

EVALUACION DE LAS MARINAS DE NAIZ AMARILLO,
NAICILLO Y ANARANTO COMO SUSTITUTOS PARCIALES
DE LA SEMOLINA DE TRIGO DURO EN LA ELABORACION
DE PASTAS ALIMENTARIAS

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

EVALUACION DE LAS HARINAS DE MAIZ ABARILLADO,
MAICILLO Y AMARANTO COMO SUSTITUTOS PARCIALES
DE LA SEMOLINA DE TRIGO DURO EN LA ELABORACION
DE PASTAS ALIMENTICIAS

Fátima Lisette Canjura Guzmán

Guatemala

1987

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

EVALUACION DE HARINAS DE MAIZ AMARILLO,
MATEILLO Y ARRARANTO COMO SUSTITUTOS PARCIALES DE
LA SEMOLINA DE TRIGO DURO EN LA ELABORACION DE
PASTAS ALIMENTICIAS

Fátima Lisette Cangura Guzmán

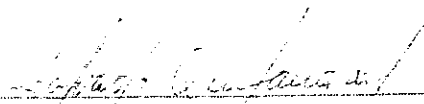
Trabajo de investigación presentado para optar
el grado académico

Licenciada en Ingeniería y Ciencias de
Alimentos

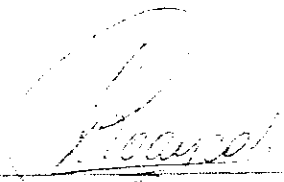
Guatemala

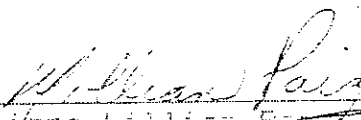
1987

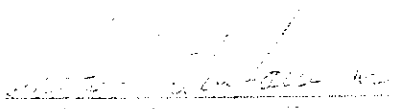
Vol. 80.4

(41) 
Licenciado Salvador Quixtana Martinez
Asesor

Tribunal:

(42) 
Ingeniero Telesforo Loayza

(43) 
Ingeniera Lillian Ruiz

(44) 
Licenciada Lillian Ruiz

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	3
II. REVISION DE LITERATURA	5
A. Producción de pastas	5
1. Semolina	5
2. Producción	6
3. Calidad de materia prima	8
4. Calidad de las pastas	9
5. Técnicas de evaluación de la calidad de las pastas alimenticias	13
B. Productos obtenidos de semolina parcialmente sustituida	14
C. Propiedades químicas y nutricionales de cereales considerados como posibles sustitutos parciales de la semolina	22
1. Maíz	22
2. Amaranto	23
3. Maicillo	24
D. Modificación del almidón	24
III. OBJETIVOS	27
IV. MATERIALES Y METODOS	29
A. Materiales	29
1. Preparación de harinas	29

	Página
1.1 Harinas sin tratamiento térmico	29
1.2 Harinas con tratamiento térmico	30
1.3 Preparación de semolina sustituida	30
2. Preparación de pastas	31
2.1 Mezclado y extrusión	31
2.2 Secado	31
B. Métodos	32
1. Pruebas físicas y fisicoquímicas	32
1.1 Granulometría	32
1.2 Viscosidad amilográfica	32
1.3 Capacidad de absorción de agua, método farinográfico	32
1.4 Sedimentación	32
2. Pruebas químicas	33
2.1 Almidón dañado	33
2.2 Análisis químico proximal	33
3. Pruebas sensoriales	33
4. Pruebas de cocción en las pastas elaboradas	33
4.1 Absorción de agua durante la cocción	33

	Página
4.2 Perdida de sólidos durante la cocción	34
4.3 Ruptura de la pasta durante la cocción	34
V. RESULTADOS	35
A. Preparación de harinas	35
B. Pruebas físicas y fisicoquímicas	35
1. Granulometría en harinas	35
2. Viscosidad amilográfica	36
3. Absorción de agua, método farinográfico	37
4. Sedimentación	38
C. Pruebas químicas	40
1. Almidón dañado	40
2. Composición química proximal	40
D. Evaluación sensorial	41
1. Textura	41
2. Color	42
3. Sabor	43
E. Pruebas después de la cocción	43
1. Absorción de agua	43
2. Pérdida de sólidos	44
3. Ruptura de la pasta	45

	Página
VI. DISCUSION	47
VII. CONCLUSIONES	59
VIII. RECOMENDACIONES	61
IX. BIBLIOGRAFIA	63
APENDICES	69

RESUMEN

En el presente trabajo, se evaluó la posibilidad de sustituir parcialmente la semolina de trigo duro utilizada para la elaboración de pastas alimenticias con harinas de maíz amarillo A-4, maicillo, amaranto 13-Perú a tres niveles: 15, 25 y 35%. Se estudió también el efecto del procesamiento térmico (tostado) sobre el maíz amarillo, por ser el material que presentó menor dificultad para su manejo, previo a la molienda y preparación de la mezcla. Este tratamiento térmico consistió en someter el maíz amarillo a tres diferentes temperaturas de tostado: 100, 150 y 200°C.

Para la evaluación de las harinas y pastas así obtenidas, se efectuaron una serie de análisis físico-químicos, químicos y sensoriales entre los cuales se tienen: viscosidad, absorción de agua por el método farinográfico, sedimentación, almidón dañado, pruebas de calidad durante cocción, evaluación de color, sabor y textura.

Los análisis efectuados reflejaron que fue el maíz amarillo el cereal más adecuado para la sustitución parcial de la semolina, tanto por su fácil procesamiento como por el efecto benéfico sobre el color de las pastas, ya que incrementa el tono amarillo en las mismas, resultado que

puede apreciarse en las calificaciones obtenidas por pastas que contienen este grano.

El tratamiento térmico sobre el maiz amarillo mejoró la calidad de las pastas, tanto en textura como en sabor, observándose que con maiz tostado a 200°C, hay una disminución en la calidad, ya que las pastas presentaron un color café naranja y sabor a "cereal tostado".

I. INTRODUCCION

La elaboración de pastas alimenticias data de tiempos remotos. Se cree que fue Marco Polo quien, al regresar de su viaje a China, introdujo en Italia la técnica de fabricación de pastas, siendo la primera invención mecánica desarrollada en el año 1800.

Para el año 1900 se utilizan ya mezcladoras, cortadoras, prensas hidráulicas y gabinetes de secado. En 1934 se desarrollan varias versiones de extrusor continuo en Francia, Suiza e Italia, reemplazando el tradicional método de "batch", siendo, por lo tanto, los inmigrantes europeos los que introducen el proceso de la elaboración de pastas alimenticias en América. (3)

Las pastas alimenticias se elaboran de semolina de trigo duro (los más empleados son Triticum durum y Triticum aeistum). En Guatemala, la producción de trigo es un poco mayor que un tercio de la demanda, teniendo que importar el resto. A esto hay que agregar que el trigo que se produce es de variedades suaves. (47)

En vista de lo anterior, Guatemala importa trigo (en grano, no harina ni semolina, con el propósito de proteger la industria molinera nacional) en cantidades tales que en los años de 1983 y 1984 fueron del orden de 113,375 y 109,504 toneladas métricas respectivamente, siendo dicho

trigo destinado a la panificación y producción de pastas alimenticias. (48.49)

La importación de trigo implica fuga de divisas. Se tienen datos de que por este concepto Guatemala ha erogado 11.9 millones de quetzales sólo en el año de 1976. (50) Una sustitución parcial de la semolina, con materiales disponibles en el país traería consigo un ahorro de divisas. Dicha sustitución parcial podría llevarse a cabo con materiales como maíz, maicillo, amaranto, soya y otros.

En Guatemala, el consumo de pastas es una práctica generalizada. Las fábricas productoras de este alimento elaboran por mes cerca de 19,600 quintales de pasta (sin incluir fideos tipo chino), lo cual indica la importancia de este alimento en la dieta del guatemalteco.

Desde el punto de vista tecnológico, es factible sustituir parcialmente la semolina de trigo duro en la producción de pastas alimenticias por otros materiales.

Esto trae consigo, en primer lugar, una posible disminución del consumo de trigo, hecho de interés para la economía del país, la cual depende en alta proporción de la importación del cereal para satisfacer la demanda interna. Por otro lado, se tiene el consumo de materias primas nacionales impulsando así la industria agrícola. Por tanto, es de importancia estudiar posibles sustitutos parciales de la semolina para obtener un producto de características similares a las pastas alimenticias obtenidas con 100% de

semolina.

