además tienen poca tolerancia a la fermentación.

[http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc\(2007/10/20\)](http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc(2007/10/20))

2.2.2 La levadura

Según Soto, P. (2000), La levadura biológica se compone de pequeñas celdillas u organismos vegetales, hongos microscópicos de la familia *sacharomyces* que tienen como particularidad transformar los azúcares y almidones en alcohol produciendo anhídrido carbónico es decir la fermentación alcohólica.

Se entiende por levaduras un grupo particular de hongos unicelulares caracterizados por su capacidad de transformar los azúcares mediante mecanismos reductores o también oxidantes. Su reproducción es por gemación, particularmente activa en aerobiosis.

Para la fermentación de masas primarias se emplean levaduras del género *Saccharomyces cereviseae*, capaz de fermentar azúcares produciendo anhídrido carbónico y alcohol.

Para la producción en gran escala de pan corriente, se recomiendan cantidades de 4-5 libras por quintal (1.800-2.250 gramos), y para producciones de menor envergadura, hasta 6 libras por quintal (2.750 g).

2.2.2.1 Tipos de levadura

Según, Schleskinder, G. (1992), “En el comercio se encuentra la levadura seca activa y la levadura comprimida:

La levadura seca activa

Es la obtenida de cepas de diferentes géneros, donde las células se desecan hasta tener una humedad inferior al 8%. Esta levadura es resistente al desecamiento, a las concentraciones elevadas de azúcares y a algunos inhibidores como el propionato de calcio. Esta es más resistente conservándola a temperatura ambiente que la comprimida, ya que esta última pierde más del 6,55% de su actividad en cuatro meses a 4° C.

La levadura compresada o fresca

Es usada más a nivel casero, la sustitución de la levadura comprimida por la levadura instantánea o seca se efectúa teniendo en cuenta que la funcionalidad de esta última es tres veces superior a la levadura comprimida, por lo que se emplea una cantidad igual a cerca de un tercio de la empleada normalmente.

2.2.2.2 Requisitos de la calidad de la levadura

Según Soto, P. (2000);

Fuerza.- es la capacidad de gasificación que permite una fermentación vigorosa.

Uniformidad.-la levadura debe producir los mismos resultados si se emplean las mismas cantidades.

Pureza.- evitar la ausencia de levaduras silvestres.

Apariencia.- debe ser firme al tacto y al partir no se desmorona mucho, debe de mostrar algo de humedad.

2.2.2.3 Funciones de la levadura en panificación

- Hace posible la fermentación, produciendo alcohol y gas carbónico.
- Aumenta el valor nutritivo al suministrar el pan proteína suplementaria.
- Convierte a la harina cruda en un producto ligero.
- Da el sabor característico al pan.

2.2.2.4 Necesidades de la levadura para actuar

- Azúcar, como fuente de alimento.
- Humedad, sin agua no puede asimilar ningún alimento.
- Materias nitrogenadas, necesita nitrógeno y lo toma de la proteína de la harina.
- Minerales, la levadura necesita sales minerales para una actividad vigorosa.
- Temperatura adecuada, mantenerlo refrigerado hasta el momento de su uso.

2.2.2.5 Las enzimas de la levadura

Según Soto, P. (2000) La levadura cuenta en su organización con un conjunto de enzimas las cuales son su principio activo y le permiten metabolizar y reproducirse. Las enzimas de la levadura actúan como catalizadores en la fermentación ayudando a la conversión de algunos azúcares compuestos a azúcares simples y fácilmente digeribles por la levadura. Las enzimas que hay en la levadura son las siguientes:

Proteasa, ablanda el gluten actuando sobre la proteína.

Invertasa, actúa sobre los azúcares compuestos.

Maltasa, actúa sobre la maltosa.

Zimasa, actúa sobre los azúcares simples.”

2.2.3 Agua

Según, G. GIANOLA 1990, “El tipo de agua a utilizar debe ser alcalina, es aquella agua que usualmente utilizamos para beber. Cuando se amasa harina con la adecuada cantidad de agua, las proteínas gliadina y glutenina al mezclarse forman el gluten unidos por un enlace covalente que finalmente será responsable del volumen de la masa.”

2.2.3.1 Funciones del agua en panificación

- **Formación de la masa:** el agua es el vehículo de transporte para que los ingredientes al mezclarse formen la masa. También hidrata el almidón que junto con el gluten dan por resultado la masa plástica, suave y elástica.
- **Fermentación:** para que las enzimas puedan actuar hace falta el agua para que puedan difundirse a través de la pared o la membrana que rodea la célula de levadura. El agua es el que hace posible la propiedad de plasticidad y extensibilidad de la masa, de modo que pueda crecer por la acción del gas producido en la fermentación.
- **Efecto en el sabor y la frescura:** el agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan.”

2.2.4 Sal

Según, G. GIANOLA 1990,La sal es un compuesto químico formado por Cloro y Sodio.

2.2.4.1 Características de sal a utilizar

- Ganulación fina
- Poseer una cantidad moderada de yodo para evitar trastornos orgánicos.
- Garantizar una pureza por encima del 95% y ser blanca.

2.2.4.2 Funciones de sal en panificación

- Mejorar el sabor, fortalece el gluten, puesto le permite a la masa retener el agua y el gas.
- La sal controla o reduce la actividad de la levadura, ejerce una acción bactericida no permite fermentaciones indeseables dentro de la masa.
- Las proporciones recomendables de sal a utilizar son: desde 1.5 hasta 3.0%.

2.2.5 Azúcar

Según, G. GIANOLA 1990, Compuesto químico formado por C,H,O. En panificación se utiliza la sacarosa o azúcar de caña.

El azúcar es higroscópico, absorbe humedad y trata de guardarse con el agua. Le da suavidad al producto

2.2.5.1 Funciones del azúcar en la panificación

- Sirve de alimento para la levadura.
- Ayuda a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan para que pueda cocinarse y también para evitar la pérdida del agua.

2.2.6 Gasas

Según, G. GIANOLA 1990, La gasa es esencial en panificación y se recomienda como mínimo, cantidades del orden de 2 libras por quintal (907g por 45,5Kg). Es preferible una gasa especial con alto punto de fusión, por ejemplo, de 39 a 40 °C.

2.2.6.1 División de las gasas

Según su origen las gasas se dividen en;

- **Manteca o gasa de cerdo:** brindan un buen sabor al pan.
- **Mantequilla:** se obtiene de la leche mediante el proceso de centrifugación.
- **Aceites vegetales:** se obtienen sometiendo las semillas a un proceso de prensado (soja, girasol, maní, ajonjolí etc.).

2.2.6.2 Características de las gasas

- Elasticidad, que es la dureza.
- Punto de cremar, es la propiedad de incorporar aire en el proceso de batido fuerte, en unión con azúcar o harina.
- El punto de fusión, es la temperatura por la que es transformada al estado líquido.

2.2.6.3 Función de la gasa en panificación

- Mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante
- Aumenta el valor alimenticio, las gasas de panificación suministran 9.000 calorías por kilo.
- Mejora la conservación, la gasa disminuye la pérdida de humedad y ayuda a mantener fresco el pan.

2.2.7 Huevos

Según Soto, P. (2000), “Muchos panes de levadura se hacen sin huevo. Cuando los huevos se incluyen en la masa hacen que el producto se vea más atractivo y tenga un mejor sabor. La proteína del huevo proporciona una elasticidad adicional a la masa sin hacerla pegajosa”

2.2.8 Acido Ascórbico

Según, Fleischmann, (1999), “La acción de 75 p.p.m. de ácido ascórbico da buenos resultados para la producción comercial de todos los panes y pocas veces esta cantidad resulta insuficiente. Sin embargo, puede no ser necesario en la obtención de pan integral.

La tabla siguiente da los pesos de ácido ascórbico necesarios para lotes de diferentes pesos:

Peso de la Harina		A 75 p.p.m
lb	kg	g
280	127	9,5
100	45	3,4
140	65	4,8
70	32	2,4
28	12,7	1,0

Fuente: Fleischmann, Recetario(1999)

El ácido ascórbico, que es muy soluble, se debe disolver en el agua para amasar. Para los lotes pequeños, es conveniente hacer una solución madre disolviendo 40 gamos de ácido ascórbico en 10 litros de agua: $\frac{1}{4}$ litro de esta solución para cada 12,7 Kg de harina (28 libras). El agua de amasar se debe ajustar teniendo en cuenta el líquido añadido.

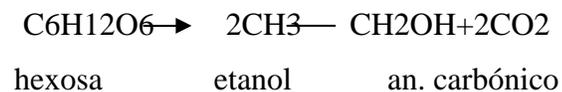
La disolución de ácido ascórbico es bastante inestable y se debe hacer la solución reciente a diario, a partir del producto sólido.

2.3 FERMENTACIÓN

Según Ana Casp V. y José Abril R. (2003). "Se puede definir la fermentación como la transformación que sufren ciertas materias orgánicas bajo la acción de enzimas segregadas por microorganismos. Se trata pues de un proceso de naturaleza bioquímica."

2.3.1 Fermentación Alcohólica

Según Ana Casp V. y José Abril R. (2003). La fermentación alcohólica viene expresada por la ecuación de Gay-Lussac, en la que a partir de una hexosa se obtiene alcohol etílico y anhídrido carbónico:



Las levaduras durante su desarrollo en medio azucarado, producen, además de etanol y CO₂, compuestos cuyas características organolépticas participan de forma importante en el aroma de los productos fermentados. Estos productos se pueden clasificar en cinco grupos: alcoholes, ésteres, aldehídos y cetonas, compuestos azufrados y ácidos orgánicos.

2.3.4 Enzimas

Gupo de enzimas	Función	Miembros de la serie	Origen de las enzimas
1. Amilasas	a) Conversión de pastas de almidón en almidón soluble b) Conversión de almidón soluble en maltosa dextrina	Diastasa con alfaamilasa y betaamilasa Tialina amilopsina	Productos malteados y granos crudos. Saliva Páncreas
2. Proteinazas	Conversión de proteínas insolubles en solubles y peptonas.	Pepsina. Tripsina. Proteinazas y peptidasas. Papaina.	Jugo gástrico. Jugo pancreático. Cereales. Piña de América
3. Inversoras	Inversión de sacarosa a dextrosa y levulosa. Inversión de maltosa a glucosa.	Invertasa. Maltasa	Levadura Levadura.
4. Simazas	Conversión de azúcar en alcohol y anhídrido carbónico.	Complejo simaza.	Levadura.
5. Coagulantes	Coagulación de proteínas.	Rennina.	Jugo gástrico. Estomago de ternera.
6. Lipasas	Hidrólisis de grasas a ácidos grasos, determinando el enranciamiento.	Lipasa.	Germen de trigo. Avena.

Fuente: Fabricación de pan, Edmund. B. B 1971 (p 81)

2.3.5 Fermentación de la masa por la levadura

Según Edmund B (1971). La acción de la levadura en la fermentación panaria tiene, por tanto, tres funciones:

1. Producir anhídrido carbónico en cantidades suficientes y en el momento oportuno para hinchar la masa, dando una estructura ligera y esponjosa que, una vez cocida correctamente, se convierta en un pan sabroso.
2. Producir una mezcla compleja de compuestos químicos de muchos tipos, contribuyen al sabor del pan.
3. Ayudar a producir los cambios esenciales en la estructura del gluten conocidos como maduración de la masa.

Se sabe que la fermentación con la levadura es inhibida por los productos finales, anhídrido carbónico y alcohol a concentraciones suficientemente altas.

2.4 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE LAS MASAS

Según Edmund B (1971). “Es necesario conseguir la temperatura correcta para cada masa, puesto que ella controla la fermentación. Para las masas que han de reposar 10-12 horas la temperatura inicial debe de ser 22-23°C. A medida que progresa la fermentación se produce calor, que queda retenido en la masa. El resultado es que, cuando la masa esta dispuesta para el troceo, la temperatura se ha elevado a unos 25’5°C, siempre que la temperatura del departamento se mantenga constante.

Muy frecuentemente, con el fin de evitar que la levadura trabaje demasiado deprisa, hay que rebajar las temperaturas, y si el contenido en levadura es inadecuado, la masa no llega a madurar y resulta pan de baja calidad. Cuando se sigue el procedimiento de

fermentación conjunta con amasadoras convencionales, hay dos modos de calcular las temperaturas de las masas:

1.- Se duplica la temperatura a la que se quiere que quede la masa y se le resta la temperatura de la harina; la diferencia de la temperatura del agua. Este método es aproximado, pero muy útil.

Ejemplo: Temperatura a la que debe quedar la masa: 25,5°C.

Temperatura de harina: 16°C.

Temperatura del agua: $(2 \times 25,5) - 16 = 35^\circ\text{C}$.

2.- Método del factor mayor. Este método tiene en cuenta la temperatura del local de amasar. Consiste el método en que se toma las temperaturas del local y de la harina; luego, la del agua, que producirá una masa a, digamos, 24°C. Estas temperaturas se suman y, así, se obtiene el factor buscado. Para el trabajo posterior se aplica siempre este factor; la diferencia en los otros componentes, harina o local, significa un cambio correspondientes en la temperatura de agua. Por ejemplo: la temperatura de la harina puede ser 18°C, la del local 20°C y la del agua a utilizar 32°C. si estas condiciones dan a una masa la temperatura correcta y resulta pan satisfactorio, entonces se pueden utilizar para calcular el factor fijo. Así conseguimos $18 + 20 + 32 = 70$.

3.- Otro factor que influye en la temperatura de la masa es el calor de hidratación. Este depende del contenido de humedad de la harina: cuando mas baja es la humedad, mayor es el calor de hidratación, como se muestra a continuación.

Humedad de la harina	Calor de hidratación (cal/g)	Aumento calculado En la T° de la masa (°C)
14	1,5	1,1
13	2,1	1,6
12	2,7	2,0
11	3,5	2,7
8	6,8	5,2

Fuente: Fabricación de pan, Edmund. B. B 1971

Masas de toda la noche.- Aquí, la temperatura del local juega un papel muy importante a causa de la cantidad de tiempos que permanece allí la masa y los consiguientes calentamientos o enfriamientos que puedan resultar de sus variaciones. Una cámara de fermentación con temperaturas controladas asegurara siempre una fermentación regular.

2.5 CANTIDADES DE LEVADURAS PARA TIEMPOS DISTINTOS

Según Edmund B (1971). A continuación se da una con las cantidades de levadura empleada por quintal de harina, para fermentar durante los tiempos mencionados. Sin embargo, en la práctica no se hacen muchas masas con tiempos de entre 5 y 10 horas, a causa de las dificultades que presenta. Una masa de toda la noche se tiene que hacer a última hora por la tarde para que pueda ser dividida a las 5 de la mañana. Para una masa de 10 horas habría que comenzar el amasado, si se hace a maquina, a las 6:30 de la tarde, y para una de 11 horas, a las 5:30 horas que son menos convenientes. En el caso de panaderías pequeñas, se puede hacer con facilidad, resultando un pan muy

bueno. Con otros horarios, el tiempo libre del panadero se interfiere gravemente y es necesario comenzar la tarea muy temprano.

El factor de trabajo determinado por: cantidad de levadura x tiempo de la masa=4.

Para determinar la cantidad de levadura necesaria para cualquier hornada de 1 quintal, se toma el factor 4 y se divide por el tiempo que ha de permanecer la masa. Si se utilizan levaduras de trabajo lento, o para procesos de más de 10 horas, entonces resultara mejor el factor 4,5. Ejemplo: para una masa de 3 horas, la cantidad de levadura $4 : 3 = 1,33$ kg.

Esta tabla de cantidades de levadura ha sido de la experiencia de mucha gente y, al examinarla, se ve que hay una relación entre cantidad de levadura empleada para un proceso de panificación y tiempos que debe permanecer la masa para alcanzar la madurez en ese proceso.

Hay muchos que tienen dificultad para determinar la cantidad de levadura necesaria cuando quieren cambiar el tiempo de fermentación de la masa al que están acostumbrados, por no estar familiarizados con este cálculo. Si se multiplica la cantidad de levadura por el tiempo de la masa se encuentra que el factor obtenido es, en todos los casos, cercano.

Método factorial para determinar cantidades de levadura en los procedimientos de amasado convencional con tiempos distintos.

Tiempo en horas de la masa	Cantidad de levadura (Kg)	Temperatura de la masa (°C)	Cantidad de sal (Kg)	Cantidad de liquido (litros)	Tiempos de la masa x cantidad de levadura.
0	4	31,7	2,270	70-73	4
1	3,6	28,8	2,270	70-73	3,6
2	2	26,6	2,270	68-70	4
3	1,350-1,825	24,4	2,270	68-70	4-5,5
4	1-1,100	24,4	2,270	68-70	4-4,4
5	0,8-0,9	24,4	2,270	68-70	4-4,5
6	0,68	24,4	2,400	66-70	4
7	0,567	24,4	2,400	66-70	4
8	0,567	24,4	2,400	64-68	4,5
9	0,450	23,8	2,400	64-68	4
10	0,450	23,3	2,400	64-68	4,5
11	0,390	23,3	2,600	64-66	4,3
12	0,340	23,3	2,600	64-66	4

Fuente: Fabricación de pan, Edmund. B. B 1971

2.6 MASAS FRÍAS

Generalmente, se llaman masas frías a las que fermentan a temperaturas inferiores a 22°C, mientras que las que fermentan a temperaturas entre 22 y 25,5°C se llaman frescas. Al pasar de los sistemas corrientes de fermentación a las masas frías, por debajo de 22°C, es necesario doblar la cantidad de levadura que se obtiene en la tabla; así, para masa de 7 horas a 24,4°C, la tabla da 567 g. de levadura por quintal. Para el mismo caso, pero a 20°C, habrá que emplear 1,134g.

[http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc\(2007/10/20\)](http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc(2007/10/20))

2.7 CANTIDAD DE AGUA

La cantidad de agua que se utiliza para convertir en masa un quintal de harina, varía entre 66 y 75 litros, dependiendo del tipo de harina y del tipo de pan que se produce.

Las harinas fuertes necesitan siempre más agua que las más blandas o las que ya posean un alto grado de humedad. Una cantidad media para el pan de cortezas es de 66 litros de agua por quintal de harina, ya que la masa debe tener tal consistencia que mantenga la forma durante la fermentación final y también, como en el caso del pan “cottage”, de soportar sin aplastarse otra pieza superpuesta. Para panes de corteza tales como Coburgs, Splits, Danish, Collas y pan Cottage, se puede hacer una masa mas blanda, empleándose entonces de 66 a 68 litros de agua por quintal de harina de buena calidad.

Para pan de molde se puede hacer una masa todavía mas blanda, empleándose con facilidad de 70 a 75 litros de agua por quintal de harina fuerte, mientras que con harinas mas blandas puedes bastar 68 litros.

Con algunas harinas fuertes americanas es posible incorporar a la masa cantidades de agua todavía mayor, obteniéndose pan de buena calidad especialmente cuando se añaden agentes enriquecedores.

[\(http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com\)](http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com).(2005/11/10).

2.7.1 Necesidad de obtener la absorción de agua correcta: cualidades de conservación del pan.

El gluten difiere en su capacidad para retener agua, de modo que, si se quieren conseguir los mejores resultados, cada tipo particular de harina necesita una consideración especial. Hay muy pocas harinas actualmente que rindan los mejores tipos de pan en procesos cortos con 64 litros de agua por quintal. Con muchas harinas, si se acepta esta misma cantidad, el pan producido se seca y endurece rápidamente, haciéndose la miga demasiado sólida e incomible. En el caso de procesos cortos, el pan cuya harina ha absorbido la cantidad adecuada de agua, se conservara mucho más fresco que cuando no se ha considerado este factor. Si se emplea agua en exceso, por ejemplo, 77 litros por quintal, el pan que se obtiene de miga muy suelta, ligero y elástico. Si se emplea mas agua que esta, puede producirse un rápido deterioro. Las masas que han de reposar periodos de hasta de 10 horas se deben hacer mas consistentes y hay que considerar la duración de este reposo junto con la absorción de agua.

La absorción de agua es el factor determinante de las consistencias de fermentación corta o sin fermentación conjunta ya que no se ablandan apreciablemente durante la fermentación. En el caso de producción en gan escala, hay que tener en cuenta las condiciones atmosféricas; si no, la masa se adherirá a los alojamientos del madurador y producirá entorpecimientos.

En el caso de procesos largos, sin embargo hay que tener en cuenta que la masa, a medida que madura, sufre un considerable ablandamiento. En estos procesos, el cuidado a este respecto debe extremarse todavía mas , ya que, en muchos casos, la adición de un par de litros de agua en exceso es suficiente para obtener un pan mediocre en lugar de uno de buena calidad, y es importante controlar los rendimientos con el fin de asegurar una economía satisfactoria.

[http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com.\(2005/11/10\).](http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com.(2005/11/10).)

2.7.2 Adición de sal

La cantidad de sal, generalmente 31g/ litro de líquido, esta basada en la absorción de agua. Generalmente se disuelve en parte del líquido, y en todas las instalaciones modernas se ha previsto esto. La sal y la levadura no se deben poner juntas en el mismo líquido, ya que hay un gran peligro de que la sal coagule la levadura si están en contacto cierto tiempo. Las modificaciones que sufre la levadura por contacto con la disolución salina, según ha encontrado el autor, están en proporción directa con el tiempo de contacto y con la concentración de la salmuera.

[\(http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com\)](http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com).(2005/11/10).

2.8 MODIFICACIÓN QUE SE PRODUCE EN LA MASA DURANTE LA FERMENTACIÓN Y LA COCCIÓN.

Durante la fermentación de la masa, se producen en ella modificaciones que se hacen notar, no solamente en la masa mientras fermenta, sino que se reflejan también en el pan terminado, y especialmente en la jugosidad y propiedades de conservación de la pieza. No se comprenden muy bien las causas de estas alteraciones, pero intentaremos describir del modo más simple posible algunos de los motivos que las causan.

[\(http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com\)](http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com).(2005/11/10).

2.8.1 Procedimiento de amasado tradicional

El procedimiento de amasado tradicional es el más generalizado hoy día, debido principalmente a que la masa se hace de una vez. El pan que con este sistema se obtiene, es excelente; siempre que el tiempo de fermentación conjunta de la masa (fermentación de toda la masa en bloque) no sea demasiado corto; la calidad, como en los demás procedimientos, depende esencialmente de la maestría del panadero.

Cualquiera que sea el procedimiento, es necesario utilizar buena harina y buena levadura. La sal no es un factor muy variable, y el agua, no afecta a las cualidades del pan producido siempre que se haya adaptado el proceso al tipo de agua disponible.

La levadura es tan importante como la harina, ya que siempre que la levadura sea buena, un panadero bien adiestrado puede controlar y modificar su sistema hasta conseguir resultados muy satisfactorios; mientras que si la levadura es débil, ninguna modificación del sistema dará resultados realmente buenos, especialmente en los procedimientos de amasado tradicional. En cambio, en los sistemas con esponja y con fermentos, la levadura tiene alguna oportunidad de sobreponerse a un arranque débil.
[\(http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com\)](http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com).(2005/11/10).

2.8.2 Obtención de la masa

Generalmente se admite hoy que la calidad y estructura de un pan dependen en gran medida de la masa en sí.

Ningún pan puede salir bien si no se ha acondicionado correctamente la masa. En otros tiempos, cuando las masas se hacían a mano, el amasado solía consistir en una mezcla íntima de los ingredientes. Con la llegada de la maquinaria moderna, el

amasado se ha acercado mucho más al ideal; y una muestra del interés e importancia que se dedica a esta parte de la panificación es la multitud de amasadoras que se ofrecen actualmente en el mercado.

La mezcla íntima y el acondicionamiento correcto de la masa exigen la absorción correcta del agua para que sea factible la masa ideal. Una masa tal, dará un pan de calidad superior a otro pan confeccionado con una masa que ha sido acondicionada defectuosamente. No solamente la estructura será más igual, sino que la miga será más uniforme, suave y jugosa, siempre que los demás procesos se hayan realizado correctamente.

El tiempo de amasado varía con el tipo de máquina la cantidad de masa que se hace con agua. El tiempo verdadero de amasado para lotes de un quintal en una máquina convencional de un quintal de capacidad, únicamente se puede determinar por la experimentación, pues la mayoría de las harinas necesitan un tratamiento individual según la mezcla particular de trigos utilizada y el tipo de masa que se trata de hacer.

A medida que avanza, el amasado y empieza a formarse el gluten, se produce una masa pegajosa. Esto desaparece pronto y la masa deja de adherirse a las paredes de la amasadora, produciéndose una masa estable. Con las modernas mezcladoras de alta velocidad, se determina la cantidad de trabajo mecánico necesaria según la cantidad de masa y se ajustan los mandos automáticos para asegurar la exactitud. Esto permite conseguir la absorción óptima de agua para cada tipo de harina, pues la mayor cantidad de trabajo mecánico asegura la completa hidratación del gluten.

[\(http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com\)](http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com).(2005/11/10).

2.8.3 Modificaciones físicas

2.8.3.1 Variación de temperatura

La primera modificación física a considerar es la elevación de temperatura de la masa. En cualquier caso, la cámara en la que tiene que fermentar la masa debe estar libre de corrientes de aire, que son más eficaces en producir pérdidas de calor que la exposición simple, a una atmósfera fría. Debe disponerse lo necesario para que la diferencia de temperaturas entre la masa y la cámara misma no sea apreciable.

En las panaderías que tienen cámaras de fermentación aisladas, se puede controlar mucho más eficazmente la masa que en las pequeñas cámaras, pero en todas las panaderías son esenciales tapaderas o cubiertas para los recipientes.

Mientras fermenta la masa, y debido a la actividad de la levadura, se produce reacciones químicas, liberándose calor en su interior. En los procesos de corta duración, la cantidad de calor producido es pequeña, de modo que no se modifica el equilibrio de la masa en el sentido de que pueda desarrollarse demasiado rápidamente. Sin embargo, cuanto más caliente está la masa, con más rapidez actúa la levadura y mayor es la cantidad de calor liberado. La levadura trabaja mejor para fermentar la masa de pan a 26,5° C, y sólo se agota y estropea la masa y el pan cuando ha trabajado a temperaturas superiores. En los procesos de 3 a 4 horas de fermentación, la temperatura de la masa subirá de 1,4 a 1,9° C.

En los procesos largos, sin embargo, el calor se libera lentamente y se acumula, por consiguiente, la temperatura de la masa en conjunto, sube y a las 10 horas, momento en que la masa está a punto para la división, se observa que la temperatura ha subido a unos 26,5° C. Esto ocurre porque el calor producido en la masa ha elevado su temperatura por encima de la de la cámara. Con tiempo caluroso se puede controlar la temperatura mezclando en la misma masa hielo machado, aprovechando así el calor latente como medio de ajuste.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Pan_\(alimento\).](http://es.wikipedia.org/wiki/Pan_(alimento).)(2007/11/16)

2.8.3.2 Variaciones en la consistencia de la masa

Otro cambio físico que se produce en todas las masas es el ablandamiento debido a variaciones en la elasticidad y plasticidad.

2.8.3.3 Pérdida de humedad

Durante la fermentación también se pierde humedad, y si la masa se cubre con fundas, esta pérdida aumenta a causa de la absorción que produce el quintal. La utilización de los fundas es una práctica muy mala y debe ser desechada. Un quintal utilizado para cubrir una masa puede llegar a absorber algunos litros de agua durante un proceso de fermentación de 4 horas.

2.8.3.4 Cambios de color en la masa

Recién hecha la masa, tiene un color relativamente oscuro; si se cociera entonces, el pan tendría un tono verdoso peculiar. A medida que prosigue la fermentación, el color de la masa se aclara, se pone más brillante, y se produce una estructura sedosa cuando la maduración llega al punto óptimo. Con harina de buena calidad, el color debe quedar blanco crema. Si la fermentación pasa de este punto, la masa y el pan a que da lugar son más blancos, pero gradualmente se va imponiendo un tinte grisáceo, y si la fermentación continúa demasiado tiempo, el pan producido presentará una miga de color muy oscuro.

Una masa recién, hecha con amasadora lenta, no tiene verdadero sabor, porque el gluten es muy insoluble, pero a medida que actúa la fermentación, el gluten se modifica y se convierte en una forma más elástica, solubilizándose una parte. Esto trae consigo, junto con otros cambios, la aparición del sabor.

2.8.4 Maduración y volumen

Según Edmund. B.B (1971), Cualquier panadero reconoce inmediatamente el mal aspecto que presenta un pan hecho con masa que no ha madurado bien; no sólo afecta al aspecto y la forma, sino también, y en mayor grado, a la estructura, la miga y el color. El volumen es pequeño, el aspecto general de la pieza es amazacotado y la corteza descolorida. Además, la miga es basta y áspera y con un tinte verdoso, presentando frecuentemente grandes porosidades. La vesiculación es siempre mayor y más desigual que la que tiene una pieza hecha con masa que ha madurado bien.

Para producir pan bien cocido y con estructura perfectamente homogénea, es preciso que la masa esté ablandada de tal modo que cuando la levadura produce el gas carbónico por fermentación del azúcar, las burbujitas gaseosas queden incluidas en pequeñas celdillas producidas entre la fina trama de la masa. Esta trama se produce solamente a causa de la presencia del gluten. Cuanto más madura está la masa, más fina y sedosa es esta trama, y cuando la masa está madura las condiciones están a punto para que se produzca el mayor número de estos hilillos.

2.8.4.1 Maduración escasa

Si la masa no ha llegado a madurar, el gluten no se ha ablandado por falta de tiempo o porque las condiciones no eran adecuadas, y por consiguiente, al producirse el gas y aumentar la presión de gas carbónico en la masa, a veces se rompen las paredes de las celdillas y se forman huecos alargados por romperse la trama, que no es fina y elástica. Además, el gluten no se puede estirar dando hilillos muy finos y sedosos; el resultado es que la estructura es áspera, córnea e irregular.

2.8.4.2 Maduración excesiva

Por el contrario, si se deja pasar la masa de su punto de maduración, el gluten se ablanda excesivamente. El resultado es que la trama de hilillos sedosos existe, pero

ha perdido su elasticidad, de modo que si se les aplica una pequeña presión o esfuerzo, se rompen por ser incapaces de estirarse más. Este estado se observa tomando con la mano un trozo de masa; si ésta se desprende muy fácilmente, es que se ha "pasado".

El pan que se produce con masa muy pasada puede tener poco volumen, pero si el punto se ha pasado ligeramente, el volumen puede ser excesivo. Mucho más importante es el hecho de que una pieza de éstas se desmorona al corte, pues la estructura de la miga ha perdido su coherencia. En otras palabras se ha desnaturalizado y no se puede mantener unida ante la presión de un filo porque el gluten ha perdido la elasticidad.

2.8.5 Transformaciones químicas

Según Edmund. B.B (1971), Los cambios químicos que se producen en una masa tradicional se encuadran bajo dos títulos: 1) transformaciones en el azúcar de la harina; 2) modificaciones en las proteínas de la harina.

Azúcares.- La levadura tiene el complejo *zimasa*, que es capaz de convertir el azúcar (maltosa) en anhídrido carbónico y alcohol. Esto, probablemente, ocurre al principio, al hacer la masa, pues siempre está presente una pequeña cantidad de maltosa.

La levadura tiene otra enzima, la *invertasa*, que transforma el azúcar de caña presente en la harina en azúcar invertido, el cual, a su vez, puede ser fermentado

Mientras actúa la levadura, se producen simultáneamente otras dos sustancias, que son: la *glicerina* y el *ácido succínico*. Además, algo del alcohol producido se transforma en *ácido acético*; aproximadamente el 5 % de la acidez total de la masa se debe a este ácido.

Proteínas.- En la masa, no solamente se encuentra gluten, sino también una cierta cantidad de proteínas solubles, una parte de las cuales se convierte en peptonas bajo la acción de las enzimas proteolíticas, durante la fermentación de la masa. Estas peptonas son utilizables como alimento de la levadura.

Las proteínas insolubles del gluten no quedan inalteradas durante la fermentación. En efecto, la importancia del cambio de las proteínas insolubles, tanto desde el punto de vista físico como del químico, determina el grado de maduración de la masa. Parte del gluten se solubiliza, y a medida que progresa esta alteración, se va notando una diferencia al tacto en esta masa.

En masas de proceso muy corto, que fermentan a temperaturas relativamente altas, la modificación química que se produce en el gluten es de muy poca importancia, pero se puede conseguir pan con buen volumen porque se han producido alteraciones físicas y mecánicas. Por otra parte, la gran cantidad de levadura presente en la masa produce un gran volumen de gas. La pieza que resulta tiende a quedar seca a las 24 horas de conservación. La incorporación de productos de malta aumenta las modificaciones proteolíticas y puede ocurrir una proteólisis excesiva que trae consigo una modificación profunda del gluten y, como consecuencia, se pierde la resistencia mecánica.

El cuadro esquemático siguiente ayudara a comprender como cada constituyente de la masa tiene su papel en la maduración de la misma.

Constituyentes de la masa	Constituyentes de masas muy cortas (hasta tres horas de fermentación)	Constituyentes de masas de fermentación prolongada
Almidón	Almidón	Almidón
Gluten	Gluten (una parte muy pequeña se ablanda) Proteínas Solubles(muy poco)	Mucho Gluten se ablanda y se solubiliza la proteína
Proteínas Solubles	Peptonas	Peptonas
Azúcar	CO ₂ Alcohol Acido láctico (muy poco) Acido succinico y glicerina	CO ₂ Alcohol Acido láctico(cantidades considerables) Acido acético Acido succinico y glicerina
Levadura	Levadura (mas)	Levadura (mas)
Sal	Sal	Sal
Sales minerales de la harina	Menos (la levadura las utiliza como alimento)	Menos
Aceite de la harina	Aceite	Aceite
Agua	Agua	Agua
Acidez natural (láctico)	Acidez (ligero aumento)	Acidez (mayor)

Fuente: Edmund B. Bennion. (1971)

2.8.6 Apreciación de las cualidades del pan

Según Edmund. B.B (1971) las cualidades que mas se necesitan en el pan son;

2.8.6.1 Aspecto general

A Es una de las propiedades más importantes del pan, ya que cuando se presenta el pan tan próximo a la perfección como sea posible, éste atrae a los consumidores. Implica varias de las cualidades que se describen luego.

El mal aspecto puede ser motivado por:

1. Moldeo defectuoso
2. Mala colocación en los moldes o en el horno.
3. Falta de vapor en el horno.
4. Formación de costra en las piezas durante la maduración final.
5. Exceso de harina espolvoreada (cuando se usa).
6. Manejo poco cuidadoso de los panes cocidos después de sacarlos, del horno.

2.8.6.2 Colorido

Una vez comprendido, el colorido es una indicación segura respecto a la calidad en general del pan que se examina. El colorido que se debe tomar como tipo es el que presenta un pan de corteza hecho con harina de alta calidad, bien fermentado y cocido correctamente. Este colorido está formado por tonos delicados pardos y rojos que se funden uno en el otro, que tiñe las partes expuestas de pardo rojizo y que en las partes menos expuestas al calor del horno se convierte en una corteza amarillo-dorada.

También habrá un tono de color blanco argentino en aquellas partes que se han separado de la pieza poco después de poner en el horno y antes de que el calor haya

podido producir mucho color. Para obtener un buen colorido en el pan debe usarse harina de alta calidad.

Las deficiencias en el colorido pueden atribuirse a las siguientes causas:

- 1. Harina de baja calidad**, de por sí ya deficiente en colorido natural.

- 2. Poca maduración de la masa.** Produce pan con corteza tosca y muy -oja y miga áspera de tono verdoso desvaído. La pieza tiene un aspecto característico amazacotado y poco volumen.

- 3. Harina deficiente en azúcares naturales**, con bajo contenido en maltosa y deficiente en α -amilasa. Para facilitar a una harina como ésta la producción de colorido se pueden utilizar extracto de malta, azúcar y productos lácteos.

- 4. La maduración excesiva de la masa** produce pan con poco color, con miga gisácea y de aspecto exterior variable, generalmente con corteza tosca.

- 5. Un horno frío**, no producirá colorido, mientras que uno demasiado 'caliente se extralimitará en la producción de color. El calor seco hace des-.aparecer el colorido deseado.

- 6. Harinas tratadas** cuyo tratamiento o blanqueo ha sido excesivo.

- 7. Masas calientes.**

2.8.6.3 Volumen

Depende principalmente de la calidad de la harina, pero mediante la manipulación adecuada se puede aumentar el volumen en una harina determinada. La harina

procedente de un trigo determinado producirá piezas con un volumen característico que depende de la cantidad y calidad del gluten y de la cantidad de azúcar presente.

La falta de volumen puede ser producida por: Masas duras, exceso de sal, falta de maduración, harina floja, harina vieja, levadura que ha sufrido un /aumento de temperatura, harina recientemente molturada, insuficiencia de maduración final, masas frías, excesivo trabajo mecánico, división de la masa con tiempo inadecuado de recuperación, horno demasiado caliente, falta de vapor en el homo.

El exceso de volumen puede ser causado por: Fermentación conjunta excesiva, maduración final excesiva, sal insuficiente con harina fuerte bien fermentada, moldeo suelto, horno frío, masas blandas con alto contenido en levadura.

2.8.6.4 Exfoliaciones

Los panes de "Batchen" de cualquier variedad, se colocan juntos en el horno, unos al lado de otros; al sacarlos y separarlos quedan adheridos a los lados, donde no hay corteza, copos sueltos o láminas de pan que se pueden desprender como si fueran capas de piel. Esto es lo que se llama "exfoliaciones" del pan.

Si la "exfoliación" sale en trozos bastos, es señal de que la harina resistiría I más fermentación sin detrimento de ninguna de sus buenas cualidades. Si sale en forma de hojas gandes, es señal de que la masa ha madurado perfectamente y el pan es de buena calidad. Si se pela en hojas muy finas, tiene viso gris plateado y no sale en trozos gandes, sino que se rompe muy fácilmente, la masa se ha pasado de su punto de madurez y, al perder la tenacidad, la exfoliación se rompe.

2.8.6.5 Estructura

Se confunde frecuentemente con la exfoliación, pero, en realidad, la estructura se refiere a la uniformidad de vesiculación, es decir, a la igualdad de los huecos de la miga. La estructura fina es la que presenta la superficie al corte con huecos o vesículas pequeñas, todas del mismo tamaño y distribuidas uniformemente. Si estos huecos son de distintos tamaños y hay, de vez en cuando, otros muy grandes, se dice que la estructura es *basta* y es un gabe defecto. El pan hecho a máquina, generalmente tiene uniformidad de estructura a causa de la acción eficaz de las moldeadoras.

2.8.6.6 Brillo de la miga

Sólo puede tenerlo el pan confeccionado con harina de buena calidad y color. Como en el caso de la exfoliación, depende de la fermentación correcta. Es imposible conseguir esta cualidad con harinas de baja calidad, pues depende de la producción de un viso característico en la miga, probablemente debido a la transparencia de ésta y a la igualdad de la vesiculación, que hace que la luz se refleje bien desde el interior de los alvéolos o vesículas.

2.8.6.7 Jugosidad

La humedad en el pan no depende primordialmente de la cantidad de agua que se ha añadido para confeccionar el pan, sino que depende del estado físico del gluten.

Es importante distinguir entre humedad y jugosidad. La primera se puede llamar "humedad absoluta", o contenido real de humedad. Y la segunda, "humedad aparente", que es una estimación puramente subjetiva determinada por la sensación en el paladar.

La humedad absoluta en la miga del pan varía de 35 a 42 %, mientras que la fórmula seguida, el gado de fermentación, modo de manipulación y cocción influyen en la humedad aparente del pan.

2.8.6.8 Sabor

Es una cualidad que se pueda estandarizar; cada distrito o región tiene 'sus ideas y preferencias propias.

Mientras que algunos desean un sabor dulce en el pan, otros prefieren el sabor neutro que tiene el pan corriente producido en una fábrica.

El sabor no está influido solamente por los ingredientes, sino también, y mucho el tipo de fermentación y manipulación y por el método de cocción.

2.8.6.9 Estabilidad de la miga

Según las necesidades actuales, particularmente desde la introducción de máquinas automáticas para cortar el pan, ésta es una de las cualidades más importantes. La

estabilidad de la miga viene determinada por la calidad de la harina y el gado de fermentación y de trabajo mecánico a que se ha sometido.

La miga del pan debe recuperarse rápidamente después de ser presionada y no ha de notarse demasiado esponjosa ni volver a adquirir su forma con demasiada lentitud. El gado de elasticidad de la miga es importante para determinar la facilidad con que se puede repartir sobre ella la mantequilla, sobre todo cuando ésta está dura.

2.8.6.10 Gano

Se refiere al tamaño de las celdillas de la miga. Las masas duras producen un gano más apretado o celdillas más pequeñas que las masas blandas. El gano es afectado considerablemente por el gado de fermentación, así como también por la manipulación de la masa. Por ejemplo, en la producción de panes trenzados de 2 ó 4 piezas.

Si la masa no ha madurado bien, el gano es basto y abierto; si se ha pasado el gano es abierto y con falta de cohesión por haberse sobre madurado el gluten, y el pan producido se desmigaja fácilmente.

2.8.6.11 Gieta

Se refiere a la subida de la pieza de masa al expandirse en el horno, y al estiramiento y ruptura que se producen a los lados de la pieza. Al ponerse en el

horno el pan de molde bajo las condiciones correctas de vapor, se forma corteza en los lados de la pieza antes que en la parte superior. Al producir la levadura las últimas cantidades de gas ocurren la expansión completa de la masa; si ésta fue fermentada correctamente, se produce una gieta limpia. Si la fermentación no llegó al punto óptimo, no se producirá la gieta y la pieza tendrá un aspecto cerrado. Si se detiene de pronto la maduración de la masa, se rasgará y producirá una gieta basta y rugosa. Por eso, la gieta es un indicador del gado de fermentación conseguido con una adecuada humedad relativa entre 75% y 80%.

2.8.7 Defectos en el pan

SIMON JENNING, (1981), Se producen principalmente por alteraciones en la fermentación, por la utilización de ingredientes defectuosos y por trabajar con métodos incorrectos.

2.8.7.1 Falta de maduración

Generalmente quiere decir falta de fermentación. Esto puede ocurrir por una o varias de las causas siguientes; masa demasiado fría, enfriamiento de la masa durante la fermentación o maduración, contenido en levadura demasiado bajo para el procedimiento seguido, tiempo escaso de fermentación conjunta, levadura de baja calidad o vieja, demasiada sal, harina excesivamente fuerte, uso de cualquier sustancia que tiende a retardar fermentación.