En este trabajo se elaboraron pastas alimenticias utilizando como sustitutos parciales de la semolina maiz, maicillo y amaranto, a diferentes grados de sustitución (15, 25 y 35%). Se estudió además el efecto de la sustitución con harina de maiz tratado térmicamente (tostado a tres diferentes temperaturas: 100, 150 y 200°C).

II. REVISION DE LITERATURA

A. Producción de Pastas

1. Semolina

En la elaboración de pastas alimenticias, se utiliza semolina, la cual se obtiene por medio de un proceso complejo de molienda del trigo duro (principalmente Triticum durum, originario de Rusia), el cual se lleva a cabo por medio de un sistema de rodillos corrugados, los que separan el endospermo del salvado, el cual una vez separado, pasa a través de una serie de rodillos reductores de tamaño, usando tamices vibradores en cada paso de molienda. En el estado final, la semolina es purificada hasta remover las pequeñas partículas de salvado.⁽⁹⁾

La composición deseable de buena semolina es: 13-14% de humedad, 1% de harina de trigo suave, 0.6% de cenizas, 12-13% de proteína y libre de salvado ya que éste le da un aspecto pardo al producto final y lo hace quebradizo durante el proceso de secado.⁽³³⁾ Tradicionalmente, el color es una de las condiciones más importantes de la evaluación de la semolina. El color deseable es un amarillo claro, el cual se debe al alto contenido de carotenoides en el trigo duro (particularmente xantofila).⁽³⁴⁾ En consecuencia, el color de las pastas alimenticias elaboradas con semolina es

6

6

amarillo claro.

Para comprender mejor la terminología de trigo duro, cabe mencionar que la 'dureza' y 'blandura' del trigo son características molineras relacionadas con la manera en que se rompe el endospermo durante la molienda, en la cual el porcentaje de almidón dañado mecánicamente varía directamente con la dureza del grano. Los trigos duros proporcionan una partícula relativamente grande, arenosa y fácil de cernir; por su parte, los trigos blandos o suaves dan una harina muy fina formada por partículas pequeñas e irregulares de endospermo. (33,40)

2. Producción

Las pastas alimenticias son clasificadas en dos grupos: pastas largas y pastas cortas. La diferencia depende de la forma de extrusión y del tiempo de secado. Las pastas cortas son divididas directamente en la superficie de extrusión, mientras que las pastas largas son cortadas luego del proceso de secado. (27)

Entre el equipo para la producción comercial de pastas se tiene:

- A. Dosificadores de materia prima
- B. Mezcladoras
- C. Cilindro de extrusión
- D. Cabezal de moldes
- E. Moldes

- F. Cortadoras
- G. Túnel de presecado
- H. Gabinetes de secado

En la elaboración de pastas alimenticias, se utilizan de 26-30 libras de agua por 100 libras de semolina. El agua debe agregarse a una temperatura de 32-38°C. Luego se amasa la mezcla 10-15 minutos consiguiéndose de esta forma una masa firme, homogénea y plástica, la cual se hace salir a alta presión (3,000 lb/plg²) a través de una matriz o molde que da al producto la forma deseada. La aplicación de presiones elevadas es necesaria para que el producto presente apariencia de translucidez o brillantes. Esto es debido a que mediante el uso de altas presiones se expulsan las burbujas de aire presentes en el interior de la masa. (32)

La tecnología moderna ha desarrollado la forma de trabajar con máquinas que operan bajo vacío, de modo que el mezclado de la masa se efectúe sin la presencia de aire, lo que elimina el problema de las burbujas de aire, obteniéndose un producto más translúcido y brillante. Durante el proceso de extrusión, se utilizan moldes de bronce y recientemente éstos han sido recubiertos con teflón, el cual extiende la vida media del molde y mejora la calidad de la pasta, puesto que disminuye las fuerzas de fricción que se originan en la superficie del molde que entra en contacto con la pasta. (9)

Durante el proceso de extrusión, por el efecto de fricción, se genera una considerable cantidad de calor, por lo cual en la actualidad el cilindro de extrusión está provisto de una chaqueta de enfriamiento que mantiene la temperatura de extrusión constante. <9>

Finalmente, el producto es sometido a la operación de secado. Esta etapa es la más crítica y tiene por objeto bajar el contenido de humedad de un 31% a un 12%. Para este fin se han usado presecadores continuos y luego el secado final en secadores estacionarios. Recientemente todo el proceso es operado en forma continua. Se ha investigado además el uso de microondas en el proceso de secado, teniendo la ventaja de reducir el tiempo de secado de 8-16 horas del método convencional continuo a 1-1/2 horas. <9>

3. Calidad de la Materia Prima

Un método fácil de evaluar la semolina es por medio de la distribución de partícula. Los fabricantes de pastas alimenticias prefieren semolina con tamaño de partícula fina uniforme, ya que de esta forma se mezcla más fácilmente formando una masa homogénea para la extrusión. <9>

Existen también métodos usados en panificación que pueden ser aplicados para determinar la calidad de la semolina. El método farinográfico que mide la resistencia de la masa al mezclado es usado para observar la absorción de agua de las harinas.

4. Calidad de las Pastas

La calidad de las pastas cocidas depende de varios factores como: estabilidad del color durante la cocción, absorción de agua, pérdida de sólidos en el agua de cocción y firmeza, esta última es evaluada por medio de pruebas sensoriales con panelistas expertos. En la actualidad se investigan métodos simples, químicos o físicos, que puedan correlacionarse con los resultados obtenidos por un panel de expertos. (17,57)

Como ya se ha indicado anteriormente, la pérdida de sólidos en el agua de cocción es un factor indicativo de calidad, aunque Dexter y Matsuo, en 1979, encontraron que no existe una buena correlación entre calidad de la pasta y pérdida de sólidos en el agua de cocción. (20) Algunos factores que influyen la pérdida de sólidos han sido estudiados y se ha encontrado que la remoción de lípidos y proteínas ocasionan aumento de amilosa en el agua de cocción, observándose que la calidad de la pasta se ve más afectada por la remoción de proteínas que por la de lípidos. (14) Se ha observado también que al sobrepasar los tiempos óptimos de cocción de las pastas, se tiene pérdida continua de firmeza y elasticidad. Esto se debe a los cambios de solubilidad de la proteína. Una pasta de calidad superior está relacionada con la proporción de proteína soluble (gliadina y glutenina). (20,37)

Hollinger, en 1963, demostró que la influencia del

glutén sobre la tensión de la pasta cocida (peso, firmeza y residuos después de la cocción) es tal, que al aumentar la cantidad de gluten, decrece la cantidad de sólidos en el agua de cocción y aumenta la extensibilidad. (9) Para que el gluten se desarrolle, dando las características de plasticidad y elasticidad deseables en la pasta, debe considerarse la adición de no menos del 30% de agua al formarse la masa. (10)

Se ha estudiado también la influencia que tiene la composición de la proteína del trigo, sobre la calidad de la pasta cocida. Con este fin son preparadas pastas con trigos de diferentes variedades, encontrándose que una relación alta en glutenina/gliadina, proporciona pastas de mejor calidad. (11)

Se ha observado que la remoción de gluteninas da como resultado mayor absorción, mayores pérdidas de sólidos en el agua de cocción, suavidad y plasticidad de las pastas.

Matsuo y colaboradores han investigado la fracción de gluten en el trigo duro, observando que la fracción de glutenina es la responsable de una pasta de excelente calidad. (12, 13) Asimismo, determinaron el efecto del contenido de proteína en la pasta sobre la calidad de cocción, encontrando que al adicionar proteína (albúmina de huevo y gluten de trigo) como componente de la pasta ésta adquirió firmeza, resistencia y elasticidad, pero si se incrementa el contenido de proteína con harina de soya,

harina de pescado y harina de colza. El efecto mejorador en la calidad de la pasta es pequeño. Se cree que el efecto benéfico de la albúmina se debe a que ésta se coagula durante la cocción de la pasta incrementando la firmeza y elasticidad del producto cocido. <39>

Según Wyland y D'Appolonia es posible relacionar la calidad de la pasta con las condiciones de secado de la misma, observándose que al incrementar la temperatura de secado incrementa el color y la firmeza de la pasta. Este comportamiento fue atribuido al refortalecimiento de la cadena o esqueleto que constituye el gluten, lo cual evitó la solubilización del almidón.