La falta de maduración se nota, ante todo, en la masa misma, al manipularla en la tabla. Esta masa se mostrará poco elástica, se recuperará lentamente del moldeo, tendrá aspecto gasiento con tendencia a adherirse. Una vez moldeada, la piel de la pieza tiende a romperse debido al gado insuficiente de elasticidad que ha alcanzado.

Cuando la masa está en estas condiciones, se dice que está "verde", con el significado de que la masa ha madurado incompletamente.

Para contrarrestar este defecto, es necesario ajustar el proceso utilizando harinas adecuadas con suficiente levadura y sal para llevar a la masa, en un tiempo dado y a la temperatura correcta, a la condición de madurez.

2.8.7.2 Maduración excesiva

Generalmente significa fermentación excesiva y se produce por; masa demasiado caliente o empleo de cantidad excesiva de levadura.

2.8.7.3 Defectos de la corteza

Según HELEN CHARLEY (1988) Los defectos más comunes que se presentan en la corteza del pan son:

Corteza correosa. Puede ser motivada por las siguientes causas; masa poco madura, utilización de harina fuerte y glutinosa, masa excesivamente blanda, cocción a vapor e insuficiente secado posterior.

El pan cocido en hornos continuos presenta corteza correosa.

Para corregir estos defectos; la masa debe madurar suficientemente, la masa ha de tener la consistencia correcta, emplear harina menos glutinosa, debe cocerse el pan a calor seco durante 15 minutos, por lo menos, después de cocerlo a vapor y antes de sacarlo del horno.

Dureza. Se produce generalmente por fermentación incorrecta de las harinas fuertes que se suelen emplear para hacer las masas duras adecuadas para el pan de corteza. Con mucha frecuencia, se utilizan estas masas sin llegar a la maduración, resultando que el gluten se ablanda insuficientemente y produce, al cocerse, una corteza dura. Las harinas tratadas siempre tienen tendencia a dar corteza dura, especialmente si se han utilizado agentes químicos o decolorantes en cantidades superiores a las normales,

Resquebrajamiento de la corteza.- Lo más probable es que sea causado por un horno demasiado caliente; el gluten se estira excesivamente en el horno y al sacar la pieza se produce una contracción rápida. Generalmente son propensos a este defecto los panes que han sido sometidos a una maduración excesiva o que se han desarrollado en procesos muy cortos y, sobre todo, cuando se han enfriado en corrientes de aire o en cámara fría.

Contra esto se puede luchar utilizando el horno ligeramente más frío, dando menor maduración final y haciendo que la masa fermente correctamente. De este modo, el gluten se pone muy elástico, facilitándose la expansión y contracción. Este efecto se exalta utilizando malta. Un afinado de la masa ayudará a remediar el defecto. También contribuye la regulación cuidadosa de las condiciones de enfriamiento.

2.8.7.4 Defectos en la masa

Según HELEN CHARLEY (1988) Los defectos más comunes que se presentan en la masa del pan son:

Masa que se corre o pegajosa.- Puede ser debido a las siguientes causas; fermentación insuficiente, harina débil, floja, presencia o adición de trigo germinado en la harina, utilización de harina molida muy recientemente, empleo excesivo de malta.

Si la causa es la fermentación insuficiente, hay que conseguir que ésta sea correcta, pero para cualquiera de las otras causas, el aumento de la cantidad de sal facilitará el trabajo. La harina reciente debe quedar en reposo durante una semana. Las harinas que contienen trigo germinado deben mezclarse con alguna harina fuerte,

2.8.7.5 Gumos en el pan

Se pueden producir del siguiente modo:

Cocción insuficiente del pan, especialmente en los tipos de corteza. En este último es frecuente que se produzca un gomo en la unión de la pieza superior con la inferior.

Por trabajar una masa que ha formado costra guesa.

Por dejar las piezas de masa sobre la mesa después de moldear y dejar que llegue a formar costra o que se enfríen ligeramente. Es frecuente observar esto en el pan que se ha manipulado de modo especial con fines de exhibición y también en el pan "cottage" cuando las dos piezas han estado cierto tiempo sobre la mesa antes de colocar una encima de la otra.

Por utilización de harina tratada, de harina con trigo germinado o helado cuyo gluten se ha vuelto inestable, que trae consigo al cocer el colapso de la masa, produciéndose gomos de naturaleza gomosa.

En las masas hechas a mano, por no trabajar completamente los retazos. Estos gomos son de muy mal efecto.

Por apilar las piezas unas encima de otras mientras están todavía calientes en los estantes o en los vehículos.

Para evitar los gomos hay que cuidar de que la masa no forme costra. Si se produce algo, se humedece con agua templada antes de cortarla o dividirla. Trabajar la masa lo más rápidamente posible sobre la tabla y cocer bien el pan. Finalmente, no apilar el pan mientras está caliente,

2.8.7.6 Porosidades en el pan

Se deben generalmente a uno o varios de los motivos siguientes:

Moldeo malo o flojo, la fermentación precaria de la masa producirá huecos grandes y alargados en el pan. Esto, a su vez, puede ser debido a: levadura de baja calidad, que trabaja lenta e irregularmente, masas frías, harina demasiado fuerte para los procesos cortos, de modo que la masa es dura y no cederá a la presión.

Distribución irregular de los ingredientes en la masa, particularmente de gasa, sal y levadura; probablemente provocada por un tiempo insuficiente de amasado. La absorción incorrecta del agua puede ser también un factor responsable, sobre todo en el moldeo a mano o, en el caso de pan de molde, con el moldeo a máquina.

Mala colocación del pan en el horno, especialmente, en los hornos de hogar lateral, por insuficiente protección de las piezas que quedan cerca del mismo.

Demasiado calor en el horno, producirá ampollas en las partes superiores de las piezas.

Maduración insuficiente en el pan.

Exceso de la harina para espolvorear que produce costra en la masa e impide que ésta ligue al moldear.

CAPITULO III

4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1 Materiales

- ✓ Harina para panificación
- ✓ Agua
- ✓ Levadura fresca
- ✓ Sal
- ✓ Azúcar
- ✓ Gasa vegetal
- ✓ Huevos

3.1.2 Equipos

- ✓ Horno
- ✓ Amasadora
- ✓ Cámara de leudo
- ✓ Balanza Analítica
- ✓ Termómetro de masa
- ✓ pH metro
- ✓ Probetas
- ✓ Mesa para moldeo
- ✓ Latas
- ✓ Raspador de masa

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 Localización

Este estudio se realizó en la ciudad de Quito en la panadería "América". Ubicada en las calles América y Santiago. Se trabajo en condiciones de humedad relativa y temperatura del lugar de la investigación utilizando condiciones de horneado establecidas.

3.2.1.1 Datos climáticos

Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Parroquia	Santa Prisca
Barrio	América
Altitud	2800 m.s.n.m
Temperatura	18 °C

FUENTE: INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

3.2.2 Factores en Estudio:

Factor A: Porcentaje de Levadura

1. 0.05 % de levadura
2. 0.10 % de levadura
3. 0.15 % de levadura
4. 0.20 % de levadura
5. 0.25 % de levadura

Factor B: Porcentaje de gasa vegetal

1. 20 % de gasa vegetal
2. 30% de gasa vegetal

Factor C: Porcentaje de Azúcar

1. 10 % de azúcar

2. 20 % de azúcar

3.2.2.1 Tratamientos para el Estudio

Se evaluaron 20 tratamientos los que resultaron de combinar los factores: porcentajes de levadura, porcentaje de gasa y porcentaje de azúcar con sus respectivos niveles.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos según la combinación entre factores.

TRATAMIENTOS		DESCRIPCION		
Nº	CODIGO	% DE LEVADURA	% DE GASA	% DE AZUCAR
t ₁	A ₁ B ₁ C ₁	0,05	20	10
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂	0,05	20	20
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁	0,05	30	10
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂	0,05	30	20
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	0,10	20	10
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂	0,10	20	20
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁	0,10	30	10
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂	0,10	30	20
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	0,15	20	10
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	0,15	20	20
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁	0,15	30	10
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂	0,15	30	20
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁	0,20	20	10
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂	0,20	20	20
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	0,20	30	10
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂	0,20	30	20
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	0,25	20	10
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	0,25	20	20
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁	0,25	30	10
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂	0,25	30	20

3.2.3 Diseño Experimental

En la investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial $A \times B \times C$, siendo el Factor A porcentaje de levadura, Factor B porcentaje de gasa, Factor C porcentaje de azúcar.

3.2.4 Características del Experimento

- Repeticiones: 3
- Tratamientos: 20
- Unidad Experimental: 60

3.2.4.1. Características de la Unidad Experimental

La unidad experimental fue de dos kilogramos de harina para panificación.
El número total de unidades experimentales fue 60.

3.2.5. Análisis Estadístico:

3.2.5.1 Esquema del Adeva

Cuadro 2. Esquema del ADEVA

Fuente de Variación	Gados de libertad
Total	59
Repeticiones	2
Tratamientos	19
Porcentaje de levadura	4
Porcentaje de gasa	1
I AxB	4
Porcentaje de azúcar	1
I AxC	4
I BxC	1
I AxBxC	4
Error experimental	38

3.2.6 Análisis Funcional:

TUKEY: Al 5% para tratamientos.

DMS: Esta prueba estadística se realizó en los factores A, B y C.

POLINOMIOS ORTOGONALES: Para los factores A, B y C

3.2.7 Variables Evaluadas

3.2.7.1 Variables Cuantitativas

3.2.7.1.1 Tiempos de Fermentación

Para medir esta variable se utilizó un cronómetro y se tomó en cuenta el tiempo a partir de la finalización del amasado hasta obtener las condiciones necesarias para su cocción los resultados se expresaron en horas.

3.2.7.1.2 Volumen de la masa

Se tomaron muestras de 40g de masa al inicio de la etapa de fermentación se colocó la muestra en una probeta de 250cc. Con las mismas condiciones que al resto de la masa siendo este el volumen inicial, al final de la etapa de fermentación para cada tratamiento se registro el volumen final y los resultados se expresaron en cc.

3.2.7.1.3 pH

Para medir esta variable se realizó con un Potenciómetro con un rango de lectura de 0,00 a 14 (pH), para lo cual se tomó alícuotas de muestra y se disolvió en agua

destilada, en cada análisis se lavó el sensor con agua destilada calibrando cada vez que se realizó el análisis de los tratamientos y repeticiones.

3.2.7.1.4 Recuento de levaduras

Se tomaron muestras de 100g de masa y se llevó al laboratorio de la Universidad Central donde fueron analizados mediante el método de la AOAC 997.02 los resultados de esta variable se expresaron en ufc/g. (Unidades Formadoras de Colonias por gramo).

3.2.7.1.5 Volumen del Pan

El volumen del pan se determinó bajo el principio de Arquímedes, para el cual se mide el volumen de agua desplazado por el cuerpo en una probeta graduada en cc, para el estudio el agua fue sustituida por azúcar puesto que el pan absorbe el agua y no permite la medición normal, donde se anotó el valor inicial del azúcar que marcaba la probeta y luego de introducir el pan se apuntó el valor final, y por diferencia se calculó el volumen real del pan.

3.2.7.1.6 Peso del pan

Se realizó con una balanza analítica luego del horneado y cuando el pan estaba frío.

3.2.7.1.6 Densidad del pan

Para determinar esta variable se utilizó la formula:

$$\rho = m/v$$

Donde:

m = peso del pan en g

v = volumen del pan en ml

Además se realizó un análisis comparativo de costos de materia prima a los dos mejores tratamientos.

3.2.7.2 Variables cualitativas

Una de las características para determinar el mejor pan fue la formación de la miga que debe ser liviana y abierta, para lo cual en cada tratamiento se realizó un corte longitudinal al pan y mediante observación se determinó cuales presentaron las mejores características en cuanto a formación de miga y textura. Para lo cual se califico de la siguiente manera:

1 = Textura mala (aquellos que poseen mas de 3 porosidades)

2= Textura buena (aquellos que poseen 1 a 2 porosidades)

3 = Textura muy buena (aquellos que no poseen porosidades)

3.3 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Se realizó una fórmula básica de elaboración de pan para el desarrollo del experimento variando únicamente los porcentajes de; levadura, gasa y azúcar, de acuerdo a los niveles de los factores en estudio.

Pesado.- se pesaron debidamente todos los ingredientes de la fórmula básica harina, sal, huevos y agua (la cantidad de agua en la fórmula varia de acuerdo a los porcentajes de gasa y azúcar). De acuerdo a la descripción de los tratamientos se pesaron las cantidades de levadura, gasa y azúcar determinados para cada tratamiento.

Mezclado y Amasado.- para realizar esta operación se colocó todos los ingredientes en la amasadora, para la formación de la masa en un tiempo aproximado de 7 minutos. Al final de esta etapa se tomaron las primeras muestras, con el fin de evaluar en ellas las variables volumen, pH y población inicial de levaduras.

Reposo 1.- luego de la etapa de amasado fue necesario un tiempo de reposo de una hora fuera de la cámara de fermentación con el fin de permitir el desarrollo del gluten en la masa. Según Edmund. B. Bennion (1971) esta operación dentro de un proceso normal de panificación (3% de levadura) necesita una maduración intermedia de 6 -10 minutos.

Corte y Boleo.- el corte se realizó en una divisora con la finalidad de obtener porciones iguales y se procedió a dar forma de una manera rápida y eficaz con el

propósito de no destruir las características del gluten ni tampoco interferir en el tiempo de fermentación,

Reposo 2.- luego de bolear se colocó en latas, mismas que ingresaron a la cámara de fermentación hasta obtener las condiciones que la masa requiere para ser cocida (temperatura y humedad de la cámara, constante en el sitio de estudio). El tiempo en horas de fermentación estuvo determinado por la cantidad de levadura para cada tratamiento.

Horneo.- una vez finalizado el tiempo de fermentación, y cuando la masa tenía el volumen óptimo para el horneado, el producto ingresó al horno durante 20 minutos y a una temperatura de 180° C.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 TIEMPOS DE FERMENTACIÓN.

Valores de Tiempos de Fermentación.

Cuadro 3. Valores de la variable tiempos de fermentación en la masa de pan.

N°	TRATAMIENTOS CODIGO	REPETICIONES			Σ	
		I	II	III		
t ₁	A ₁ B ₁ C ₁	15,15	15,25	15,50	45,9	15,30
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂	15,11	15,33	15,20	45,64	15,21
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁	16,15	15,83	15,80	47,78	15,93
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂	16,58	16,35	16,00	48,93	16,31
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	13,41	13,41	13,16	39,98	13,33
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂	13,78	13,58	13,91	41,27	13,76
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁	14,30	14,89	14,41	43,6	14,53
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂	14,36	14,25	14,08	42,69	14,23
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	12,20	12,38	12,00	36,58	12,19
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	12,21	12,41	12,25	36,87	12,29
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁	13,78	13,58	13,86	41,22	13,74
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂	13,15	13,56	13,30	40,01	13,34
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁	11,66	11,38	12,00	35,04	11,68
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂	12,41	12,20	12,33	36,94	12,31
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	12,83	12,74	12,63	38,2	12,73
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂	12,78	12,91	12,86	38,55	12,85
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	10,33	10,41	10,16	30,9	10,30
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	10,41	10,83	10,50	31,74	10,58
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁	11,15	11,53	11,50	34,18	11,39
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂	11,50	11,49	11,60	34,59	11,53
	Σ	267,25	264,31	263,05	790,61	263,54 13,18

Cuadro 4. Análisis Estadístico de Varianza de los tiempos de fermentación.

Fuentes de Variación	G.L	S.C	C.M	F. C	0,05 %	0,01 %
Total	59	168,28				
Bloques	2	0,05	0,023	0,66 ^{ns}	3,24	5,21
Tratamientos	19	166,92	8,79	253,60 **	1,87	2,42
Factor .A.	4	150,83	37,71	1088,49 **	2,65	3,97
Lineal	1	146,28	146,28	4222,56 **	4,15	7,49
Cuadrática	1	1,12	1,12	32,20 **	4,15	7,49
Cúbica	1	3,08	3,08	88,86 **	4,15	7,49
Cuartita	1	0,36	0,36	10,33 **	4,15	7,49
Factor .B.	1	13,91	13,91	401,55 **	4,15	7,49
Lineal	1	13,91	13,91	401,55 **	4,15	7,49
AxB	4	0,51	0,13	3,65 *	2,65	3,97
Factor .C	1	0,247	0,25	7,13 *	4,15	7,49
Lineal	1	0,247	0,25	7,13 *	4,15	7,49
AxC	4	0,45	0,11	3,27 *	2,65	3,97
BxC	1	0,30	0,30	8,77 **	4,15	7,49
AxBxC	4	0,67	0,17	4,82 **	2,65	3,97
Error	38	1,32	0,035			

CV = 1,41%

\bar{X} = 13.2

NS = No significativo

* = Significativo 5%

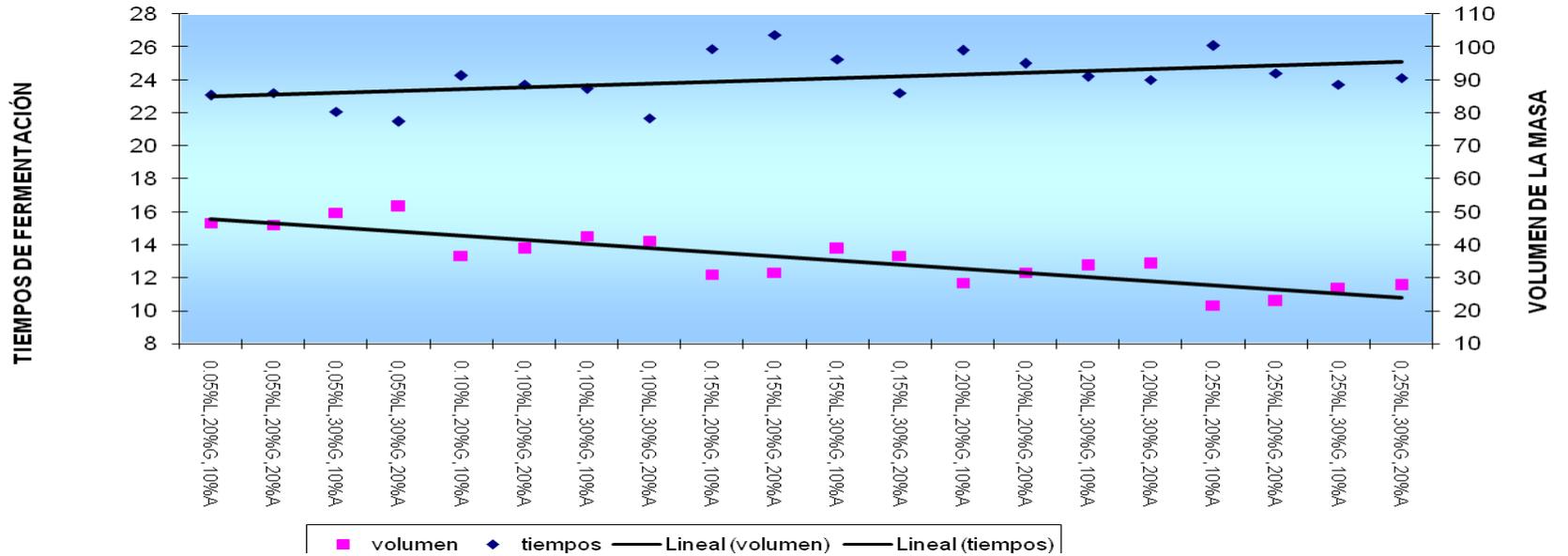
** = Altamente Significativo 1%

CV = Coeficiente de variación

\bar{X} = Media

El análisis de varianza realizado para la variable tiempos de fermentación (cuadro.4) muestra diferencias altamente significativas para tratamientos, los factores A y B, las interacciones BxC y AxBxC, mientras que para el factor C, las interacciones AxB, AxC existe diferencia significativa, lo que indica que los porcentajes de levadura, gasa y azúcar influyen en el tiempo de fermentación

Gáfico 1. Comparativo entre tiempos de fermentación y volumen de la masa.



% L= porcentaje de levadura

% G= porcentaje de gasa

% A= porcentaje de azúcar

El gráfico 1 presenta la relación entre tiempos de fermentación y volumen de la masa, donde se observa que a menor porcentaje de levadura mayor es el tiempo de fermentación y el volumen de la masa es bajo, y cuando el porcentaje de levadura en la masa se aumenta el tiempo de fermentación se reduce, y el volumen aumenta

4.2 VOLUMEN DE LA MASA

4.2.1 Valores de Volumen.

Cuadro 5. Valores del volumen de la masa.

TRATAMIENTOS		REPETICIONES			Σ	\bar{x}
Nº	CODIGO	I	II	III		
t ₁	A ₁ B ₁ C ₁	88	85	83	256	85,33
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂	90	84	84	258	86,00
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁	77	82	82	241	80,33
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂	80	75	77	232	77,33
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	90	92	92	274	91,33
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂	90	86	90	266	88,67
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁	88	82	92	262	87,33
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂	80	79	76	235	78,33
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	102	98	98	298	99,33
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	102	104	105	311	103,67
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁	95	97	97	289	96,33
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂	85	88	85	258	86,00
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁	100	99	98	297	99,00
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂	94	93	98	285	95,00
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	88	95	90	273	91,00
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂	90	87	93	270	90,00
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	104	97	100	301	100,33
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	90	92	94	276	92,00
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁	86	90	90	266	88,67
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂	90	92	90	272	90,6
Σ		1809	1797	1814	5420	
\bar{x}					90,33	

Cuadro 6. Análisis Estadístico de Varianza para la variable volumen de la masa.