Corroborando lo anterior se encontró que pastas preparadas con harinas de mayor contenido de proteína son menos sólidas durante la cocción, ya que la estructura de la proteína no permite que el almidón sea solubilizado. <39>

Contenido de nutrientes de pasta alimenticia

Nutriente	Cantidad
<u>Composición proximal (g/100g)</u>	
Humedad	9.8
Proteína (Nx5.7)	12.8
Grasa	1.6
Carbohidratos	75.1
Fibra Cruda	0.5
Ceniza	0.7
<u>Macrominerales (mg/100g)</u>	
Calcio	20.0
Magnesio	48.0
Potasio	148.0
Fósforo	152.0
Sodio	8.0
<u>Vitaminas (mg/100g)</u>	
Vitamina B ₆	0.084
<u>Minerales</u>	
Hierro y manganeso	trazas
Spungen J., R.H. Mattheus. Cereal Foods World. 27(11):558-560 (1982).	

Estas cantidades varían si el producto es enriquecido con vitaminas y minerales, además si se producen pastas fortificadas con harinas de otros cereales de mayor contenido proteínico. (55)

Durante el proceso de cocción de las pastas, los gránulos de almidón imbiben agua, se hinchan y gelatinizan. La penetración del agua y gelatinización del almidón depende de la calidad de la proteína. De acuerdo con Hollinger

(1963). La pasta que contiene un bajo nivel de proteínas presenta una imbibición de agua, teniendo más de cinco de sólidos que la pasta con mayor contenido de proteína. (96)

5. Técnicas de Evaluación de la Calidad de las Pastas Alimenticias

La calidad de la pasta es relacionada al color (contenido de carotenoides), actividad de lipoxygenasa, tiempo de cocción, absorción de agua, pérdida de sólidos y nutrientes esenciales. (93, 94) La calidad también depende de factores tales como la firmeza de la pasta cocida, la cual se evalúa por medio de pruebas sensoriales, ya que no hay equipo disponible para la medición específica de este parámetro. Se han realizado investigaciones tendientes a desarrollar un método para medir la firmeza de la pasta cocida con el Instron Universal Tester. (97)

Para evaluar la calidad de la harina de trigo empleada en la elaboración de pastas, cabe mencionar la medición de la capacidad de hidratación de la misma por medio de una prueba farinágráfica, la cual proporciona la calidad reológica de la masa. (98)

Para determinar la presencia de trigo suave u otras harinas en la semolina utilizada en la elaboración de pastas, existen métodos simples de separación de partículas como lo es el tamizado, el cual consiste en una separación en seco donde en el tamaño de la partícula. Las harinas de

trigo suena a "dur", tienen diferentes índices de cocción debido a la distribución del tamaño de la partícula y la rugosidad de su superficie. (44)

Shuey y Gillis (1969) demostraron que se pueden evaluar los efectos de la cocción sobre los productos de trigo utilizando el amilógrafo, el cual permite observar las características de gelatinización del almidón. (54)

E. Productos Obtenidos de Semolina Parcialmente Sustituída

Se han efectuado investigaciones sobre la sustitución parcial de la semolina de trigo, en la elaboración de pastas alimenticias, procurando elevar su contenido proteico, ya que desde el punto de vista nutricional, el tipo corriente de pasta, no aporta los elementos necesarios para elevar el nivel nutritivo de la dieta de la población. Estos aspectos motivaron al Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia, a emprender una serie de estudios tendientes a emplear, diversas variedades primas nacionales, que al incorporarse a la harina de trigo no desegoran, las características de aceptabilidad del producto. Según las investigaciones realizadas, las harinas de cereales sustituyentes deben estar prenocidas, con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de la pasta. Bajo estas condiciones es posible sustituir hasta el 75% de la semolina del trigo. Después de analizar varias formulaciones, se

encontró que la pasta obtenida presentó el color, textura, sabor y alto nutritivo en: 25% soya, 50% harina precocida de maíz (molido) y 25% de agua cal. (40°). Las características de las pastas obtenidas fueron:

Volúmenes: ensayos realizados a nivel de planta piloto e industrial, revelaron que no hay problema en el amasado y volúmenes de la pasta enriquecida, cuando se use equipo reciente de producción de pasta.

Color: el producto suscitó tener un color igual al del producto comercial.

Textura: textura similar a la del producto comercial, que su resistencia a la tracción es similar a la de la pasta comercial.

Pruebas sensoriales: las sesiones del panel de evaluadores permitieron seleccionar la fórmula más apropiada a partir de parámetros como: aroma, sabor y textura comparando con una muestra comercial. (40°)

Como se pudo observar en la formulación de la pasta enriquecida, se adiciona un 25% de soya, la que se incorpora al amasado durante el tiempo medio, estando presentes los factores nutricionales de la soya, por tal razón el producto final muestra un tiempo de oxidación mayor que el que presenta la pasta comercial. Según análisis de oxidación en la pasta cocida, se pudo determinar que el oxígeno que se pasa al consumidor, luego de la oxidación de 20-30 minutos (40°)

Vege y Cabrera efectuaron estudios sobre la sustitución parcial de la semolina con harina de quinua, la cual tiene un contenido del 12-22% de proteína, con una alta proporción de lípidos. Utilizaron harinas precocidas como sustitutos, ya que estas proporcionaron mejores características, en lo que al comportamiento de la masa se refiere. Se trabajó a un nivel de sustitución del 10%, las pastas así elaboradas se calificaron, en cuanto a sus características sensoriales, de las cuales se observaron que la diferencia más notable fue el color, pues las pastas que contenían 10% de harina de quinua eran más oscuras.

Dentro del sistema de precocción, se estudió el efecto que sobre el grado de modificación del almidón presente en la quinua tiene la variable "tiempo de remojo", observándose que entre mayor sea este, la semilla absorbe más agua, lo que a su vez facilita la gelatinización del almidón, obteniéndose un grado de precocción más alto. (94)

En Brasil se evaluó una nueva pasta alimenticia que contenía: 60% de maíz, 30% de harina de soya y 10% de harina de trigo. Esta formulación presentó un contenido de proteína de 20,8%. Esta nueva pasta enriquecida se evaluó en niños brasileños desnutridos. El grupo experimental recibió el 69% de su requerimiento diario de proteína, procedente de la pasta. Como control, un grupo de niños recibió su proteína de fuente animal. Los resultados obtenidos fueron tales, que el producto presenta una

aceptabilidad excelente. El consumo promedio diario por niño fue de 111 gramos durante cuatro meses, recomendándose este producto como suplemento alimenticio. (46)

Otros sustitutos para la harina de la semolina, como harina de garbanzo y el concentrado proteico unico y codon han dado como resultado contenidos de 12,1% de proteina, valor bastante alto comparado con el 12,5% de las pastas preparadas con 100% de semolina. (47)

Se cree que la coccion breve de los alimentos reduce la digestibilidad y elimina el olor particular del quicante en la pasta. La sustitucion produjo un aumento en las perdidas de vitaminas en el agua de coccion. Esto pudo deberse a que la pregerminacion incrementó la solubilidad del almidon. En todos los casos de sustitucion, el indice de textura se redujeron, aunque las pastas elaboradas con las harinas crudas terminadamente, tienen mejores grados de aceptacion en cuanto a sabor, olor y textura. El color de las pastas se ve afectado, ya que en todas las sustituciones se observó una disminucion de color amarillo de la semolina. (47) Por lo que la harina y proteina de quicante ofrece una alternativa para obtener un producto alto en nutrientes por un bajo costo.