Fuentes de Variación	G.L	S.C	C.M	Fcal	0,05%	0,01%
Total	59	3227,33				
Bloques	2	7,63	3,817	0,56 ^{ns}	3,24	5,21
Tratamientos	19	2958,67	155,72	22,67 **	1,87	2,42
Factor .A.	4	1620,33	405,08	58,97 **	2,65	3,97
Lineal	1	986,13	986,13	143,56**	4,15	7,49
Cuadrática	1	433,93	433,93	63,17 **	4,15	7,49
Cúbica	1	19,20	19,20	2,80 ^{ns}	4,15	7,49
Cuartica	1	181,07	181,07	26,36 **	4,15	7,49
Factor .B.	1	836,27	836,27	121,74**	4,15	7,49
Lineal	1	836,27	836,27	121,74**	4,15	7,49
AxB	4	31,73	7,93	1,15 ^{ns}	2,65	3,97
Factor .C	1	147,267	147,27	21,44 **	4,15	7,49
Lineal	1	147,267	147,27	21,44 **	4,15	7,49
AxC	4	34,73	8,68	1,26 ^{ns}	2,65	3,97
BxC	1	19,27	19,27	2,80 ^{ns}	4,15	7,49
AxBxC	4	269,07	67,27	9,79 **	2,65	3,97
Error	38	261,03	6,869			

CV =2,90%

 $\bar{X} = 90,3$

El análisis estadístico realizado para la variable volumen de la masa con un coeficiente de variación de 2,90 % (cuadro 6) muestra que no existe diferencia significativa para bloques, las interacciones AxB, AxC y BxC mientras que para los tratamientos, el factor A, factor B y factor C la interacción AxBxC, existen diferencias altamente significativas. Para definir de mejor manera estos resultados se realizó la prueba de Tukey para tratamientos, polinomios ortogonales y DMS para los factores A, B y C así como para las interacciones AxB, AxC, BxC y AxBxC.

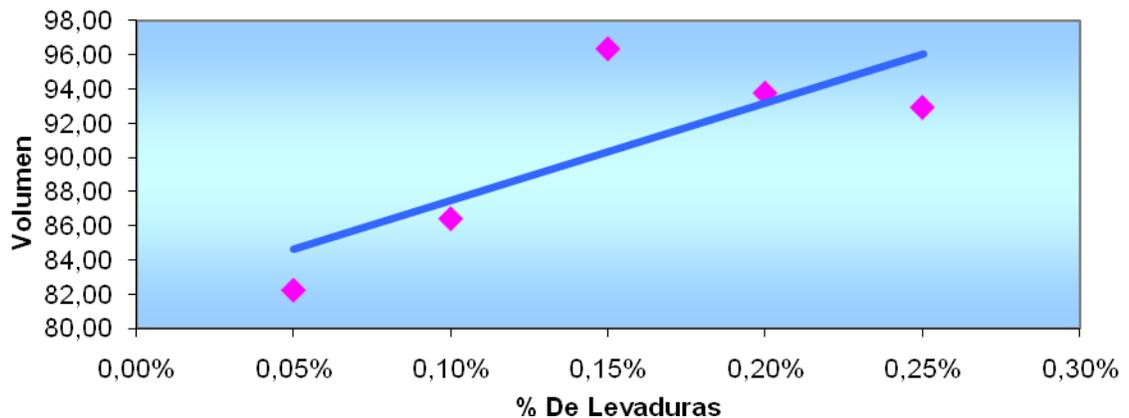
Cuadro 7. Prueba de Tukey (5%) para la variable volumen de la masa registrado en los tratamientos.

Tratamientos	Medias	Rangos
T10	103,67	A
T17	100,33	A
T9	99,33	A
T13	99,00	A
T11	96,33	A
T14	95,00	A
T18	92,00	A
T5	91,33	A
T15	91,00	A
T20	90,67	B
T16	90,00	B
T6	88,67	B
T19	88,67	B
T7	87,33	B
T2	86,00	B
T12	86,00	B
T1	85,33	B
T3	80,33	B
T8	78,33	C
T4	77,33	C

Al realizar la prueba de Tukey (5%) se pudo observar que el volumen de la masa varia entre los diferentes tratamientos de este modo se obtuvieron tres rangos (cuadro 7) primer rango (A) **T10** 103,67 cc, **T17** 103,33 cc, **T9** 99,33 cc. **T13** 99cc. **T11** 96,33 cc. **T14** 95cc. **T18** 92 cc, **T5** 91,33cc. **T15** 91cc. En el segundo rango (B) se ubican **T20** 90,67 cc **T16** 90cc. **T6** 88,67 cc, **T19** 88,67 cc **T7** 87,33 cc, **T2** 86cc, **T12** 86cc. **T1** 85,33 cc, **T3** 80,33 cc. En el tercer rango (C) se ubican los tratamientos **T8** 78,33 cc, **T4** 77,33 cc.

Basados en estos datos se puede decir que los mejores tratamientos son los que se encuentran ubicados dentro del primer rango A estos tratamientos obtuvieron un alto volumen al final de la etapa de fermentación. Edmund. B. Bennion (1971), acerca del volumen de la masa menciona que es fácil reconocer el mal aspecto que presenta un pan que no ha alcanzado el volumen adecuado, no solo afecta al aspecto y la forma, sino también, y en mayor grado, a la estructura, la miga y el color. Cuando el volumen es pequeño, el aspecto general de la pieza es amazacotado, la corteza descolorida, y la miga es áspera presentando frecuentemente porosidades.

Gáfico 2. Polinomio Ortogonal de tendencia lineal para el factor A



Del gráfico 2 se deduce que la mejor línea de ajuste para el factor A es la tendencia lineal, lo que indica que los niveles de levadura evaluados en esta investigación pueden llegar en los tiempos ya determinados a alcanzar el volumen de la masa adecuado para la cocción.

Para determinar cuales fueron los mejores niveles de levadura que mejor volumen obtuvieron se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS)

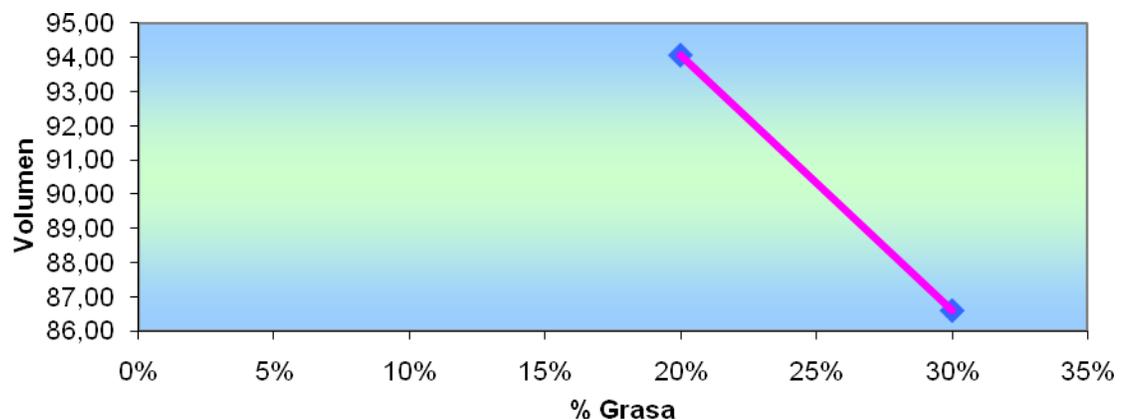
El valor DMS para el factor A (porcentaje de levaduras) fue 8,67 dando como resultado los rangos detallados en el cuadro 8.

Cuadro 8. Rangos de DMS para el factor A

Porcentaje de levaduras	Medias	Rangos
A3	96,33	A
A4	93,75	A
A5	92,92	A
A2	86,42	A
A1	82,25	B

Efectuada la prueba DMS se determinó que existen dos rangos el rango A donde se encuentra los niveles A3, A4, A5 y A2 siendo estos los que alcanzaron un mayor volumen y en el segundo rango B se encuentra el nivel A1 el cual no alcanzó el volumen adecuado para la cocción dando como resultado un producto final de menor tamaño en relación al resto de niveles.

Gáfico 3. Polinomio Ortogonal de tendencia lineal para el factor B



Del gráfico 3 se dedujo que la mejor línea de ajuste entre el factor B (porcentaje de gasa) y el volumen es la tendencia lineal inversa ya que a mayor porcentaje de gasa menor es el volumen debido en gran parte a que el elevado contenido de gasa produce que las levaduras no se desarrollen correctamente, y la masa se vuelve muy pesada y no se produce la incorporación de gas de manera adecuada reduciendo el crecimiento de la masa, lo contrario ocurre al ser menor el porcentaje de gasa en la masa, se produce mejor incorporación de gas, buen desarrollo de las levaduras y por ende un mejor volumen.

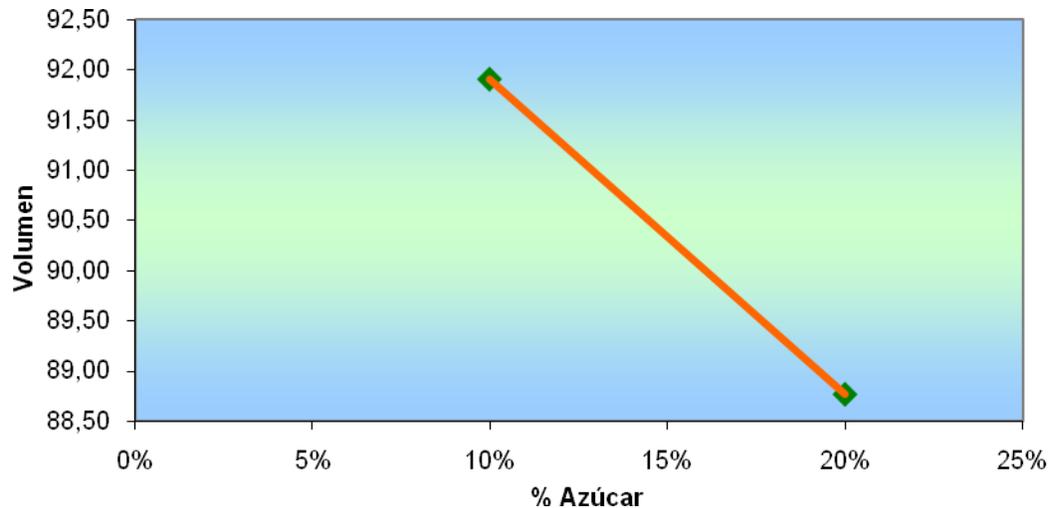
A fin de profundizar en el estudio de esta variable se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) para el factor B (porcentaje de gasa) el valor DMS fue 6,13 dando origen a los resultados que se detallan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Rangos de DMS para el factor B

Porcentaje de gasa	Medias	Rangos
B1	94,07	A
B2	86,60	B

Realizada la prueba DMS se llegó a determinar dos rangos siendo el mejor el rango A que corresponde a B1 20% de gasa que es el porcentaje con el cual se obtuvo el mejor crecimiento de la masa, y en segundo rango B se encuentra B2 30% de gasa que muestra que con este porcentaje no se produjo un crecimiento adecuado de la masa.

Gáfico 4. Polinomio Ortogonal de tendencia lineal para el factor C



Del gráfico 4 se dedujo que la mejor línea de ajuste entre el factor C y el volumen es la tendencia lineal inversa, lo que indica que cuando el porcentaje de azúcar aumenta el volumen decrece.

Con el fin de determinar los datos obtenidos se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) para el factor C (porcentaje de azúcar)

El valor DMS fue 6,13 dando como resultado los datos que se detallan en el cuadro 10

Cuadro 10. Rangos de DMS para el factor C

Porcentaje de azúcar	Medias	Rangos
C1	91,90	A
C2	88,77	A

Después de realizada la prueba DMS cuadro 10, se determinó que no existe diferencias significativas para el factor C (porcentaje de azúcar) ya que presentan un solo rango A, lo que estadísticamente representa que el volumen de la masa no varia con relación al porcentaje de azúcar.

4.2 pH

4.3.1 Valores de pH

Cuadro 11. Valores de pH de la masa de pan.

TRATAMIENTO S		REPETICIONES			Σ	\bar{x}
Nº	CODIGO	I	II	III		
T ₁	A ₁ B ₁ C ₁	5,79	5,75	5,65	17,19	5,73
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂	5,88	5,78	5,78	17,44	5,81
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁	5,76	5,83	5,76	17,35	5,78
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂	5,75	5,69	5,69	17,13	5,71
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	5,87	5,97	5,80	17,64	5,88
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂	5,94	5,96	5,92	17,82	5,94
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁	5,90	5,85	5,89	17,64	5,88
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂	5,71	5,75	5,80	17,26	5,75
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	5,78	5,83	5,86	17,47	5,82
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	6,01	5,86	5,90	17,77	5,92
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁	5,87	5,83	5,78	17,48	5,83
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂	5,97	5,97	5,88	17,82	5,94
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁	6,00	6,00	5,97	17,97	5,99
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂	5,75	5,80	5,80	17,35	5,78
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	5,90	5,89	5,89	17,68	5,89
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂	6,07	6,08	5,95	18,10	6,03
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	5,95	6,07	5,99	18,01	6,00
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	5,92	5,87	5,90	17,69	5,90
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁	5,82	5,82	5,90	17,54	5,85
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂	5,91	5,93	5,88	17,72	5,91
Σ		117,55	117,53	116,99	352,07	
\bar{x}					5,87	

Cuadro 12. Análisis Estadístico de Varianza de pH.

Fuentes de Variación	G.L	S.C	C.M	Fcal	0,05%	0,01%
Total	59	0,56				
Bloques	2	0,01	0,005	2,25 ^{ns}	3,24	5,21
Tratamientos	19	0,47	0,02	10,95 **	1,87	2,42
Factor .A.	4	0,21	0,05	23,07 **	2,65	3,97
Lineal	1	0,16	0,16	73,12 **	4,15	7,49
Cuadrática	1	0,03	0,03	15,26 **	4,15	7,49
Cúbica	1	0,00	0,00	0,51 ^{ns}	4,15	7,49
Cuartica	1	0,01	0,01	3,39 ^{ns}	4,15	7,49
Factor .B.	1	0,01	0,01	2,94 ^{ns}	4,15	7,49
AxB	4	0,06	0,01	6,17 **	2,65	3,97
Factor .C	1	0,000	0,00	0,13 ^{ns}	4,15	7,49
AxC	4	0,04	0,01	4,70 **	2,65	3,97
BxC	1	0,01	0,01	2,24 ^{ns}	4,15	7,49
AxBxC	4	0,15	0,04	16,76 **	2,65	3,97
Error	38	0,09	0,002			

CV = 0,81%

 $\bar{X} = 5,9$

Realizado el análisis de varianza para la variable pH final de la masa con un coeficiente de variación de 0,81% (cuadro 12) se observó que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, Factor A, interacciones AxB, AxC y AxBxC mientras que los Factores B y C y la interacción BxC son no significativos. Razón por la cual se realizó la prueba de Tukey para tratamientos y para el Factor A polinomios ortogonales y DMS.

Cuadro 13. Prueba de Tukey (5%) para la variable pH registrado en los tratamientos

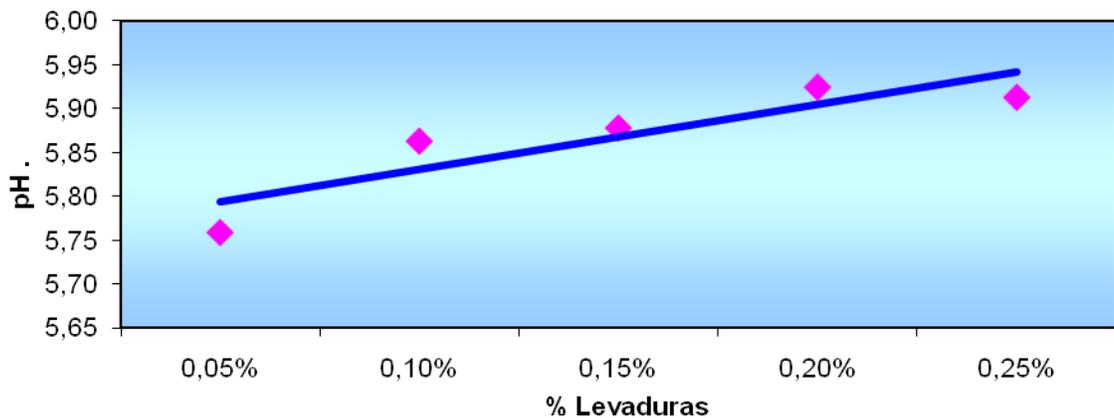
Tratamientos	Medias	Rangos
T16	6,03	A
T17	6,00	A
T13	5,99	A
T6	5,94	A
T12	5,94	A
T10	5,92	A
T20	5,91	A
T18	5,90	A
T15	5,89	A
T5	5,88	A
T7	5,88	A
T19	5,85	A
T11	5,83	A
T9	5,82	A
T2	5,81	A
T3	5,78	B
T14	5,78	B
T8	5,75	B
T1	5,73	B
T4	5,71	B

Al realizar la prueba de Tukey (5%) se pudo observar dos rangos (cuadro 13) ; en el primer rango (A) se ubican los mejores tratamientos que son; **T16** pH final 6,033, **T17** pH final 6,00, **T13** pH final 5,990, **T6** pH final 5,94, **T12** pH final 5,94, **T10** pH final 5,92, **T20** pH final 5,91, **T18** pH final 5,90 **T15** 5,897, **T5** pH final 5,88, **T7** pH final 5,88, **T19** pH final 5,85, **T11** pH final 5,83, **T9** pH final 5,82, **T2** pH final 5,81. En el segundo rango (B) se encuentran ubicados los tratamientos **T3** pH final de 5,78, **T14** pH final 5,78. **T8** pH final 5,75 **T1** pH final 5,73 **T4** pH final 5,71.

Los valores finales de pH registrados en los mejores tratamientos, que están en un rango de 5,81 a 6,03 indican que al final de la etapa de fermentación se logó alcanzar

un nivel de pH apropiado. Que por regla general se ajusta entre 5,8 y 6,2 el mismo que favorece la maduración del gluten y aumenta su elasticidad, ya que al ser demasiado provocaría que se pase la masa y que adquiriera un sabor ácido. Edmund. B. Bennion (1971)

Gáfico 5. Polinomio ortogonal de tendencia lineal Factor A



Del gráfico 5 se deduce que la mejor línea de ajuste para el factor A es la tendencia lineal, lo cual indica que es directamente proporcional ya que a mayor porcentaje de levadura mayor desarrollo de pH, de lo cual se puede decir que los mejores niveles de levadura son los que mayor porcentaje tienen ya que alcanzaron el pH normal al cual debe llegar la masa antes de ser cocida.

Con el fin de determinar que niveles de levadura fueron los que mejor desarrollo de pH obtuvieron se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

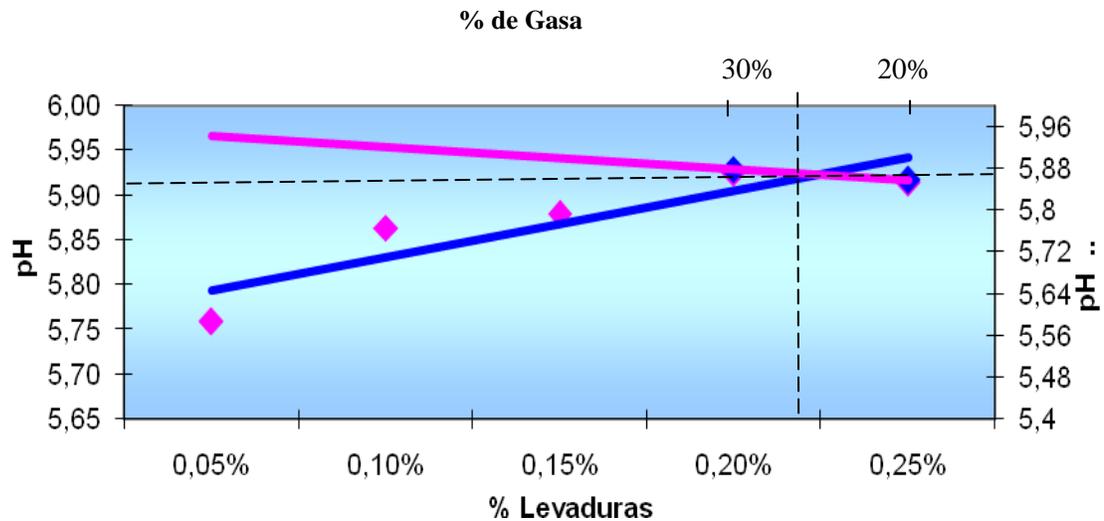
El valor DMS para el Factor A (porcentaje de levaduras) fue 0,16 dando como resultado los rangos siguientes. Cuadro 14.