Señores realizadas por Bayona, demostraron que la sustitucion parcial de la semolina con harina de fava, soja, amaranto y arroz blanco, elevan el valor proteico de las pastas elaboradas, empleando para cada caso, tanto las

harinas tratadas térmicamente como las que no recibieron tratamiento alguno, encontrando un mejoramiento en las pastas a medida que se aumenta el tiempo de procesamiento térmico en las harinas de maíz. El maíz empleado en la sustitución no fue desecado y se observó que el contenido de fibra cruda en la mezcla causó diferencias en textura, haciendo al producto más quebradizo durante el proceso de secado, lo que se puede evitar usando maíz desecado. (42)

Reforzando los resultados obtenidos en el estudio anterior, se tiene la investigación de Molina y colaboradores, en la cual se informó del efecto benéfico del tratamiento térmico de la harina de maíz, obteniendo as esta forma una pasta de calidad aceptable, preparada a partir de la mezcla 60:40 semolina:harina de maíz y una mezcla 32:60:8 de semolina:harina de maiz:harina de soya respectivamente. (43) Estudios posteriormente realizados en las harinas de maíz tratadas térmicamente demostraron que la viscosidad amilográfica disminuye al aumentar el tratamiento térmico. Esto indica que la gelatinización del almidón se lleva a cabo en una forma progresiva durante el tratamiento térmico, lo cual se observó también por el aumento progresivo del almidón dañado. La gelatinización parcial del almidón en la harina de maíz, gracias a la producción de pastas, tuvo efectos tanto en la mejora de solidez durante la cocción como también sobre la aceptación

ensamblado de productos finis, (47)

Porine elaboraciones determinar el efecto de la
 acción sobre el valor nutritivo de la proteína en las
 pastas y su relación sobre la calidad y aceptabilidad
 sensorial del producto (estudios para este fin: medidas de
 proteína sustituido por harina de maíz), se encontró que la
 calidad de la pasta decrece significativamente (P.O.C.B.
 cuando el contenido de semolina en la mezcla era menor del
 4. Usando como sustituto harinas de materiales crudos y
 de 31. representando materiales tratados termicamente), se
 observó que medidas de la calidad de un incremento en el
 contenido de nitrógeno en la pasta, lo que indica que las
 medidas que se desarrollan durante la cocción estar
 directamente ligadas de nitrógeno. Asimismo, los resultados
 demostraron que el porcentaje de nitrógeno decrece en la
 pasta al aumentar el porcentaje de maíz en la mezcla (debido
 a la diferencia en el contenido de nitrógeno en el maíz y la
 semolina de trigo). (48)

Dejar y Harwood, investigaron el efecto que tiene
 el almidón y su hidratación sobre la calidad de la pasta:
 estudio de almidón y el almidón de el mayor contenido de
 la proteína con lo que se proporciones de gelatinización
 diferentes con las características de firmeza de las pastas
 estudiadas. Los resultados obtenidos indican que el
 contenido de almidón de las trigos duros es mayor que el del
 trigo de las variedades de trigo. (49)

Para comprobar el efecto de la amilosa sobre la calidad de la pasta se efectuaron sustituciones parciales con almidón cereal (sin amilosa), observando un deterioro en la calidad de la pasta cocida (baja elasticidad del producto al aumentar su proporción. Por el contrario, al adicionar amilomaiz[®] (el cereal con mayor contenido de amilosa, se observó una pasta de mayor firmeza, lo cual demuestra la importancia de la amilosa en las características de firmeza y cualidades de cocción. (21)

Luzardo y colaboradores elaboraron pastas alimenticias de semolina comercial mezclada con 10, 20 y 30% de harina de germen de maíz desgrasado, determinando el efecto del germen en la composición química, propiedades físicas de la masa, características de cocción, propiedades mecánicas y sensoriales, encontrándose que la adición de harina de germen de maíz desgrasado, provocó un aumento en la absorción de agua (medida farinográficamente), en el contenido proteico, en la pérdida de sólidos en el agua de cocción y en la resistencia a la ruptura de la pasta conforme aumenta el grado de sustitución; mientras disminuye el tiempo de cocción y el peso de la pasta cocida. (22)

A un grado de sustitución de 10% con germen de maíz desgrasado las pérdidas de sólidos en el agua de cocción fueron iguales a la muestra de referencia (100% de harina).

En cuanto a la textura y el sabor no se encontró que difirieran significativamente de la muestra control (100%

solución. (19)

Después de haber preparado dichos productos, se añadió al sistema de la cámara de carga utilizada por medio de la acción de un pistón el agua de descalcificación en las propiedades físicas de la zona de degradación del producto de reserva con el tratamiento de solubilidad del mismo por medio de un agente de reducción de carbonatos de calcio en el agua de reserva. (20)

En la siguiente experiencia, se investigó el uso de la técnica de análisis como consecuencia, como sustitución parcial de la resina para elevar el contenido de proteína en las resinas. Se comprobó que el tratamiento químico de la resina de fibra, se lleva a cabo de manera de elevar el contenido de proteína. Se comprobó también que las resinas de fibra se pueden utilizar con cantidades respectivas de 25-45-50%. Los resultados obtenidos indicaron, que al aumentar la temperatura de reacción a la cual se sometió la resina, por medio de las técnicas de cultivo durante la producción. (21)

debe ser suficiente en el periodo. La proteína del maíz es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y metionina. El crecimiento se reduce del 70-75% de la normal total. El tiempo de vida es la duración del desarrollo.

2. Alimentación

La alimentación es importante en las aves. Las aves necesitan una dieta equilibrada que les proporcione energía y nutrientes. El maíz es una fuente importante de energía y nutrientes. El maíz debe ser almacenado en condiciones adecuadas para evitar la contaminación por hongos y bacterias.

El maíz es una fuente importante de energía y nutrientes en la alimentación de las aves. El maíz es una fuente importante de energía y nutrientes. El maíz es una fuente importante de energía y nutrientes.

Se han efectuado estudios que han tratado de identificar los factores asociados con el crecimiento de las aves. Los factores asociados con el crecimiento de las aves son: la alimentación, el ambiente, la genética, la salud y el manejo. El maíz es una fuente importante de energía y nutrientes. El maíz es una fuente importante de energía y nutrientes. El maíz es una fuente importante de energía y nutrientes.

7. Vegetación

En Guatemala, existen muchos tipos de vegetación según la región del país. Así, se le llama zona de selva alta, zona agrícola, etc. La estructura vegetativa es similar a la del resto, pero con algunas particularidades: predominio de encopernos y juncos. El grado de selva alta cubren de 30-50% de superficie en el encoperno, 6-20% de selva y 10-15% de juncos. (1971)

En Guatemala, la explotación del suelo se ha basado en gran parte a consumo humano, animal y fabricación de azúcar, siendo las regiones de producción agrícola, tanto como, Inimula y Jalapa. (1971)

8. Definición del término

El principal constituyente de todas las parcelas es el tipo de suelo llamado almidón, el cual consiste de unidades de almidón que se van desmenuzando hasta formar una estructura de suelo en forma de granules individuales en que vive en las parcelas de suelo. (1971) Este tipo de suelo es común en algunas parcelas de almidón en producción agrícola.

El almidón puede ser de tipo de almidón y se puede encontrar en algunas parcelas que se van desmenuzando hasta formar una estructura de suelo en forma de granules individuales en que vive en las parcelas de suelo. (1971) Este tipo de suelo es común en algunas parcelas de almidón en producción agrícola.

III. OBJETIVOS

Generales

Determinar el sustituto parcial más adecuado de la semolina de trigo duro en la elaboración de pastas alimenticias, considerando algunas materias primas nacionales.

Específicos

1. Evaluar maíz, maicillo y amaranto como posibles sustitutos parciales de la semolina.
2. Evaluar el efecto del nivel de sustitución (15, 25 y 35%) sobre el producto final.
3. Evaluar el efecto del tratamiento térmico en la harina de maíz (temperaturas de tostado 100, 150 y 200°C) y las características del producto final elaborado con dicha harina como sustituto parcial.
1. Determinar el efecto de la temperatura de tostado de maíz en las propiedades de la pasta.

IV. MATERIALES Y METODOS

A. Materiales

Se utilizó maíz amarillo A-4 (variedad de endospermo vítreo) proporcionado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), maicillo común de cáscara negra, amaranto 13-Perú, ambos proporcionados por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), y semolina comercial de trigo durum.