Cuadro 14. Rangos de DMS para el Factor A

Porcentaje de Levaduras	Medias	Rangos
A4 0,20 %	5,93	A
A5 0,25 %	5,91	A
A3 0,15%	5,88	A
A2 0,10%	5,86	A
A1 0,05%	5,76	B

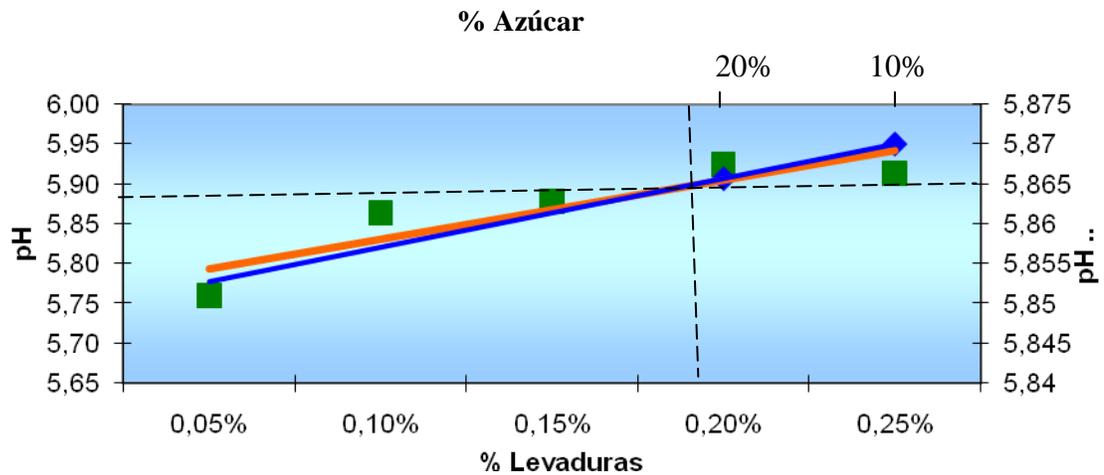
Luego de realizar la prueba DMS se determinó que existen dos rangos, en el rango A se ubican los niveles A4, A5, A3, A2 con medias de 5,93, 5,91, 5,88, 5,86 respectivamente, y en el rango B el nivel A1 con una media de 5,76, siendo el rango A el mejor.

Gáfico 6. Polinomio ortogonal de la interacción AxB



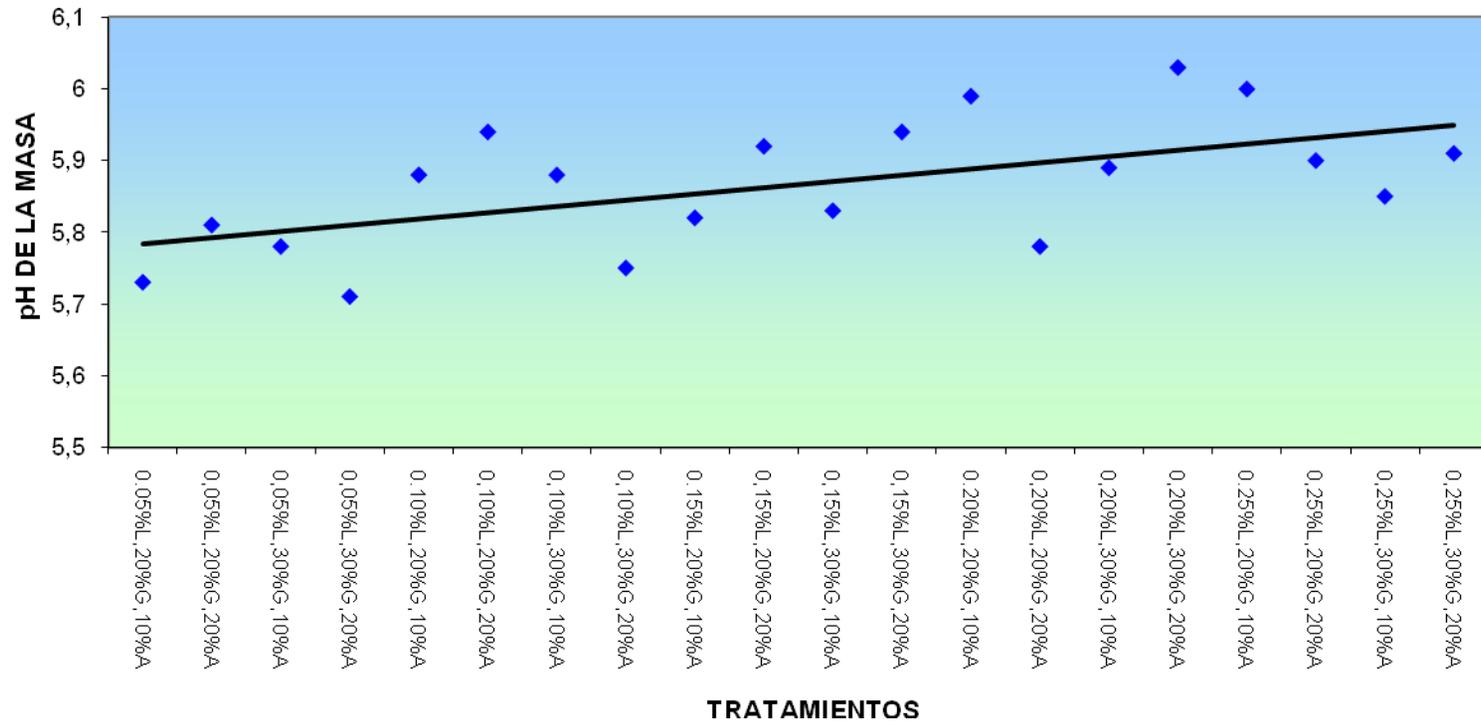
Del gráfico 6 se dedujo que la tendencia del factor A (porcentaje de levadura) con la tendencia del factor B (porcentaje de gasa) se cruzan determinando que existe interacción entre estos dos factores y que entre 20% y 30% de gasa y el 0,20% y 0,25% de levadura se presenta un pH entre 5,8 y 5,95 que está dentro del pH óptimo para la masa.

Gáfico 7. Polinomio ortogonal de la interacción AxC



Del gráfico 7 se dedujo que la tendencia del factor A (porcentaje de levadura) con la tendencia del factor C (porcentaje de azúcar) se cruzan determinando que existe interacción entre estos dos factores y que entre 10% y 20% de azúcar y el 0,20% y 0,25% de levadura se presenta un pH entre 5,85 y 5,90 que está dentro del pH óptimo para la masa, debido a que el azúcar influye favorablemente sobre el pH de la masa.

Gáfico 8. Interacción AxBxC para la variable pH de la masa



Del gráfico 8 se dedujo que la variación de pH existente entre tratamientos es mínima y se encuentra entre 5,7 y 6,2 pH considerado como óptimo para la obtención del pan.

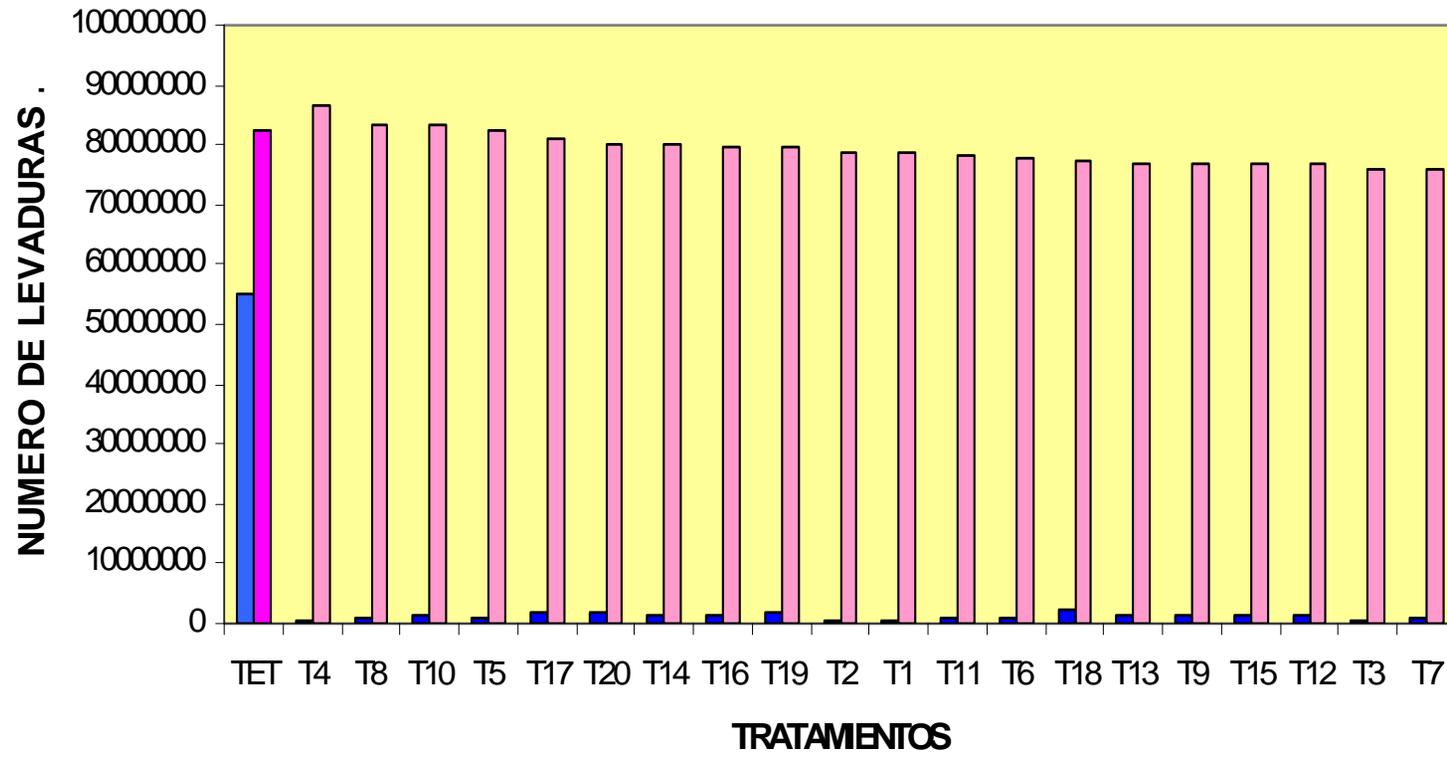
4.4 RECUESTO DE LEVADURAS

4.4.1 Valores de Recuento de Levaduras

Cuadro 15. Valores de recuento de número de levaduras (ufc/g).

Descripción	Número de levaduras iniciales	Número de levaduras finales
TET t	55000000	82500000
t ₄	450000	86400000
t ₈	870000	83520000
t ₁₀	1300000	83200000
t ₅	860000	82560000
t ₁₇	1900000	80800000
t ₂₀	2000000	80000000
t ₁₄	1500000	80000000
t ₁₆	1600000	79800000
t ₁₉	1900000	79608000
t ₂	410000	78720000
t ₁	440000	78480000
t ₁₁	1100000	78400000
t ₆	810000	77760000
t ₁₈	2100000	77200000
t ₁₃	1600000	76800000
t ₉	1200000	76800000
t ₁₅	1600000	76800000
t ₁₂	1200000	76800000
t ₃	470000	76024000
t ₇	790000	75840000

Gáfico 9. Recuento del número de levaduras para los tratamientos y un testigo



El gráfico 9 muestra el crecimiento de levaduras a partir de la población inicial fijada por la cantidad en gamos adicionada a la masa en la etapa de amasado, y población final obtenida al término de la etapa de fermentación, para lograr observar el comportamiento de las levaduras con un porcentaje normal del 3% se creó la necesidad de comparar con un testigo, con un tiempo de fermentación normal de una hora, cabe señalar que la mayoría de tratamientos llegaron a obtener una población final similar entre sí, tomando en cuenta que las levaduras son microorganismos susceptibles que dependen de condiciones óptimas para su desarrollo se considera razonable que exista una variación en el número final de levaduras.

4.5 VOLUMEN DEL PAN

4.5.1 Valores del Volumen del Pan.

Cuadro 16. Datos obtenidos para la variable volumen del pan

TRATAMIENTOS		REPETICIONES			Σ	\bar{x}
Nº	CODIGO	I	II	III		
t ₁	A ₁ B ₁ C ₁	160	160	175	495	165,00
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂	170	175	180	525	175,00
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁	165	175	165	505	168,33
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂	170	170	160	500	166,67
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	200	180	200	580	193,33
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂	170	180	170	520	173,33
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁	170	190	195	555	185,00
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂	175	165	175	515	171,67
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	205	205	200	610	203,33
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	200	210	205	615	205,00
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁	180	160	170	510	170,00
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂	170	170	180	520	173,33
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁	175	180	180	535	178,33
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂	190	170	170	530	176,67
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	210	200	200	610	203,33
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂	165	185	185	535	178,33
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	190	200	200	590	196,67
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	210	200	190	600	200,00
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁	180	180	180	540	180,00
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂	185	180	180	545	181,67
Σ		3640	3635	3660	10935	
\bar{x}					182,25	

Cuadro 17. Análisis de Varianza (ADEVA) para la variable volumen del pan.

Fuentes de Variación	G.L	S.C	C.M	Fcal	F.tab	
					F5%	F1%
Total	59	12321,25				
Bloques	2	17,50	8,750	0,14 ^{ns}	3,24	5,21
Tratamientos	19	10004,58	526,56	8,70**	1,87	2,42
Factor A	4	3285,83	821,46	13,58**	2,65	3,97
Lineal	1	2430,00	2430,00	40,16**	4,15	7,49
Cuadrática	1	500,60	500,60	8,27**	4,15	7,49
Cúbica	1	240,83	240,83	3,98 ^{ns}	4,15	7,49
Cuártica	1	114,40	114,40	1,89 ^{ns}	4,15	7,49
Factor .B.	1	1170,42	1170,42	19,34**	4,15	7,49
Lineal	1	1170,42	1170,42	19,34**	4,15	7,49
AxB	4	3544,17	886,04	14,64**	2,65	3,97
Factor .C	1	260,417	260,42	4,30*	4,15	7,49
Lineal	1	260,417	260,42	4,30*	4,15	7,49
AxC	4	1195,83	298,96	4,94**	2,65	3,97
BxC	1	120,42	120,42	1,99 ^{ns}	4,15	7,49
AxBxC	4	427,50	106,88	1,77 ^{ns}	2,65	3,97
Error	38	2299,17	60,504			

Cv = 4,27%

 $\bar{X} = 182,3$

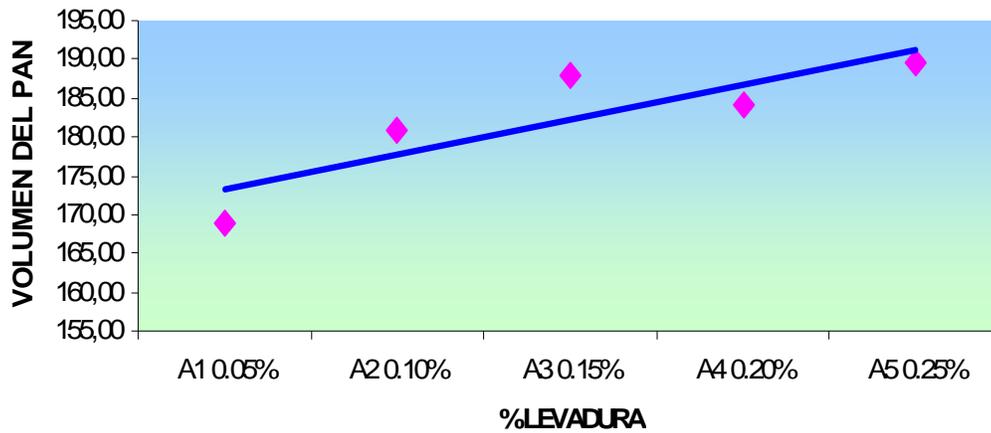
Realizado el análisis de varianza que corresponde a la variable volumen del pan con un coeficiente de variación de 4,27% (cuadro 17) se observó que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, Factor A y B, las interacciones AxB y AxC, mientras que el Factor C es significativo, y no significativo para, bloques, BxC y AxBxC. Razón por la cual se realizó la prueba de Tukey para tratamientos y para el Factor A y B polinomios ortogonales y DMS.

Cuadro 18. Prueba de Tukey (5%) para la variable volumen del pan, registrado en los tratamientos.

Tratamientos	Medias	Rangos
T10	205,00	A
T9	203,33	A
T15	203,33	A
T18	200,00	A
T17	196,67	A
T5	193,33	A
T7	185,00	A
T20	181,67	A
T19	180,00	B
T13	178,33	B
T16	178,33	B
T14	176,67	B
T2	175,00	B
T6	173,33	B
T12	173,33	B
T8	171,67	B
T11	170,00	C
T3	168,33	C
T4	166,67	C
T1	165,00	C

Al realizar la prueba de Tukey (5%) se pudo observar tres rangos (cuadro 18); en el primer rango (A) se ubican los mejores tratamientos que son; **T10** 205 cc, **T9** 203,33 cc, **T15** 203,33 cc, **T18** 200 cc, **T17** 196,67 cc, **T5** 193,33 cc, **T7** 185 cc, **T20** 181,67 cc. En el segundo rango (B) se encuentran ubicados los tratamientos; **T19** 180 cc, **T13** 178 cc, **T16** 178,33 cc, **T14** 176,67 cc, **T2** 175 cc, **T6** 173,33cc, **T12** 173,33 cc, **T8** 171,67cc. En el tercer rango (C) se ubican los tratamientos; **T11** 170cc, **T3** 168,33cc, **T4** 166,67cc, **T1** 165cc.

Gáfico 10. Polinomio ortogonal de tendencia lineal Factor A



Del gráfico 10 se dedujo que la mejor línea de ajuste para el factor A es la tendencia lineal, lo cual indica que es directamente proporcional ya que a mayor porcentaje de levadura existe un mejor desarrollo de la masa en el horno dando mayor volumen del pan.

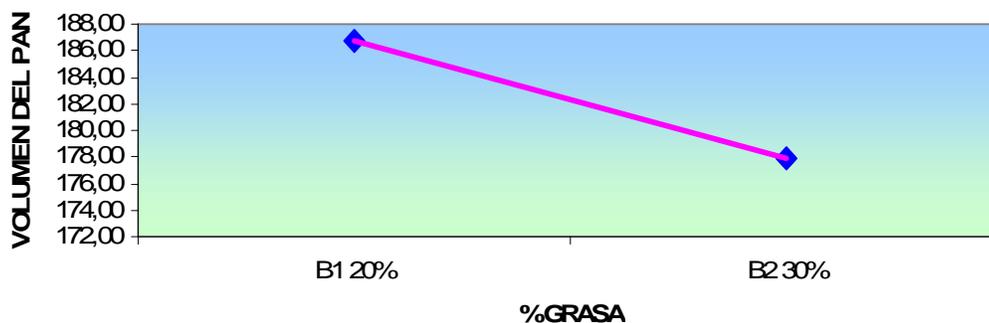
Con el fin de determinar que niveles de levadura fueron los que mejor volumen del pan obtuvieron se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

El valor DMS para el factor A (porcentaje de levadura) fue 25,72 dando como resultado los rangos siguientes, cuadro 19.

Cuadro 19. Rangos de DMS para el Factor A

Porcentaje de levadura	Media	Rangos
A5 0.25%	189,58	A
A3 0.15%	187,92	A
A4 0.20%	184,17	A
A2 0.10%	180,83	A
A1 0.05%	168,75	A

Luego de realizar la prueba DMS se determinó que existe un solo rango A, lo que indica que la diferencia de volumen encontrada entre tratamientos no implica una disminución significativa en el tamaño del pan.

Gáfico 11. Polinomio ortogonal de tendencia lineal Factor B

Del gráfico 11 se dedujo que la mejor línea de ajuste para el factor B (porcentaje de grasa) es la tendencia lineal inversa el cual muestra que con el 30% de grasa el volumen del pan es menor debido a que el elevado contenido de grasa no permite el desarrollo de la masa obteniendo un pan con bajo volumen.

Para determinar que porcentaje de grasa es el más adecuado para ser utilizado se realizó el análisis de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

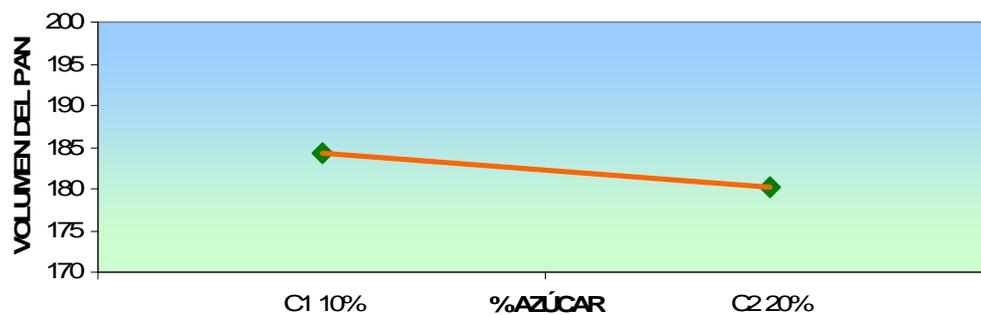
El valor DMS para el factor B (porcentaje de gasa) fue 18,20 dando como resultado los siguientes rangos, cuadro 20.