1. Preparación de Harinas

1.1 Harinas sin Tratamiento Térmico

a) Harina de maíz: el grano de maíz fue descascarado por medio mecánico de fricción en un DeHULLER con capacidad de 8 kg, luego fue sometido a proceso de molienda en un molino de martillo Raymond modelo 67110 con un tamiz de 60 mesh con abertura de 0.0072 pulgadas.

b) Harina de maicillo: el maicillo fue también sometido a proceso de descascarado y posteriormente molienda en el equipo antes descrito.

c) Harina de amaranto: para la preparación de la harina de amaranto se efectuó en el grano un proceso de lavado con agua, separando por diferencia de densidades la

cascarilla (la cual había sido removida previamente en forma manual en el INCAP, quienes suministraron el grano) y luego secando en un horno de convección forzada a 40°C por 24 horas, siendo posteriormente molida en el equipo descrito en 1.1.a.

1.2 Harinas con Tratamiento Térmico

a) Harinas de maíz tostado: se preparó a partir del maíz descascarado; el cual fue dividido en tres lotes sometiendo a cada uno a distinta temperatura de tostado (100, 150 y 200°C). El tostado fue realizado en un tostador de café de cilindro rotatorio (planta piloto INCAP), siendo luego sometido al proceso de molienda.

1.3 Preparación de la Semolina Sustituída

a) Semolina sustituida con maíz: se efectuaron tres sustituciones parciales de la semolina (15, 25 y 35%) empleando harina de maíz amarillo descascarado. Para obtener una mezcla homogénea, harina de maíz amarillo-semolina, se empleó una mezcladora Hobart modelo A120, capacidad máxima de 2 kg.

b) Semolina sustituida con maíz amarillo tostado: se prepararon mezclas a tres niveles de sustitución (15, 25 y 35%) con harinas de maíz tostado elaboradas como en 1.2.a empleando el equipo descrito en 1.3.a.

c) Semolina sustituida con maicillo: nuevamente se

prepararon mezclas a tres niveles de sustitución de la semolina (15, 25 y 35%) con harina de maicillo descascarado obtenido como en 1.1.b y se obtuvo la mezcla como en 1.3.a.

d) Semolina sustituida con amaranto: se efectuaron tres grados de sustitución como los descritos anteriormente con harina de amaranto preparado como en 1.1.c, efectuando la mezcla en la mezcladora antes descrita en 1.3.a.

2. Preparación de las Pastas

2.1 Mezclado y extrusión: para este propósito se empleó un pequeño extrusor de la planta piloto de INCAP (La Bolognesa, Euro Milan Modelo TR5) tomando 1 libra de harina preparada como en inciso 1.3 se colocó en la sección de mezclado del extrusor y se agregaron 280 mL de agua a 36°C mezclando 10 minutos. Luego se hizo pasar la masa a través del molde de bronce con la figura de espagueti.

2.2 Secado de la pasta: se efectuó en un gabinete de secado provisto de una fuente de calor y ventiladores para forzar el aire caliente hacia la pasta. Las condiciones de secado usadas fueron: temperatura: 40°C, humedad relativa: 60-70%, y tiempo de secado: 24 horas.

B. Métodos

1. Pruebas físicas y fisicoquímicas

1.1 Granulometría: se utilizaron tamices No. 20, 30, 60, 80, 100 y la bandeja, calculando los porcentajes de retención en cada uno de los tamices, que corresponden a aberturas de 0.0331, 0.0234, 0.0098, 0.0072 y 0.0042 pulgadas, respectivamente (ver tabla 1.a).

1.2 Viscosidad amilográfica: para este fin se utilizó el VISCOamylo/graph, el cual mide el cambio en viscosidad de una suspensión de harina en agua, mientras la temperatura aumenta en una relación uniforme. La altura máxima del amilograma está relacionada con las características de gelatinización del almidón, la prueba se efectuó de acuerdo al método 22-10 de la AACC. (3)

1.3 Capacidad de absorción de agua (método farinográfico): para esta determinación se utilizó el farinógrafo Brabender model OHG, según el método señalado por Salazar y Pardol, 1973 (33). La medida de la capacidad de absorción de agua es una medida del grado de modificación del almidón presente en una harina. Se define como el porcentaje de agua necesaria para que la masa presente una resistencia al mezclado de 500 unidades Brabender.

1.4 Sedimentación: el análisis de sedimentación en las harinas tratadas y no tratadas térmicamente, se efectuó

1. El presente informe tiene por objeto:

1.1. OBJETIVO GENERAL

El presente informe tiene por objeto analizar el estado de las actividades realizadas durante el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2018, en el marco del cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales de la Empresa, de acuerdo con el Plan de Negocios y el Presupuesto aprobado por el Consejo de Administración para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2018.

El presente informe también tiene por objeto analizar el cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales de la Empresa, de acuerdo con el Plan de Negocios y el Presupuesto aprobado por el Consejo de Administración para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2018.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

El presente informe tiene por objeto analizar el cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales de la Empresa, de acuerdo con el Plan de Negocios y el Presupuesto aprobado por el Consejo de Administración para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2018, en el marco del cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales de la Empresa, de acuerdo con el Plan de Negocios y el Presupuesto aprobado por el Consejo de Administración para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2018.

1.3. OBJETIVO ESPECÍFICO

El presente informe tiene por objeto analizar el cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales de la Empresa, de acuerdo con el Plan de Negocios y el Presupuesto aprobado por el Consejo de Administración para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2018.

4.2. Pérdida de viscosidad durante la reacción entre el agua y el BQ de la 2400.

4.3. Estructura de la resina durante la reacción. Preparación del material: Se tomaron 25 gramos de la resina a estudiar, contenidos en un frasco y una varilla constante de 1.5 pulgadas, contenidos al nivel de frasco contenidos en ese caso, se colocó a la posición de los dientes en 100 ml de agua hirviendo por 30 minutos. Después de la posición, se colocó nuevamente los frascos, separando los extremos de los dientes inferiores durante el proceso, sacándolos por encima al momento de la estructura. Este procedimiento se repitió al momento de analizar el grado de reactividad de las resinas y la desintegración durante la reacción para un análisis de evaluar la calidad de las resinas.

V. RESULTADOS

A. Preparación de Harinas

1. Harinas sin Tratamiento Térmico: en la obtención de las harinas, se efectuó el proceso de descascarado del grano por medios mecánicos, en el caso del maicillo y maíz, lográndose un rendimiento del 82 y 84.4% respectivamente, lo que indica una mayor pérdida de endospermo en el caso del maicillo, teniendo una mayor dificultad en la separación de la cascarilla. En el caso del amaranto, ya que éste estaba limpio, con la cascarilla (limpiado en forma manual en la granja de INCAP), la separación de la misma se efectuó por medio del lavado del grano, aprovechando la diferencia de densidades existente entre el endospermo y su cáscara. Una vez separados, se efectuó una etapa adicional, la del secado del grano. Siendo así el amaranto un material de difícil procesamiento por su tamaño.

B. Pruebas Físicas y Fisicoquímicas

1. Granulometría en Harinas: los resultados del análisis efectuado se detallan en la tabla 1.

La semolina presenta los siguientes porcentajes de retención: para tamiz No. 20, 0%; tamiz No. 30, 7.79%; tamiz No. 60, 71.43%; tamiz No. 80, 8.79; tamiz No. 100,

1.49%, y bandeja, 10.49%.

Se observó en los resultados de porcentajes de retención de los materiales empleados como sustitutos parciales un mayor porcentaje de retención en el tamiz No. 60 (abertura 0.0098 pulgadas), lo cual también se dio en la semolina. En la tabla 1 se pueden ver los porcentajes de retención correspondientes a los tamices 80 y 100 mesh (abertura 0.0078, 0.0042 pulgadas respectivamente) para las harinas de maíz amarillo, maicillo y amaranto, determinando mayores cantidades de harina en éstas que los obtenidos para la semolina. Esto indicó un menor tamaño de partícula en las harinas de maicillo, amaranto y maíz amarillo, tratado y no tratado térmicamente.

2. Viscosidad Amilográfica: para obtener la viscosidad amilográfica fue necesario tomar en cuenta el contenido de humedad en las harinas, fijando la cantidad de sólidos en las mismas, con la finalidad de evitar variaciones en los resultados de viscosidad causadas por diferencias en concentración. Los resultados obtenidos en el amilógrafo (expresados en unidades de viscosidad Brabender) se detallan en las tablas 2 y 3. En estas tablas se puede notar que el valor de viscosidad para la semolina, como patrón de referencia, es de 690 UB. En el caso de los materiales crudos, utilizados como sustitutos parciales, se obtuvieron los siguientes valores de viscosidad: 1695 UB para el amaranto, 1910 UB para el maicillo y 1950 UB para el maíz

amarillo. Se observe en las harinas sustituidas, un aumento en la viscosidad a medida que el grado de sustitución se incrementa empleando materiales crudos. Los resultados anteriores pueden verse en la figura 1. Al tratar térmicamente el maíz amarillo, la viscosidad de las harinas sustituidas disminuye en relación a los valores de viscosidad obtenidos para el material crudo. Observándose este comportamiento a medida que aumenta la temperatura de 100 a 150°C y posteriormente con el incremento del tratamiento térmico de 150 a 200°C se observó que los valores de viscosidad tienden a aumentar. En el caso de la mezcla que contiene 15% de maíz amarillo tostado (tabla 3) se observa una disminución en la viscosidad con el aumento del tratamiento térmico. Estos resultados pueden verse en la figura 2. De esta forma, en el caso de semolina sustituida con maíz amarillo tostado a 150°C, se obtuvieron valores de viscosidad menores que los obtenidos a 100 y 200°C, resultado que no se presentó a un 15% de sustitución, por lo cual, se determinó un mínimo de viscosidad a la temperatura de tostado de 150°C. v

3. Absorción de Agua por el Método Farinográfico: con esta prueba se midió la capacidad de absorción de agua a una tensión de 500 UB para semolina y semolina sustituida parcialmente. Con la semolina como muestra control se agregó agua a las harinas fijando una tensión de 500 UB. En las tablas 4 y 5 se presentan los porcentajes de absorción

de agua de las harinas crudas y tratadas térmicamente.

La semolina obtuvo un valor de absorción de agua del 56%, mientras que las mezclas preparadas con materiales crudos obtuvieron valores de absorción de agua menores que el de la semolina, observándose que éstos disminuyen conforme aumenta el nivel de sustitución (figura 4). En el caso de sustitución con harina de amaranto se observó que al 25% de sustitución se presentó un valor máximo de absorción de agua, 54%, que luego decrece al 53% con un 35% de sustitución.

Cuando la sustitución se efectuó con harina de maíz tratada térmicamente, la absorción de agua aumenta con la temperatura de tostado (figura 5).

Con las harinas de maíz tratado térmicamente como sustitutos parciales, se observó que al aumentar el grado de sustitución, disminuye la absorción de agua (figura 6) y el efecto del tratamiento térmico sobre la absorción de agua es tal que a un porcentaje de sustitución del 15%, la absorción fue del orden de 52.6, 54.4% y 56.4% a 100, 150 y 200°C de tostado respectivamente, lo que indica aumento de absorción de agua con el tratamiento térmico.

4. Sedimentación de las Harinas: la prueba de sedimentación empleada fue diseñada para harinas de trigo.⁽⁴⁾ En el caso del presente trabajo, se usó indistintamente sobre los materiales utilizados como sustitutos parciales de la semolina. Los resultados de este

análisis son expresados en mL y son detallados en la tabla 6. El valor encontrado para la semolina, fue de 11 mL, mientras que la harina de maiz amarillo presentó un valor de 25 mL cuando no ha sufrido tratamiento termico alguno. Para los otros materiales se obtuvieron valores mayores que el de la semolina: 20 mL para maicillo y 50 mL para amaranto.

Al tratar térmicamente el maiz amarillo, el valor de sedimentación desciende de 25 mL a 19 mL cuando el maiz ha sido tostado a 100°C; a 17 mL, cuando la temperatura de tostado fue 150°C, y por último a 14 mL, con el maiz tostado a 200°C. La tendencia de la sedimentación al tratar térmicamente el maiz amarillo puede apreciarse en la figura 7. Se observa un descenso en los valores de sedimentación al aumentar la temperatura de tostado.

Al efectuar la sustitución parcial de la semolina, se observo que el valor de sedimentación aumentó para todos los materiales y todos los grados de sustitución, siendo la harina sustituida con amaranto la que presentó valores mayores, seguida de maiz y por último maicillo, lo cual puede observarse en la figura 8. Por otro lado se tiene que los valores de sedimentación disminuyen en todos los grados de sustitución, al aumentar la temperatura de tostado, como se muestra en la figura 9.

C. Pruebas Químicas

1. Almidón Dañado: este método determina el porcentaje de gránulos de almidón en la harina que son susceptibles a hidrólisis por alfa-amilasa.

Los resultados de este análisis expresados como porcentaje, se detallan en la tabla 7, en la cual puede notarse que el valor obtenido para la semolina fue de 22.5%. De los materiales que se usaron como sustitutos parciales, fue el maíz amarillo sin tratamiento térmico el que tuvo el valor más cercano al de la semolina (21%). El menor porcentaje de almidón dañado que fue obtenido corresponde al maicillo, siendo éste de 9.3%, y el mayor valor fue para el amaranto, 52.2%. La tendencia de estos resultados se presenta en la figura 11.

Al aumentar el porcentaje de sustitución con maíz tratado térmicamente aumenta el porcentaje de almidón dañado (figura 12). Por otro lado (figura 13), al aumentar la temperatura de tostado, el porcentaje de almidón dañado se incrementa.

2. Composición Química Proximal de las Harinas Utilizadas: las materias primas sin tratamiento térmico empleadas en este estudio, se analizaron por los métodos de la AOAC, determinando su composición proximal. (6)

Los contenidos de humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y carbohidratos de las harinas se

1. *Introduction*

The first part of the report is devoted to a general overview of the project. It starts with a brief history of the project, followed by a description of the objectives and the scope of the work. The next section discusses the methodology used in the study, and the final part of the introduction provides a summary of the main findings and conclusions.

The second part of the report is devoted to a detailed description of the project. It starts with a description of the project's organization and structure, followed by a description of the project's progress and the results achieved.

The third part of the report is devoted to a discussion of the project's results and conclusions. It starts with a discussion of the project's findings, followed by a discussion of the project's conclusions and the implications of the results.

2. *Methodology*

The methodology used in the study is based on a combination of qualitative and quantitative methods. The qualitative methods used include interviews, focus groups, and document analysis. The quantitative methods used include surveys, questionnaires, and statistical analysis.

The data collected during the study were analyzed using a combination of content analysis and statistical analysis. The results of the analysis are presented in the following sections of the report.

muestra control.

En la figura 19 puede apreciarse que el material usado como sustituyente que presentó mayores pérdidas de sólidos fue el amaranto. También se puede observar que al aumentar el grado de sustitución con materiales sin tratamiento térmico el porcentaje de pérdida de sólidos en todos los casos aumentó (ver cuadro 17).

En pastas elaboradas con materiales tratados térmicamente se obtuvieron los valores de pérdida de sólidos que aparecen en la tabla 18. Se observa que la pérdida de sólidos disminuye en relación a los valores obtenidos con las pastas preparadas a partir de materiales sin tratamiento térmico, determinándose asimismo, que la pérdida de sólidos se incrementa con el grado de sustitución, tendencia que puede verse en la figura 20. Al emplear harina de maíz tostado en la elaboración de pasta, la pérdida de sólidos en el agua de cocción disminuye en los porcentajes de sustitución 15, 25 y 35% con respecto a los valores encontrados cuando se utilizó harina de maíz sin tratamiento térmico, y, a un mismo porcentaje de sustitución, al elevar la temperatura de tostado, se incrementa la pérdida de sólidos en el agua de cocción (tabla 18).

3. Ruptura de la pasta durante la cocción: en la tabla 19, se detallan los resultados obtenidos. En las pastas elaboradas con materiales sin tratamiento térmico, pudo observarse que los mayores porcentajes de ruptura los

presentan las pastas sustituidas con maiz amarillo (20.5, 26.4 y 29.5% de ruptura para 15, 25 y 35% de sustitución, respectivamente), seguidas de las pastas elaboradas con maicillo y los menores porcentajes para las que contienen amaranto. Se observó además un comportamiento inverso al del maiz y al maicillo, en el cual el porcentaje de ruptura de la pasta durante la cocción disminuye con respecto al incremento del porcentaje de sustitución (14.1, 9.7 y 6.5% de ruptura para 15, 25 y 35% de sustitución, respectivamente). Esto puede verse en la figura 22.