Cuadro 20. Rangos de DMS para el Factor B

Porcentaje de Gasa	Media	Rango
B1 20%	186,67	A
B2 30%	177,83	A

Observando los resultados de la prueba de DMS se pudo diferenciar un solo rango A que indica que estadísticamente son iguales, pero al observar la calidad del pan luego del horneado muestra que el 30% de gasa si influye en el volumen del pan obteniendo panes mas pequeños.

Gáfico 12. Polinomio ortogonal de tendencia lineal Factor C



Según el gráfico 12 se dedujo que la mejor línea de ajuste para el factor C (porcentaje de azúcar) es la tendencia lineal, la que indica que el porcentaje de azúcar no influye en mayor grado al volumen del pan de este modo con 10% de azúcar tenemos 184,33cc y con una concentración de 20% un volumen del pan de 180,17cc siendo mínima la diferencia que se puede apreciar, cabe indicar que si bien el porcentaje de azúcar no influye al crecimiento del pan es la que le proporciona el sabor característico diferenciando el pan de dulce con el de sal.

Para analizar de mejor manera los resultados obtenidos se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

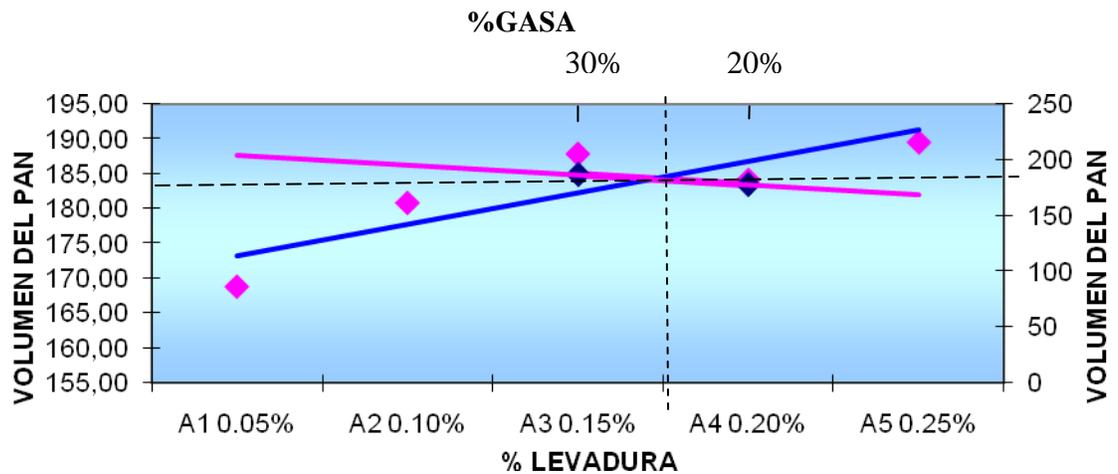
El valor DMS para el factor C (porcentaje de azúcar) fue 18,20 dando como resultado los valores detallados en el cuadro 21.

Cuadro 21. Rangos de DMS para el Factor C

Porcentaje de Azúcar	Medias	Rangos
C1 10%	184,33	A
C2 20%	180.17	A

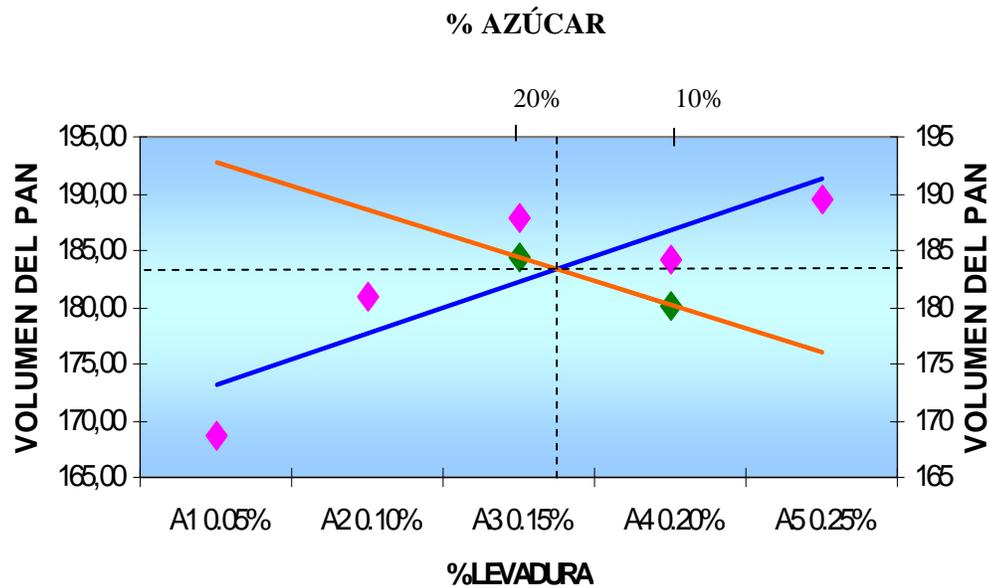
La presencia de un solo rango A muestra que el porcentaje de azúcar que contenga la masa no constituye un factor que influya directamente con el volumen del pan, así se puede decir que el porcentaje de azúcar en la masa solo le brinda el sabor característico al pan.

Gáfico 13. Polinomio Ortogonal de la interacción AxB



Según el gráfico 13 se dedujo que la tendencia del factor A (porcentaje de levadura) con la tendencia del factor B (porcentaje de gasa) se cruzan determinando que existe interacción entre estos dos factores y que entre 20% y 30% de gasa y el 0,10% y 0,15% de levadura se presenta un volumen entre 175 y 185 cc,

Gáfico 14. Polinomio Ortogonal de la interacción AxC



De acuerdo al gráfico 14 se dedujo que la tendencia del factor A (porcentaje de levadura) con la tendencia del factor C (porcentaje de azúcar) se cruzan determinando que existe interacción entre estos dos factores, basado en esto se puede decir que el porcentaje de levadura que está entre 0,15% y 0,20% junto al porcentaje de azúcar que está entre 10% y 20% no influye en la masa así se puede observar un volumen del pan en común.

4.6 PESO DEL PAN

4.6.1 Valores del pan

Cuadro 22. Datos de la variable peso del pan

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
N°	CODIGO	I	II	III	Σ	\bar{x}
t ₁	A ₁ B ₁ C ₁	35	35	35	105	35,00
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂	34	35	34	103	34,33
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁	35	34	36	105	35,00
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂	36	35	35	106	35,33
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	34	34	34	102	34,00
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂	35	36	35	106	35,33
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁	35	36	36	107	35,67
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂	35	35	36	106	35,33
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	35	35	34	104	34,67
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	34	34	35	103	34,33
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁	36	35	35	106	35,33
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂	35	36	37	108	36,00
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁	34	34	35	103	34,33
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂	34	34	34	102	34,00
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	35	35	35	105	35,00
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂	36	35	36	107	35,67
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	34	35	35	104	34,67
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	35	34	34	103	34,33
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁	36	37	36	109	36,33
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂	37	37	37	111	37,00
Σ		700	701	704	2105	
\bar{x}					35,08	

Cuadro 23. Análisis Estadístico de Varianza del peso del pan.

Fuentes de Variación	G.L	S.C	C.M	Fcal	0,05 %	0,01 %
Total	59	48,58				
Bloques	2	0,43	0,217	0,67 ^{ns}	3,24	5,21
Tratamientos	19	35,92	1,89	5,87**	1,87	2,42
Factor .A.	4	4,67	1,17	3,62*	2,65	3,97
Lineal	1	1,20	1,20	3,73 ^{ns}	4,15	7,49
Cuadrática	1	0,86	0,86	2,66 ^{ns}	4,15	7,49
Cúbica	1	2,13	2,13	6,63*	4,15	7,49
Cuartica	1	0,48	0,48	1,48 ^{ns}	4,15	7,49
Factor .B.	1	20,42	20,42	63,42**	4,15	7,49
Lineal	1	20,42	20,42	63,42**	4,15	7,49
AxB	4	4,67	1,17	3,62*	2,65	3,97
Factor .C	1	0,417	0,42	1,29 ^{ns}	4,15	7,49
AxC	4	0,67	0,17	0,52 ^{ns}	2,65	3,97
BxC	1	0,82	0,82	2,54 ^{ns}	4,15	7,49
AxBxC	4	4,27	1,07	3,31*	2,65	3,97
Error	38	12,23	0,322			

$Cv = 1,62 \%$

$\bar{x} = 35,1$

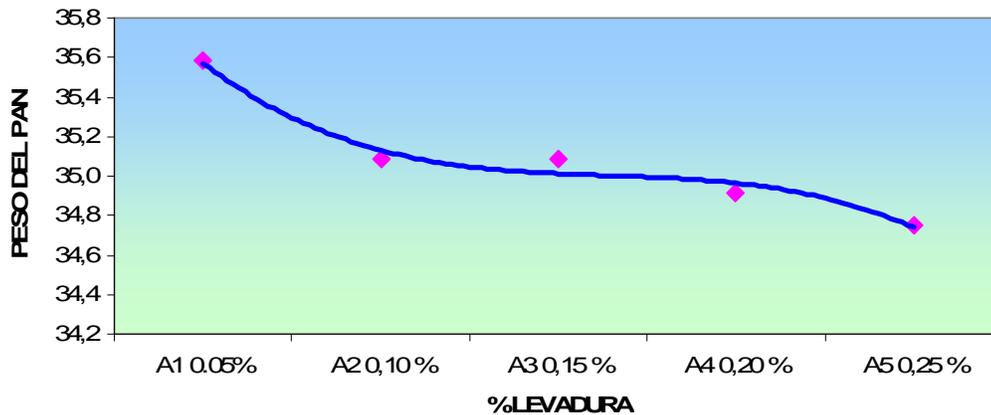
Realizado el análisis de varianza que corresponde a la variable peso del pan se observó que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, Factor B, y el factor A, las interacciones AxB y AxBxC son significativos, mientras que bloques, el factor C la interacción AxC y BxC son no significativos. Razón por la cual se realizó la prueba de Tukey para tratamientos y para el Factor A y B polinomios ortogonales y DMS.

Cuadro 24. Prueba de Tukey (5%) para la variable peso del pan registrado en los tratamientos.

Tratamientos	Medias	Rangos
T20	37,0	A
T19	36,3	A
T12	36,0	A
T7	35,7	A
T16	35,7	A
T4	35,3	A
T6	35,3	A
T8	35,3	A
T11	35,3	A
T1	35,0	A
T3	35,0	A
T15	35,0	A
T9	34,7	B
T17	34,7	B
T2	34,3	B
T10	34,3	B
T13	34,3	B
T18	34,3	B
T5	34,0	B
T14	34,0	B

Una vez realizada la prueba de Tukey (5%) para tratamientos se pudo apreciar dos rangos (cuadro 24) en el primer rango A se ubican los tratamientos: **T20** 37g, **T19** 36,3g, **T12** 36g, **T7** 35,7g, **T16** 35,7g, **T4** 35,3g, **T6** 35,3g, **T8** 35,3g, **T11** 35,3g, **T1** 35g, **T3** 35,0g, **T15** 35,0g. En el segundo rango B se ubican los tratamientos **T9** 34,7g, **T17** 34,7g, **T2** 34,3g, **T10** 34,3g, **T13** 34,3g, **T18** 34,3g, **T5** 34,0g, **T14** 34,0g.

Gáfico 15. Polinomio Ortogonal de tendencia cúbica para el Factor A



Al observar el gráfico 15 se observó que la mejor línea de ajuste para el factor A (porcentaje de levadura) es la tendencia cúbica la cual indica que cuando menor es el porcentaje de levadura mayor es el peso del pan, puesto que la cantidad de levadura influye en la incorporación de aire al pan haciendo de esta manera que el pan sea más ligero y se pueda observar la formación de la miga.

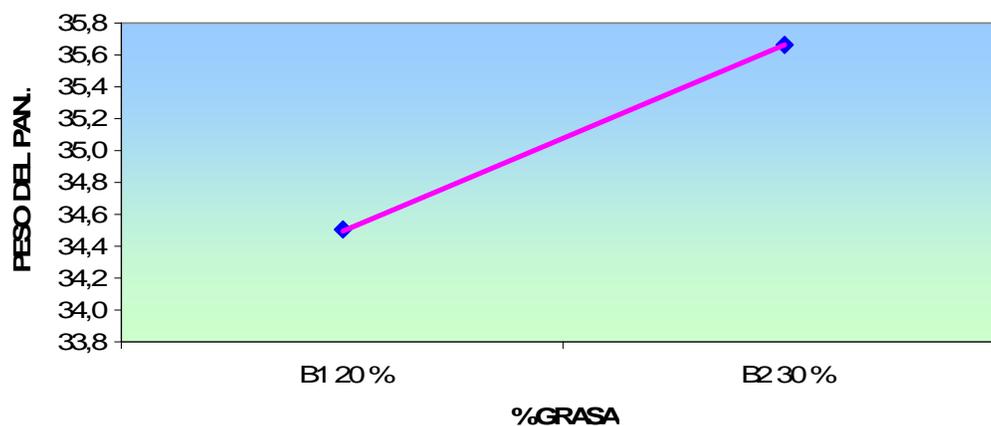
Luego de observar que existió diferencia significativa para el factor A (porcentaje de levadura), se realizó la prueba DMS, con el fin de determinar el peso del pan para cada porcentaje de levadura.

El valor DMS para el factor A (porcentaje de levadura) fue 1,88 dando como resultado los siguientes rangos. Cuadro 25.

Cuadro 25. Rangos de DMS para el Factor A

Porcentaje de levadura	Medias	Rangos
A5 0,25%	35,6	A
A2 0,10%	35,1	A
A3 0,15 %	35,1	A
A1 0,05 %	34,9	A
A4 0,20 %	34,8	A

Realizada la prueba DMS se terminó que existe un solo rango A el cual indica que los niveles de levadura, con respecto al peso del pan son estadísticamente iguales. Puesto que el peso del pan esta dado en la cantidad de agua que se evapora, en el horno.

Gáfico 16. Polinomio Ortogonal de tendencia lineal para el Factor B

El gráfico 16 muestra que la tendencia lineal del factor B (porcentaje de gasa) es directamente proporcional con respecto al peso del pan indicando así que mientras mayor gasa contiene el pan este es más pesado.

Para determinar el peso del pan para cada porcentaje de gasa se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

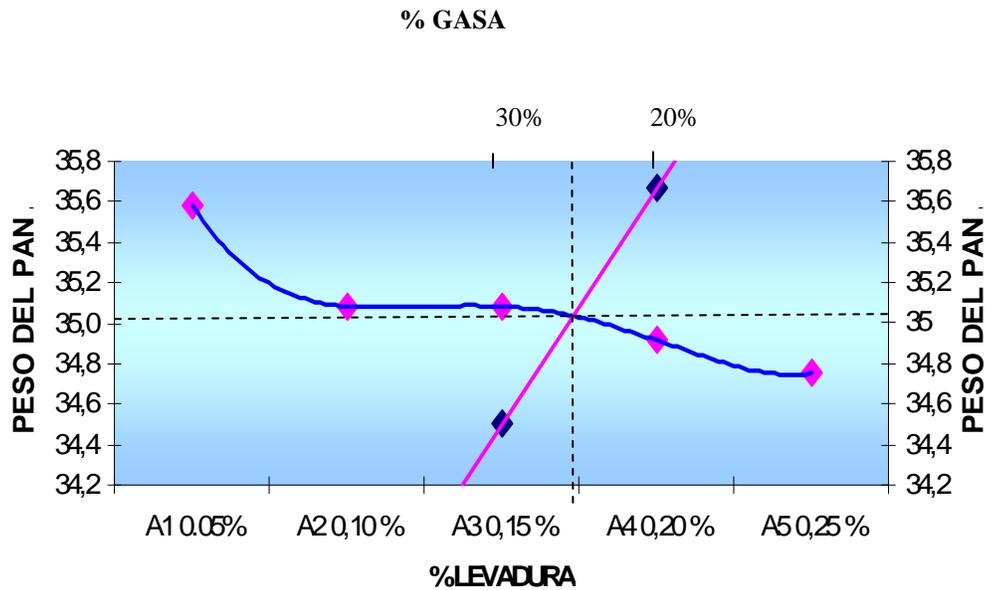
El valor DMS para el factor B (porcentaje de gasa) fue 1,33 dando como resultado los rangos detallados en el cuadro 26.

Cuadro 26. Rangos de DMS para el Factor B

Porcentaje de gasa	Medias	Rangos
B1 20 %	35	A
B2 30 %	35,2	A

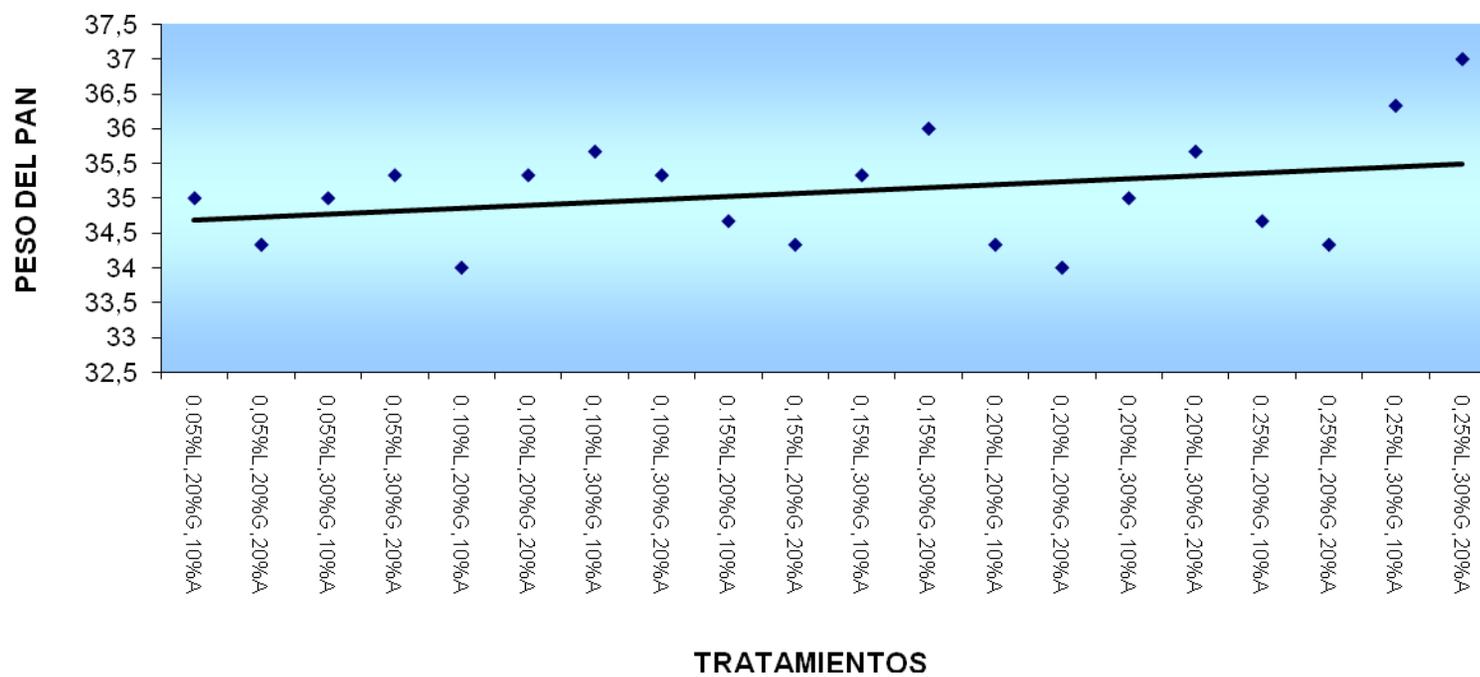
Efectuada la prueba DMS se determinó que existe un solo rango A indicando que los porcentajes de gasa, con respecto al peso del pan son estadísticamente iguales pero al realizar los pesos a cada uno de los panes se observó que los que contenían mayor porcentaje de gasa perdieron menos agua en el horno.

Gáfico 17. Polinomio Ortogonal de la interacción AxB



Del gráfico 17 se dedujo que la tendencia del factor A (porcentaje de levadura) con la tendencia del factor B (porcentaje de gasa) se cruzan determinando que existe interacción entre los dos factores, basado en esto se puede decir que el porcentaje de levadura que esta entre 0,10% y 0,15% junto con el porcentaje de gasa que esta entre 20% y 30% no influye en la variación del peso del pan ya que esta es mínima.

Gáfico 18. Interacción AxBxC para la variable peso del pan



Del gráfico 18 se dedujo que la variación del peso del pan entre tratamientos es mínima, puesto que la pérdida de peso en el pan esta dada por la cantidad de agua que se evapora en el horno, y esta perdida es constante y depende en gran parte de la cantidad de gasa que contenga la masa.