Por otro lado se tienen las pastas elaboradas con maiz tratado térmicamente, observándose una disminución en el porcentaje de ruptura de las mismas en relación a las elaboradas con materiales crudos (ver tabla 20). La influencia de la temperatura de tostado sobre el porcentaje de ruptura de la pasta fue tal que al aumentar esta de 100 a 150°C disminuye el porcentaje de ruptura, siendo esta última en la que se obtuvo un valor mínimo de rompimiento. Al aumentar la temperatura de 150 a 200°C ocurrió un incremento en el porcentaje de ruptura. Estos valores se detallan en la tabla 20. La figura 24 muestra el comportamiento descrito anteriormente.

VI. DISCUSION

En la fase de preparación de harinas de maicillo y amaranto, se tuvieron dificultades en el proceso de separación de la cáscara por el tamaño del grano (problema que no se presentó en el descascarillado de maíz) que en ambos casos es pequeño. Esto provocó que el contenido de fibra cruda de dichas harinas fuera alto con respecto a la semolina comercial, causando en consecuencia desventaja en la textura de la pasta final. Con respecto al tratamiento térmico, se dispuso de un tostador rotatorio de café, no siendo posible para un grano pequeño (maicillo y amaranto) evitar pérdidas de material durante el proceso de tratamiento térmico y el mantener constantes las condiciones adecuadas de tostado. Por estos motivos, se trabajó con estos materiales sin tratamiento térmico y solamente el maíz fue sometido al proceso de tostado.

En lo que se refiere a los porcentajes de retención de las harinas, se encontró que es en el tamiz No. 60 (abertura 0.0098 pulgadas) en el cual se retuvieron los mayores porcentajes de harina, siendo en la semolina del orden de 71.43%. Esta proporción baja ligeramente en las harinas de los materiales utilizados como sustituyentes: 60.05, 66.51, 70.37, 66.61, 51.06 y 44.67% de retención para maíz amarillo crudo, maíz tostado a 100°C, maíz tostado a 150°C, maíz

tostado a 200°C, maicillo y amaranto, respectivamente, aumentando los porcentajes de retención para éstos en los tamices 80 y 100 con respecto a la semolina, lo cual indicó un menor tamaño de partícula debido a la menor dureza de los granos de maíz, maicillo y amaranto con respecto a los de trigo, por lo que en el proceso de molienda se obtuvo una harina más fina para estos materiales. En estudios realizados por Mayorga⁽⁴¹⁾ se trata de obtener harinas con tamaño de partícula similar al de la semolina comercial, con el fin de obtener un mejor homogenizado de la mezcla al efectuar la sustitución. En este trabajo se encontró, según pruebas previas de elaboración de pastas a nivel de laboratorio, que es más ventajoso emplear una harina sustituyente fina con mayor cantidad de harina retenida en los tamices de menor abertura 60, 80, 100 mesh (0.0098, 0.0072 y 0.0042 pulgadas) para tener, no sólo una mezcla homogénea, sino mejores condiciones de amasado, extrusión y un producto más resistente durante el proceso de secado; resultados son corroborados por estudios realizados por Banasik⁽⁹⁾, pues con una harina con partículas relativamente grandes, se observó una pasta poco resistente durante el proceso de secado.

La semolina en las pruebas de viscosidad presentó un pico de 690 UB. Este aumentó a medida que la semolina se sustituyó con harinas sin tratamiento térmico (figura 1): maíz, maicillo y amaranto, llegando a alcanzar picos de

1950, 1910 y 1695 UB, respectivamente (tabla 2). Este incremento se debió a que la viscosidad del material sustituyente era más alto, por lo que al incrementarse la sustitución de la semolina por estos materiales, se esperaba un incremento de la viscosidad de la mezcla.

Cuando la sustitución se efectuó con harinas que contienen maíz amarillo tratado térmicamente, la viscosidad disminuye (figura 2).

También se observó que a un nivel de sustitución de 15% la viscosidad disminuye con un aumento de temperatura de tostado, mientras para niveles de sustitución del 25% y 35%, disminuye a 100 y 150°C, aumentando nuevamente para las harinas de maíz tostado a 200°C (figura 3). El análisis de varianza demuestra que a una confiabilidad de $\alpha=0.05$ el efecto de la temperatura de tostado sobre los valores de viscosidad máxima son estadísticamente significativos.

Según Molina, Mayorga y Bressani, el descenso en los valores de viscosidad máxima (al aumentar la temperatura de tostado), de las mezclas que contienen harinas de maíz tratado térmicamente es debido al alto contenido de almidón dañado.⁽⁴³⁾ Padua y Padua, por su parte, refieren que este efecto no se debe a cambios en el grado de gelatinización, sino a los cambios en la organización molecular del almidón o a las diferentes modificaciones estructurales del gránulo.⁽⁴⁹⁾

Los valores de absorción de agua obtenidos en las

pruebas farinográficas fueron mayores para mezclas con amaranto, maíz amarillo y maicillo (tabla 4). El tratamiento de estos datos indica que no hay diferencias significativas ($\alpha=0.05$) para los distintos grados de sustitución de un mismo material, pero sí existen diferencias entre los materiales.

La harina de amaranto presentó el mayor valor de absorción de agua debido a su alto contenido de proteína, lo cual le confiere mayor capacidad de hidratación.

Con las harinas de maíz tostado empleadas como sustituyentes, se encontró un incremento de la absorción farinográfica con respecto al aumento del tratamiento térmico, observando esto a los tres niveles de sustitución (15, 25 y 35%; ver figura 5), obteniendo valores de correlación lineal iguales a 1.00 para las curvas de 35, 25 y 15% de sustitución. En la tabla 5 se puede ver que no existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre los valores de absorción entre los distintos porcentajes de sustitución. Por el contrario se determinó que la temperatura de tostado sí afecta significativamente ($\alpha=0.05$) los valores de absorción de agua (figura 6). La explicación para este comportamiento se da en base al daño que ha sufrido el almidón por acción del tratamiento térmico lo que induce a cambios estructurales del almidón. La relación de almidón dañado con absorción farinográfica de agua se puede apreciar en la figura 14, la cual posee un coeficiente de

correlación lineal de 0.99, 0.98, 0.99 para 15, 25 y 35% de sustitución con maíz tostado.

Los resultados de las pruebas de sedimentación demostraron una vez más el efecto del tratamiento térmico sobre el maíz amarillo, disminuyendo el valor de sedimentación de 25 mL en la harina de maíz sin tratamiento térmico, a 14 mL en la harina de maíz tostado a 200°C (figura 7). Esto se debe al incremento en el contenido de almidón dañado, lo que puede verse en la figura 10. Esto indica que a mayor cantidad de almidón dañado, es menor el valor de sedimentación, teniendo estas curvas coeficientes de correlación lineal de -0.99, -1.00 y -1.00 para niveles de sustitución de 15, 25 y 35% de maíz tostado.

Respecto al daño del almidón, se encontró que en el maíz amarillo (figura 13) aumentaba al incrementar el tratamiento térmico observando esta relación a los tres niveles de sustitución (15, 25 y 35%) siendo sus coeficientes de correlación lineal de 0.99. La semolina presentó un valor de almidón dañado similar al obtenido para las harinas de maíz crudo (tabla 7). Estos resultados en porcentaje de almidón dañado se vieron reflejados al determinar la viscosidad de las harinas, en el caso de las harinas que contenían maíz tostado a 100 y 150°C en las cuales al aumentar el porcentaje de almidón dañado, decreció el valor de viscosidad, luego se registró un incremento en la misma, mientras el almidón dañado sigue aumentando.

El daño del almidón se ve reflejado en el grado de absorción (figura 13). Esto demuestra que el tratamiento térmico utilizado ha dañado parcialmente el almidón (tabla 7). Este efecto se ve favorecido si el tratamiento térmico se efectúa en medio húmedo, en el cual el almidón sufre gelatinización.

Se encontró relación entre el porcentaje de almidón dañado y el porcentaje de absorción de agua (figura 14). En donde a mayor porcentaje de almidón dañado aumenta el porcentaje de absorción de agua (coeficientes de correlación 0.99, 0.98 y 0.99 para 15, 25 y 35% de sustitución respectivamente), efecto que se debe a los cambios en la organización molecular del almidón que sufre durante el tostado.