4.7 DENSIDAD DEL PAN

4.7.1 Valores de densidad del pan.

Cuadro 27. Datos obtenidos para la variable densidad del pan

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				
Nº	CODIGO	I	II	III	Σ	\bar{x}
t ₁	A ₁ B ₁ C ₁	0,22	0,22	0,2	0,6375	0,21
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂	0,20	0,20	0,19	0,59	0,20
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁	0,21	0,19	0,22	0,626407	0,21
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂	0,21	0,21	0,22	0,637647	0,21
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	0,17	0,19	0,17	0,528889	0,18
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂	0,21	0,20	0,21	0,615882	0,21
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁	0,21	0,19	0,18	0,575356	0,19
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂	0,20	0,21	0,21	0,622121	0,21
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	0,17	0,17	0,17	0,511463	0,17
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	0,17	0,16	0,17	0,501905	0,17
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁	0,20	0,22	0,21	0,62875	0,21
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂	0,21	0,21	0,21	0,627647	0,21
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁	0,19	0,19	0,19	0,573175	0,19
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂	0,18	0,20	0,2	0,578947	0,19
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	0,17	0,18	0,18	0,521667	0,17
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂	0,22	0,19	0,19	0,597371	0,20
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	0,18	0,18	0,18	0,533947	0,18
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	0,17	0,17	0,18	0,516667	0,17
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁	0,20	0,21	0,2	0,605556	0,20
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂	0,20	0,21	0,21	0,615556	0,21
Σ		3,87471	3,88174	3,89	11,64645	
\bar{x}					0,19	

Cuadro 28. Análisis estadístico de varianza para la variable densidad del pan

Fuentes de Variación	G.L	S.C	C.M	Fcal	0,05%	0,01%
Total	59	0,02				
Bloques	2	0,0000	0,0000	0,04 ^{ns}	3,24	5,21
Tratamientos	19	0,0137	0,0007	10,88**	1,87	2,42
F.A.	4	0,0031	0,0008	11,68**	2,65	3,97
Lineal	1	0,0022	0,0022	33,50**	4,15	7,49
Cuadrática	1	0,0008	0,0008	11,65**	4,15	7,49
Cúbica	1	0,0001	0,0001	1,25 ^{ns}	4,15	7,49
Cuártica	1	0,0000	0,0000	0,33 ^{ns}	4,15	7,49
F.B.	1	0,0035	0,0035	53,26**	4,15	7,49
Lineal	1	0,0035	0,0035	53,26**	4,15	7,49
AxB	4	0,0040	0,0010	15,09**	2,65	3,97
F.C	1	0,0004	0,0004	5,87*	4,15	7,49
Lineal	1	0,0004	0,0004	5,87*	4,15	7,49
AxC	4	0,0016	0,0004	5,97**	2,65	3,97
BxC	1	0,0003	0,0003	3,98 ^{ns}	4,15	7,49
AxBxC	4	0,0008	0,0002	3,15*	2,65	3,97
Error	38	0,0025	0,0001			

Cv = 4,20 %

$$\bar{x} = 0,2$$

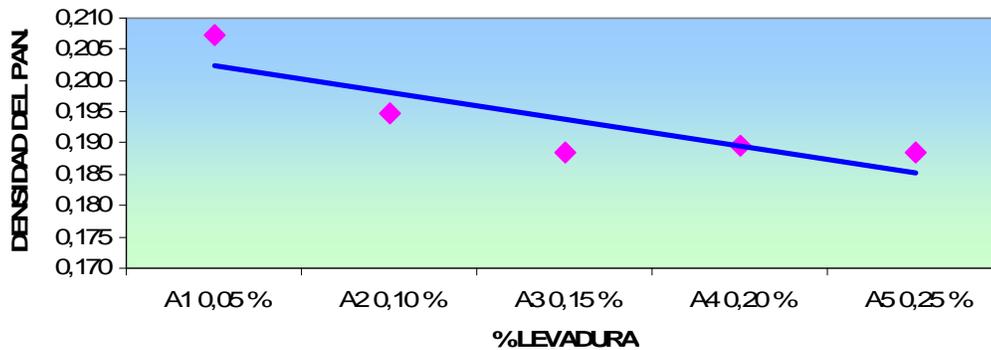
Realizado el análisis de varianza que corresponde a la variable densidad del pan se observó que existe diferencia altamente significativa para tratamientos, Factor A y B, las interacciones AxB y AxC, mientras que el Factor C y la interacción AxBxC es significativa, y para bloques, la interacción BxC son no significativos. Razón por la cual se realizó la prueba de Tukey para tratamientos y para los Factor A, B y C polinomios ortogonales y DMS.

Cuadro 29. Prueba de Tukey (5%) para la variable densidad del pan registrado en los tratamientos.

Tratamientos	Medias	Rangos
T9	0,17	A
T10	0,17	A
T15	0,17	A
T18	0,17	A
T5	0,18	B
T17	0,18	B
T1	0,21	C
T3	0,21	C
T4	0,21	C
T8	0,21	C
T11	0,21	C
T12	0,21	C
T2	0,20	C
T6	0,20	C
T16	0,20	C
T19	0,20	C
T20	0,20	C
T7	0,19	C
T13	0,19	C
T14	0,19	C

Una vez realizada la prueba de Tukey (5%) para tratamientos se pudo apreciar tres rangos (cuadro 29) en el primer rango (A) se encuentran los tratamientos T9 con una densidad de 0,17 g/cc, T10 con una densidad de 0,17 g/cc, T15 con una densidad de 0,17 g/cc, T18 con una densidad de 0,17 g/cc. . En el segundo rango (B) los tratamientos T5 con una densidad de 0,18 g/cc, T17 con una densidad de 0,18 g/cc. En el tercer rango (C) se ubican los tratamientos; T1 con una densidad de 0,21 g/cc, T3 con una densidad de 0,21 g/cc, T4 con una densidad de 0,21 g/cc, T8 con una densidad de 0,21 g/cc, T11 con una densidad de 0,21 g/cc, T12 con una densidad de 0,21, T2 con una densidad de 0,20, T6 con una densidad de 0,20 g/cc, T16 con una densidad de 0,20 g/cc, T19 con una densidad de 0,20 g/cc, T20 con una densidad de 0,20 g/cc, T7 con una densidad de 0,19 g/cc, T13 con una densidad de 0,19 g/cc, T14 con una densidad de 0,19 g/cc.

Gáfico 19. Polinomio Ortogonal de tendencia lineal para el Factor A



Del gráfico 19 se pudo observar que la línea de ajuste para el factor A (porcentaje de levadura) es la tendencia lineal inversa que indica que cuando mayor es el porcentaje de levadura la densidad es menor y que el porcentaje de levadura si influye en la calidad del pan, puesto que la densidad muestra los gamos de masa contenidas en un centímetro cúbico del pan ya formado.

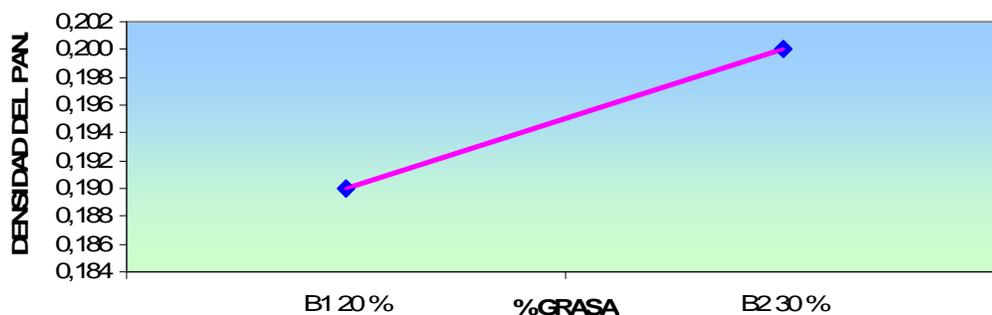
Para determinar la densidad en cada nivel de levadura se realizó la prueba de DMS (diferencias mínimas significativas).

El valor DMS para el factor A (porcentaje de levaduras) fue 0,03 dando como resultado los rangos detallados en el cuadro 30.

Cuadro 30. Rangos de DMS para el Factor A

Porcentaje de levadura	Medias	Rangos
A5 0,25 %	0,19	A
A4 0,20 %	0,19	A
A3 0,15 %	0,19	A
A2 0,10 %	0,19	A
A1 0,05 %	0,21	A

Luego de realizar la prueba DMS (cuadro 30) se pudo observar que existe un solo rango A lo que indica que estadísticamente los niveles del factor A son iguales es decir que la levadura utilizada en la masa influye sobre la densidad de acuerdo al porcentaje empleado en el proceso.

Gáfico 20. Polinomio Ortogonal de tendencia lineal para el Factor B

Del gráfico 20 se dedujo que la mejor línea de ajuste para el factor B (porcentaje de gasa) es la tendencia lineal directa es decir que a menor porcentaje de gasa menor

densidad y viceversa debido a que la gasa no permite la fácil incorporación de aire a la masa se pudo observar que con el 30% de gasa el pan obtuvo mayor densidad.

Con el fin de determinar que niveles de gasa fueron los que obtuvieron la mejor densidad se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

El valor DMS para el factor B fue 0.02 Dando como resultado los siguientes rangos.

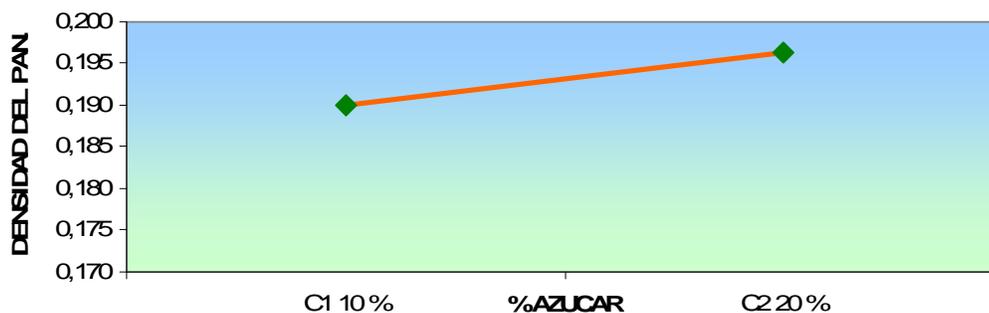
Cuadro 31

Cuadro 31. Rangos de DMS para el Factor B

Porcentaje de gasa	Medias	Rangos
B1 20 %	0,19	A
B2 30 %	0,20	A

La presencia de un solo rango A para el factor B (porcentaje de gasa) mostró que la variación en la densidad del pan en cada uno de los tratamientos no fue significativa, debido a que el pan tuvo un peso acorde con el volumen obtenido.

Gáfico 21. Polinomio Ortogonal de tendencia lineal para el Factor C



Del gráfico 21 se dedujo que la mejor línea de ajuste para el factor C (porcentaje de azúcar) es la tendencia lineal directa debido a que se puede apreciar un leve incremento en la densidad cuando la masa contiene un 20% de azúcar.

Para definir de una mejor manera estos resultados se realizó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

El valor DMS para el factor C es 0.02 dando como resultado los rangos siguientes Cuadro 32.

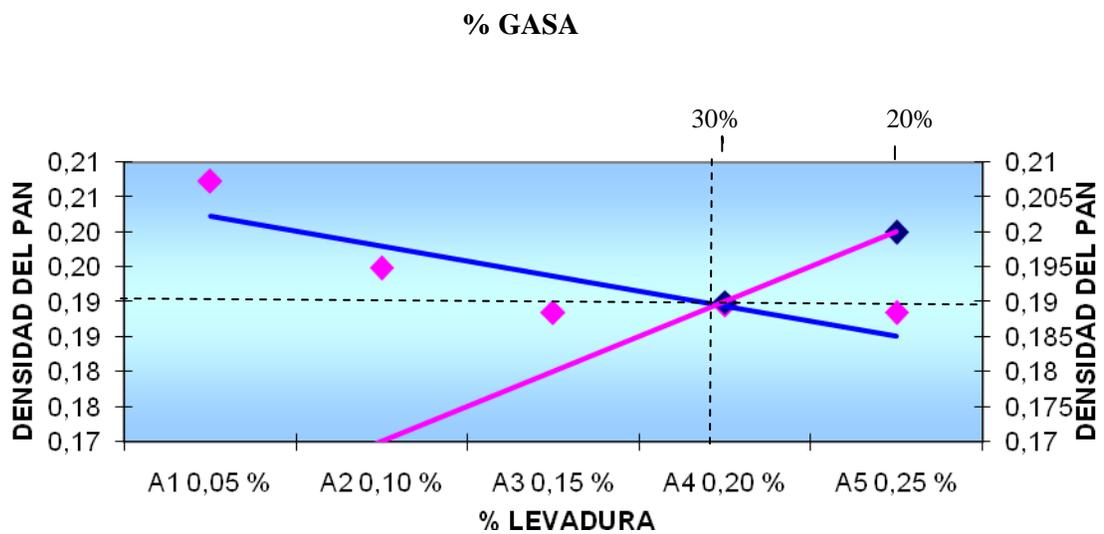
Cuadro 32. Rangos de DMS para el Factor C

Porcentaje de azúcar	Medias	Rangos
C1 10 %	0,19	A
C2 20 %	0,20	A

Luego de realizar la prueba DMS se obtuvo un solo rango A debido a que la diferencia obtenida en la densidad es mínima entre los dos niveles, ya que los

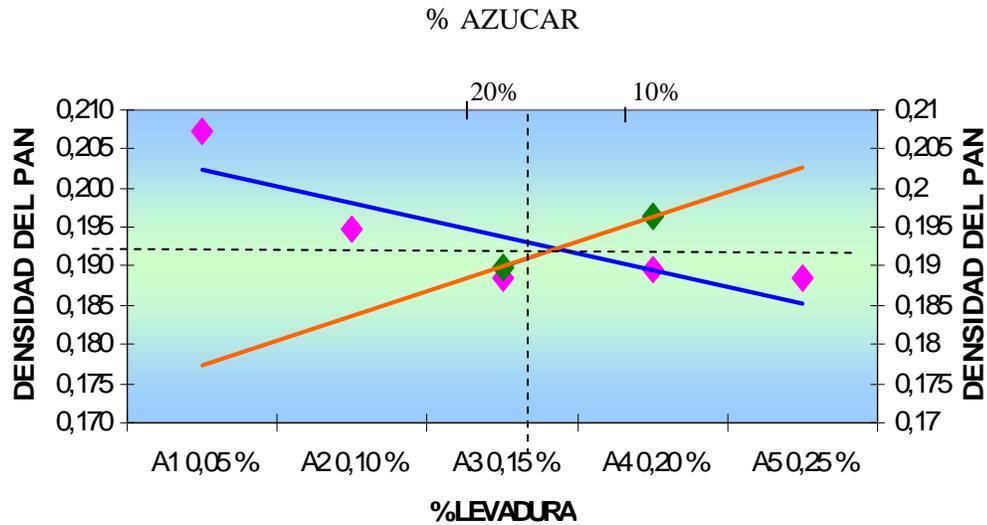
porcentajes de azúcar utilizados en la masa no influyen de manera directa en la densidad del pan, puesto que el azúcar es consumido en parte por la levaduras y este proceso al liberar CO₂ es el que permite el crecimiento de la masa.

Gáfico 22. Polinomio ortogonal de la interacción A x B

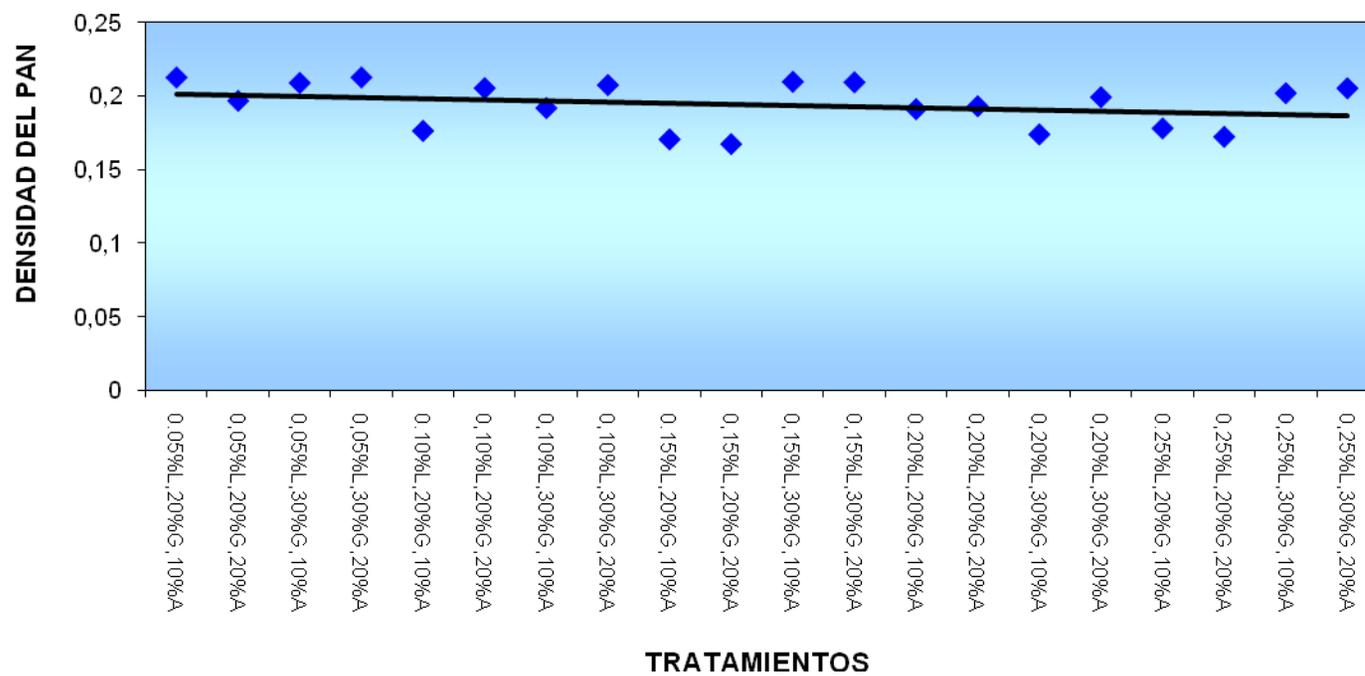


Del gráfico 22 se dedujo que la tendencia del factor A (porcentaje de levadura) con la tendencia del factor B (porcentaje de gasa) se cruzan determinando que existe interacción entre estos dos factores y que entre el 0,20% y 0,25% de levadura y el 20% de gasa alcanza una densidad promedio de 19.

Gáfico 23. Polinomio ortogonal de la interacción A x C



Del gráfico 23 se dedujo que la tendencia del factor A (porcentaje de levadura) con la tendencia del factor C (porcentaje de azúcar) se cruzan determinando que existe interacción entre los dos factores, basado en esto se puede decir que el porcentaje de levadura que esta entre 0,10% y 0,15% junto con el porcentaje de azúcar que esta entre 10% y 20% no influye en la variación del densidad del pan.

Gáfico 24. Interacción AxBxC para la variable densidad del pan

4.8 TEXTURA DEL PAN

4.8.1 Valores de textura del pan

Cuadro 33. Calificación de la textura del pan al corte

TRATAMIENTOS		REPETICIONES									TOTAL
Nº	CODIGO	I			II			III			
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	
t ₁	A ₁ B ₁ C ₁			X			X			x	3
t ₂	A ₁ B ₁ C ₂		x				X			x	4
t ₃	A ₁ B ₂ C ₁		x				X			x	4
t ₄	A ₁ B ₂ C ₂		x			x				x	5
t ₅	A ₂ B ₁ C ₁	X			x			x			9
t ₆	A ₂ B ₁ C ₂			X			X			x	3
t ₇	A ₂ B ₂ C ₁		x			x		x			7
t ₈	A ₂ B ₂ C ₂		x			x				x	5
t ₉	A ₃ B ₁ C ₁	X			x			x			9
t ₁₀	A ₃ B ₁ C ₂	X			x			x			9
t ₁₁	A ₃ B ₂ C ₁		x			x				x	5
t ₁₂	A ₃ B ₂ C ₂		x			x			x		6
t ₁₃	A ₄ B ₁ C ₁		x			x			x		6
t ₁₄	A ₄ B ₁ C ₂			X			X		x		4
t ₁₅	A ₄ B ₂ C ₁	X				x		x			8
t ₁₆	A ₄ B ₂ C ₂			X		x			x		5
t ₁₇	A ₅ B ₁ C ₁	X			x			x			9
t ₁₈	A ₅ B ₁ C ₂	X			x			x			9
t ₁₉	A ₅ B ₂ C ₁		x			x			x		6
t ₂₀	A ₅ B ₂ C ₂		x			x		x			7

3 = Textura muy buena, aquellos que no poseen porosidades

2 = Textura buena, aquellos que poseen 1 a 2 porosidades

1 = Textura mala, aquellos que poseen mas de 3 porosidades

El cuadro 33 mostró que según a la textura los mejores tratamientos son; T5, T9, T10, T17, T18, ya que estos obtuvieron la mayor calificación, porque presentaron una textura uniforme, con una miga esponjosa, liviana y abierta características del pan, que son apreciadas por el consumidor. Los tratamientos T15, T7, T20, que tienen una menor calificación, son los que mostraron una textura uniforme en gran parte presentando pequeñas porosidades, que no causan una disminución significativa en la calidad del pan. En cuanto al resto de tratamientos la presencia de grandes porosidades y una textura poco uniforme hacen que este producto no alcance la calidad necesaria para la comercialización (Norma INEN 95.).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El análisis de varianza realizado para determinar los tiempos de fermentación muestra que para cada porcentaje de levadura evaluado en la investigación existe un tiempo de fermentación diferente, esto se puede apreciar en la distribución de las medias para cada tratamiento, que presentan una diferencia estadística altamente significativa, razón por la que no todos los porcentajes de levadura estudiados son adecuados para la elaboración de pan.

- Los porcentajes de azúcar y gasa influyen directamente sobre el volumen del pan, debido a que, al elevar el contenido de estos, la masa se vuelve mas densa y requiere un contenido mayor de levadura que sea capaz de incrementar el CO₂ necesario para lograr un volumen adecuado en el pan.

- El proceso de incrementar el tiempo de fermentación de la masa de pan utilizando diferentes porcentajes de levadura fresca, es una técnica que puede ser utilizada como una alternativa para que el trabajo nocturno no sea indispensable, y como una opción más para unificar la calidad del producto

- .Al termino de la investigación se determinó que existen dos mejores tratamientos; uno para el pan de sal que corresponde al T10 y otro para pan de dulce T9, con tiempos de fermentación de 12h:11 y 12h:17 respectivamente, debido a que estos presentaron mejor volumen y textura en el pan.

- El pH de la masa en todos los tratamientos fue uniforme lo que indica que, los porcentajes de levadura, gasa y azúcar no influyen en el pH de la masa.

- Al disminuir el contenido de levadura en la masa el costo por materia prima no disminuye significativamente por lo que se podría buscar otra alternativa para incrementar el tiempo de fermentación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar otra investigación para demostrar detalladamente el desarrollo de las levaduras y observar cual es el punto máximo de crecimiento, y la cantidad de azúcar consumida.

- Realizar pruebas con los resultados obtenidos en esta investigación en una masa de dulce (25% de azúcar) y realizar degustaciones para determinar si el sabor varía al finalizar la etapa de fermentación, debido al consumo de azúcar por las levaduras.

- Ver como una alternativa la utilización de éste método para alargar la etapa de fermentación de la masa de pan, en las pequeñas panificadoras puesto, que resulta rentable y además se puede unificar la calidad del mismo.

- Realizar un estudio de control de bajas temperaturas para incrementar el tiempo de fermentación de la masa y comparar con los de esta investigación a fin de determinar cual es el método más eficiente

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de incrementar el tiempo de fermentación de la masa de pan, utilizando diferentes porcentajes de levadura fresca con el fin de eliminar el trabajo nocturno y unificar la calidad del pan para lograr competitividad en el mercado, ya que por falta de nuevas tecnologías muchos negocios no son muy rentables ni competitivos.

La fase experimental se realizó en la ciudad de Quito, en la parroquia Santa Prisca, en la Panificadora América ubicada en las calles América y Santiago, las condiciones de humedad relativa y temperatura que se le dio a la masa de pan en la etapa de fermentación fueron las del lugar de la investigación y las condiciones de horneado, las ya establecidas.

Se evaluaron cinco niveles de levadura fresca *saccharomyces cerevisiae* (0,05%, 0,1%, 0,15%, 0,20%, 0,25%), dos de gasa (20%, 30%) y dos de azúcar (10%, 20%). Para un total de 20 tratamientos que resultan de combinar cada uno de los factores con los respectivos niveles.

Para evaluar los tratamientos se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial AxBxC con tres repeticiones. La unidad experimental esta conformada por dos kilogramos de harina para panificación, con un total de 60 unidades experimentales.

Las variables estudiadas fueron; tiempo de fermentación, que fue tomado desde el final de la etapa de amasado hasta el momento de ingresar al horno, volumen de la masa, pH, recuento de levaduras, volumen del pan, peso del pan, densidad del pan y costos que se realizo a los dos mejores tratamientos.

Los resultados obtenidos de esta investigación permiten concluir que los mejores tratamientos son T10 y T9, con tiempos de fermentación de 12h:11 y 12h:17 respectivamente, presentando características como volumen y textura adecuados para la comercialización del producto final.

Al evaluar los costos a los dos mejores tratamientos se puede concluir que, no existe mayor diferencia en cuanto a gastos por materia prima, además como los dos tratamientos permiten que el trabajo nocturno sea eliminado, también existe una disminución menor en los costos de mano de obra.

Y se recomienda como una alternativa la utilización de éste método para alargar la etapa de fermentación de la masa de pan, en las pequeñas panificadoras puesto, que resulta rentable y además se puede unificar la calidad del mismo.

Además realizar un estudio de control de temperaturas para incrementar el tiempo de fermentación de la masa y comparar los resultados que se obtengan con los resultados de esta investigación a fin de encontrar el método más eficiente.

SUMMARY

The present investigation was carried out with the purpose of increasing the time of fermentation of the mass of bread, using different percentages of fresh yeast with the purpose of to eliminate the night work and to unify the quality of the bread to achieve competitiveness in the market, since for lack of new technologies many business are not very profitable neither competitive.

The experimental phase was carried out in the city of Quito, in the parish Santa Prisca, in the Panificadora América located in the streets América and Santiago, the conditions of relative humidity and temperature that he was given to the mass of bread in the stage of fermentation was those of the place of the investigation and the conditions of I bake, those already established.

Five levels of yeast fresh *saccharomyces cereviseae* were evaluated (0,05%, 0,1%, 0,15%, 0,20%, 0,25%), two of fat (20%, 30%) and two of sugar (10%, 20%). For a total of 20 treatments that they are of combining each one of the factors with the respective levels.

To evaluate the treatments a design of Complete Blocks it was used at random (DBCA) with factorial arrangement $A \times B \times C$ with three repetitions. The experimental unit this conformed by two kilogams of flour for panificacion, with a total of 60 experimental units.

The studied variables were; time of fermentation that was taken from the end of the stage of having kneaded until the moment to enter to the oven, volume of the mass, pH, recount of yeasts, volume of the bread, weight of the bread, density of the bread and costs that one carries out to the two better treatments.

The obtained results of this investigation allow to conclude that the best treatments are T10 and T9, with times of fermentation of 12h:11 and 12h:17 respectively, presenting characteristic as volume and texture adapted for the commercialization of the final product.

When evaluating the costs to the two better treatments you can conclude that, bigger difference doesn't exist as for expenses for matter it prevails, also as the two treatments they allow that the night work is eliminated, a smaller decrease also exists in the manpower costs.

And it is recommended like an alternative the use of this method to lengthen the stage of fermentation of the mass of bread, in the small on panificadoras that is profitable and it can also become unified the quality of the same one.

Also to carry out a study of control of temperatures to increase the time of fermentation of the mass and to compare the results that they are obtained with the results of this investigation in order to find the most efficient method.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANA CASP V. y José Abril R. Procesos de Conservación de Alimentos. Segunda edición, ediciones Mundi-Prensa, Coedición A. Madrid Vicente, 2003 p. 101
2. EDMUND. B. BENNION, ET AL, Fabricación de Pan; Cuarta Edición, La Habana 1971 pp 12-43
3. FLEISCHMANN. Recetario N° 5 1999. p 15
4. G. GIANOLA, Repostería Industrial tomo I, Madrid España, 1990 pp 10-14
5. HELEN CHARLEY, Preparación de Alimentos tomo II, México 1988, pp 220-277-287.
6. INAMHI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
7. MALCOM HOLLOWAY, Como hacer el pan Madrid España, 2003 p 10
8. SCHLESKINDER, G. Levadura y material gasa en panificación boletín de noticias técnicas y económicas. Ecuador N° 4.1992 pp 20-23
9. SIMON JENNING. Pequeñas guías prácticas cómo hacer el pan y la bollería, primera edición 1981 pp 88 – 91.
10. SOTO, P. Panadería – Pastelería. Editora y distribuidora palomino E.I.R.L. Primera Edición. 2000 pp 13-14

11. <http://www.alimentosnet.com.ar/trabajos/itza/panificacion.doc>(2007/10/20)
12. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/Boletines/092.htm> (2007/0/25)
13. <http://www.Ciencia.tecnología.panificación/2temas.com>.(2005/11/10).
14. [http://es.wikipedia.org/wiki/Pan_\(alimento\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pan_(alimento)).(2007/11/16)
15. <http://www.monogafias.com/trabajos11/ferme/ferme.shtml> (2007/09/11).
- 16.- <http://trabajos.para.panificacion./PanaderiayBoleria> (2007/12/16)

ANEXOS

ANEXO 1

ANALISIS DE COSTOS PARA LOS DOS MEJORES TRATAMIENTOS

Costos de materia prima para el Tratamiento 10

Cantidad en harina		2,000	Kg
Total formula			
Ingredientes	% panadero	Kg	Costo
Harina	100	2,00	0,8800
Agua	47,00	0,94	0,0000
Sal	2	0,04	0,0248
Levadura	0,15	0,00	0,0066
Azúcar	20	0,40	0,2360
Huevos	10	0,20	0,2909
Manteca	20	0,40	0,4960
Total Kg	199,15	3,98	1,9343
Total g.		3980	
Peso pan Kg		60	
Número de panes		66	
Precio Pan		0,03	
Precio pan por 2,5		0,07	

*Precio real x factor 2.5 = precio de venta al publico

Costos de materia prima para el Tratamiento 9

Cantidad en harina		2,0	Kg
Total formula			
Ingredientes	% panadero	Kg	Costo
Harina	100	2,00	0,880
Agua	47,00	0,94	0
Sal	2	0,04	0,025
Levadura	0,15	0,00	0,01
Azúcar	10	0,20	0,118
Huevos	10	0,20	0,291
Manteca	20	0,40	0,496
Total Kg.	189,15	3,78	1,816
Total g.		3780	
Peso pan Kg		60	
Número de panes		63	
Precio pan		0,03	
Precio pan por 2,5*		0,07	

*Precio real x factor 2.5 = precio de venta al publico

Realizado el análisis de costos para los dos mejores tratamientos se puede decir que al reducir el porcentaje de levadura el costo por materia prima no varia significativamente, es decir que los costos de producción con respecto al método normal de elaboración de pan son iguales.

Nota: Para la realización del análisis de costos se tomo en cuenta el factor 2.5 empleado como constante en la panificadora América, y en la mayoría de panificadoras (según datos técnicos del gupo Moderna), en este factor se encuentra implícito gastos de fabricación, administración, mano de obra, entre otros.

La formula aplicada para obtener el precio unitario para la venta del pan es:

$$\text{PRECIO UNITARIO} = \frac{\text{COSTO REAL} \times 2.5}{\text{NUMERO DE PANES}}$$

ANEXO 2**Cálculo del polinomio ortogonal de los tiempos de fermentación para el factor A**

FACTOR A	A1	A2	A3	A4	A5	Qi	Qi²	rxglBCi²	SCi
	188,25	167,54	154,68	148,73	131,41				
LINEAL	-2	-1	0	1	2	-132,49	17553,60	120	146,28
CUADRÁTICA	2	-1	-2	-1	2	13,69	187,42	168	1,12
CUBICA	-1	2	0	-2	1	-19,22	369,41	120	3,08
CUARTICA	1	-4	6	-4	1	-17,34	300,68	840	0,36
									150,83

ANEXO 3**Cálculo del polinomio ortogonal de los tiempos de fermentación para el factor B**

FACTOR B	B1	B2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	380,86	409,75				
LINEAL	-1	1	28,89	834,63	60	13,91
						13,91

ANEXO 4**Cálculo del polinomio ortogonal de los tiempos de fermentación para el factor C**

FACTOR C	C1	C2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	393,38	397,23				
LINEAL	-1	1	3,85	14,82	60	0,247
						0,247

ANEXO 5

Cuadro de datos obtenido para el gráfico comparativo entre tiempos de fermentación y volumen de la masa.

TRATAMIENTOS	TIEMPOS DE FERMENTACIÓN	VOLUMEN DE LA MASA
0.05%L,20%G,10%A	15,3	85,3
0,05%L,20%G,20%A	15,21	86
0,05%L,30%G,10%A	15,93	80,33
0,05%L,30%G,20%A	16,31	77,33
0.10%L,20%G,10%A	13,33	91,33
0,10%L,20%G,20%A	13,76	88,67
0,10%L,30%G,10%A	14,53	87,33
0,10%L,30%G,20%A	14,23	78,33
0.15%L,20%G,10%A	12,19	99,33
0,15%L,20%G,20%A	12,29	103,67
0,15%L,30%G,10%A	13,74	96,33
0,15%L,30%G,20%A	13,34	86
0.20%L,20%G,10%A	11,68	99
0,20%L,20%G,20%A	12,31	95
0,20%L,30%G,10%A	12,73	91
0,20%L,30%G,20%A	12,85	90
0.25%L,20%G,10%A	10,3	100,33
0,25%L,20%G,20%A	10,58	92
0,25%L,30%G,10%A	11,39	88,67
0,25%L,30%G,20%A	11,53	90,6

ANEXO 6**Cálculo del polinomio ortogonal de volumen de la masa para el factor A**

FACTOR A	A1	A2	A3	A4	A5	Qi	Qi²
	987,00	1037,00	1156,00	1125,00	1115,00		
LINEAL	-2	-1	0	1	2	344	118336,00
CUADRATICA	2	-1	-2	-1	2	-270	72900,00
CUBICA	-1	2	0	-2	1	-48	2304,00
CUARTICA	1	-4	6	-4	1	390	152100,00

ANEXO 7**Cálculo del polinomio ortogonal de volumen de la masa para el factor B**

FACTOR B	B1	B2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	2822	2598				
LINEAL	-1	1	-224	50176,00	60	836,27
						836,27

ANEXO 8**Cálculo del polinomio ortogonal de volumen de la masa para el factor C**

FACTOR C	C1	C2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	2757	2663				
LINEAL	-1	1	-94	8836,00	60	147,267
						147,276

ANEXO 9

Cálculo del polinomio ortogonal del pH de la masa para el factor A

FACTOR A	A1	A2	A3	A4	A5	Qi	Qi ²	rxglBCi ²	SCi
	69,11	70,36	70,54	71,10	70,96				
LINEAL	-2	-1	0	1	2	4,44	19,71	120	0,16
CUADRATICA	2	-1	-2	-1	2	-2,4	5,76	168	0,03
CUBICA	-1	2	0	-2	1	0,37	0,14	120	0,00
CUARTICA	1	-4	6	-4	1	-2,53	6,40	840	0,01
									0,21

ANEXO 10

Cálculo del polinomio ortogonal del pH de la masa para el factor B

FACTOR

B	B1	B2	Qi	Qi ²	rxglACi ²	SCi
	176,35	175,72				
LINEAL	-1	1	-0,63	0,40	60	0,01
						0,01

ANEXO 11

Cálculo del polinomio ortogonal del pH de la masa para el factor C

FACTOR

C	C1	C2	Qi	Qi ²	rxglACi ²	SCi
	175,97	176,1				
LINEAL	-1	1	0,13	0,02	60	0,000
						0

ANEXO 12

Cuadro de datos obtenido para el gráfico de la variable pH de la masa.

TRATAMIENTOS	VALORES DE pH
0,05%L,20%G,10%A	5,73
0,05%L,20%G,20%A	5,81
0,05%L,30%G,10%A	5,78
0,05%L,30%G,20%A	5,71
0,10%L,20%G,10%A	5,88
0,10%L,20%G,20%A	5,94
0,10%L,30%G,10%A	5,88
0,10%L,30%G,20%A	5,75
0,15%L,20%G,10%A	5,82
0,15%L,20%G,20%A	5,92
0,15%L,30%G,10%A	5,83
0,15%L,30%G,20%A	5,94
0,20%L,20%G,10%A	5,99
0,20%L,20%G,20%A	5,78
0,20%L,30%G,10%A	5,89
0,20%L,30%G,20%A	6,03
0,25%L,20%G,10%A	6
0,25%L,20%G,20%A	5,9
0,25%L,30%G,10%A	5,85
0,25%L,30%G,20%A	5,91

ANEXO 13

Resultados del recuento de levaduras realizados a cada uno de los tratamientos en la masa.

ANEXO 14**Cálculo del polinomio ortogonal de volumen del pan para el factor A**

FACTOR A	A1	A2	A3	A4	A5	Qi	Qi²	rxglBCi²	SCi
	2025,00	2170,00	2255,00	2210,00	2275,00				
LINEAL	-2	-1	0	1	2	540	291600,00	120	2430,00
CUADRATICA	2	-1	-2	-1	2	-290	84100,00	168	500,60
CUBICA	-1	2	0	-2	1	170	28900,00	120	240,83
CUARTICA	1	-4	6	-4	1	310	96100,00	840	114,40
									3285,83

ANEXO 15**Cálculo del polinomio ortogonal de volumen del pan para el factor B**

FACTOR B	B1	B2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	5600	5335				
LINEAL	-1	1	-265	70225,00	60	1170,42
						1170,42

ANEXO 16**Cálculo del polinomio ortogonal de volumen del pan para el factor C**

FACTOR C	C1	C2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	5530	5405				
LINEAL	-1	1	-125	15625,00	60	260,417
						260,417

ANEXO 17**Cálculo del polinomio ortogonal para el peso del pan para el factor A**

FACTOR A	A1	A2	A3	A4	A5	Qi	Qi ²	rxglBCi ²	SCi
	419,00	421,00	421,00	417,00	427,00				
LINEAL	-2	-1	0	1	2	12	144,00	120	1,20
CUADRATICA	2	-1	-2	-1	2	12	144,00	168	0,86
CUBICA	-1	2	0	-2	1	16	256,00	120	2,13
CUARTICA	1	-4	6	-4	1	20	400,00	840	0,48
									4,67

ANEXO 18

Cálculo del polinomio ortogonal para el peso pan para el factor B

FACTOR B	B1	B2	Qi	Qi ²	rxglACi ²	SCi
	1035	1070				
LINEAL	-1	1	35	1225,00	60	20,42
						20,42

ANEXO 19

Cuadro de datos obtenido para el gráfico interacción AxBxC para la variable peso.

TRATAMIENTOS	VALORES DE PESO DEL PAN
0.05%L,20%G,10%A	35
0,05%L,20%G,20%A	34,33
0,05%L,30%G,10%A	35
0,05%L,30%G,20%A	35,33
0.10%L,20%G,10%A	34
0,10%L,20%G,20%A	35,33
0,10%L,30%G,10%A	35,67
0,10%L,30%G,20%A	35,33
0.15%L,20%G,10%A	34,67
0,15%L,20%G,20%A	34,33
0,15%L,30%G,10%A	35,33
0,15%L,30%G,20%A	36
0.20%L,20%G,10%A	34,33
0,20%L,20%G,20%A	34
0,20%L,30%G,10%A	35
0,20%L,30%G,20%A	35,67
0.25%L,20%G,10%A	34,67
0,25%L,20%G,20%A	34,33
0,25%L,30%G,10%A	36,33
0,25%L,30%G,20%A	37

ANEXO 20**Cálculo del polinomio ortogonal para la densidad del pan para el factor A**

FACTOR A	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	Qi	Qi²	rxglBCi²	SCi
	2,49	2,34	2,26	2,28	2,26	-			
LINEAL	-2	-1	0	1	2	0,51555507	0,27	120	0,00
CUADRÁTICA	2	-1	-2	-1	2	0,35967662	0,13	168	0,00
CÚBICA	-1	2	0	-2	1	0,09962296	0,01	120	0,00
CUARTICA	1	-4	6	-4	1	0,13442493	0,02	840	0,00

ANEXO 21**Cálculo del polinomio ortogonal para la densidad del pan para el factor B**

FACTOR B	B1	B2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	5,58227019	6,04192663				
LINEAL	-1	1	0,45965644	0,21	60	0,00
						0,00

ANEXO 22**Cálculo del polinomio ortogonal para la densidad del pan para el factor C**

FACTOR C	C1	C2	Qi	Qi²	rxglACi²	SCi
	5,73	5,88				
LINEAL	-1	1	0,15	0,02	60	0,00
						0,00

ANEXO 23

Adjunto una copia de la norma INEN 95. Requisitos del Pan Común

ANEXO 24**FOTOGAFÍAS****FOTOGAFÍA 1.****Materia prima****FOTOGAFÍA 2****Pesado**

FOTOGAFÍA 3



Mezclado

FOTOGAFÍA 4



Amasado

FOTOGAFÍA 5



Formación de la liga

FOTOGAFÍA 6



Reposo 1

FOTOGAFÍA 7



Pesado de la masa

FOTOGAFÍA 8



Corte y división de la masa

FOTOGAFÍA 9



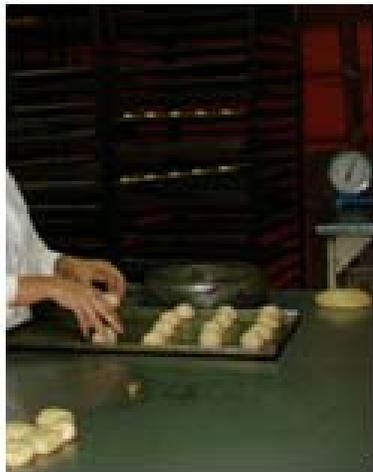
Masa cortada

FOTOGAFÍA 10



Boleo de la masa

FOTOGAFÍA 11



Colocación en las latas

FOTOGAFÍA 12



Reposo 2. Fermentación en la cámara

FOTOGAFÍA 13



Horneo

FOTOGAFÍA 14



Producto terminado

FOTOGAFÍA 15

Textura uniforme del pan

FOTOGAFÍA 16

Mala conformación de la textura, pan con presencia de porosidades.

FOTOGAFÍA 17**Medición del pH de la masa**