Cuando la semolina fue sustituida con harina de maíz amarillo, maicillo y amaranto sin tratamiento térmico, los valores obtenidos en la escala de evaluación de sabor descendieron (tomando como patrón de referencia la pasta de 100% de semolina).

Esto fue debido a que, en las pastas elaboradas con harina de maíz amarillo como sustituto parcial (ver tabla 13 y 14), los panelistas detectaron un sabor a maíz crudo.

En el caso del maicillo se observó una disminución en la calificación debido a la detección de un sabor de cereal crudo en las pastas, con el aumento en el grado de sustitución (25 y 35% de sustitución).

Las pastas que contienen amaranto fueron las que presentaron calificaciones más bajas. Esto se debió a la presencia excesiva de cascarilla, así como a un pequeño sabor amargo, lo cual se debe a la presencia de compuestos astringentes como los taninos.⁽³⁰⁾

En los tres casos de sustitución parcial de la semolina (por harinas de maíz, maicillo y amaranto), se encontraron descensos significativos ($\alpha=0.05$) en los niveles de calificación del sabor, con el incremento del porcentaje de sustitución.

Los resultados del análisis sensorial mostraron un incremento en la calidad del sabor de las pastas que contienen harina de maíz amarillo tratado térmicamente a 100 y 150°C, con respecto al material sin tostar. Además, se observó una disminución de la calificación de las pastas preparadas con harinas elaboradas con maíz tostado a 200°C. Esto se debió a que el maíz tostado a 200°C presentó un sabor y aroma característico de cereal tostado, lo cual se refleja en la pasta elaborada con este material.

En la evaluación del color de las pastas, se obtuvieron resultados que indican que éste se ve afectado adversamente en el caso de las pastas sustituidas con maicillo y amaranto (tabla 11), porque en el primero de los casos, las pastas adquirieron un color blanco cada vez más acentuado así al 15, 25 y 35% de sustitución corresponden los valores de 2.5, 2.0 y 1.5, mientras que las pastas que contenían amaranto se

oscurecieron conforme se aumentó el grado de sustitución, hasta el punto de obtener una pasta "café" en el caso del 35% de sustitución de semolina con este material, hasta que obtuvo la calificación más baja de todas, 1.0 (tabla 11).

Las pastas elaboradas con harina de maiz amarillo en porcentaje de sustitución del 15 y 25%, obtuvieron los valores más altos en la evaluación del color, mayores aún que el obtenido por la muestra control. Lo anterior se debe al elevado contenido de carotenoides presentes en el maiz amarillo, lo cual influye sobre el color de la harina y de la pasta, por consiguiente, aumenta la pigmentación amarilla de las mismas, pero al aumentar la sustitución al 35%, el color de la pasta adquirió una coloración amarilla que los panelistas denominaron "no natural", indicando que la pasta aparentaba como si se hubiera sometido a un proceso de coloración adicional.

El tratamiento térmico a 100 y 150°C no afectó significativamente ($\alpha=0.05$) la calificación obtenida por la pasta elaborada con harina de maiz amarillo como sustituto parcial, pero en el tostado a 200°C, esta calificación se redujo por la aparición de un color oscuro, provocado por el oscurecimiento de Maillard debido a la alta temperatura y baja humedad del tratamiento del tostado (tabla 12).

El resultado de la evaluación de la textura de las pastas presentó a la elaborada con 100% de semolina como la de mejor calidad, siguiendo en la escala de calificación las

pastas que contienen harina de amaranto como sustituto, pero este valor disminuyó al incrementarse el porcentaje de sustitución. Esto se justifica debido al alto contenido de cascarrilla en la misma, lo cual se nota en el contenido de fibra cruda (tabla 8). Esto origina una rugosidad excesiva en la superficie de la pasta.

En las pastas elaboradas con semolina sustituida con harina de maíz amarillo, no se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre los diferentes porcentajes de sustitución. Esto indica que el contenido de harina de maíz no afecta en la textura de la pasta, aunque se observa un menor porcentaje de ruptura de la misma.

Al evaluar la textura de las pastas preparadas con harina de maíz tostado como sustituto, se observó que las calificaciones mejoraron en relación a las obtenidas por las pastas que contenía material sin tratamiento térmico (tabla 10). Estos resultados se deben a que la pasta es más resistente a la ruptura durante la cocción considerando esto como válido para maíz tostado a 100 y 150°C. Las pastas elaboradas con maíz amarillo tostado a 200°C empleado como sustituto, presentaron un descenso en la calificación de la calidad de textura (tabla 10), observándose que posee una menor resistencia a la ruptura durante la cocción.

Entre las pruebas de cocción de las pastas, fueron evaluados parámetros como la absorción de agua, la pérdida de sólidos y el porcentaje de ruptura. En el caso del

porcentaje de absorción de agua, se observó que al emplear harinas de maicillo, maíz amarillo y amaranto, sin tratamiento térmico, los valores fueron menores que el obtenido por la semolina y que la absorción aumenta con el grado de sustitución al emplear harinas de maicillo y maíz amarillo como sustituto y disminuye en el caso del amaranto. Se encontró que la absorción de agua está relacionada con la ruptura de la pasta durante la cocción (figura 25), ya que un mayor número de trozos pequeños de pasta, aumenta la superficie de exposición y, por consiguiente, la pasta tiende a absorber más agua.⁽¹²⁾ Mientras que en el caso de la harina de amaranto, el porcentaje de ruptura disminuye con el grado de sustitución, lo que provoca una disminución en el porcentaje de absorción de agua.

El maíz tratado térmicamente a 100 y 150°C y usado en la elaboración de harina como sustituto parcial de la semolina, produjo en la pasta una disminución en la absorción de agua, corroborando estos resultados la disminución del porcentaje de ruptura (tablas 16 y 20).

Las pastas elaboradas con semolina y harina de maíz amarillo tostado a 200°C presentaron una absorción de agua mayor que las elaboradas con harinas de maíz a 100 y 150°C como sustituto parcial, esto se debe al incremento en el porcentaje de ruptura durante la cocción encontrado en estas pastas.

En la figura 18 se observa una disminución en la

absorción de agua durante la cocción con respecto al incremento de la absorción farinográfica a niveles de sustitución de 15, 25 y 35% con harinas de maíz tostado a 100 y 150°C. En el caso de las harinas de maíz tostado a 200°C, el porcentaje de absorción de agua aumenta junto al porcentaje de absorción farinográfica.

La pérdida de sólidos solubles durante la cocción entre los distintos niveles de sustitución de la semolina, empleando como sustitutos harinas de maíz amarillo, maicillo y amaranto aumenta con el grado de sustitución, observando que fue la pasta que contiene harina de amaranto, la que presentó mayores pérdidas debiéndose esto al contenido de azúcares solubles en su porción de carbohidratos.

El incremento térmico de 100 a 200°C en el tratamiento del maíz amarillo no provocó diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la pérdida de sólidos por cocción de las pastas elaboradas con estas harinas.

El comportamiento observado en las pruebas de viscosidad, de absorción de agua durante la cocción, de porcentaje de ruptura, efectuadas sobre las harinas y pastas que contienen maíz amarillo tostado a 100, 150 y 200°C presentan un valor mínimo a la temperatura de 150°C, lo cual puede deberse a fenómenos físicos que según estudios realizados en maíz y frijol tostado^(1,25), provocando el proceso de tostado un descenso en el contenido de la humedad del grano con el incremento de la temperatura, lo que genera

al principio una disminución del tamaño del endospermo por constricción, lo cual causa una reacción de fusión entre el almidón y otros componentes intracelulares, promoviendo esto una disminución en los valores de viscosidad y la absorción de agua. Al continuar el aumento de la temperatura de tostado se presentan fisuras en el endospermo, lo que tiene como resultado mayor absorción de agua, mayor oscurecimiento por la reacción de Maillard y otros cambios detrimentales como la aparición de olor a cereal tostado.

VII. CONCLUSIONES

1. Según las pruebas realizadas, tendientes a evaluar al maíz amarillo, maicillo y amaranto como posibles sustitutos parciales de la semolina, indicaron que fue el maíz amarillo el cereal que mostro las mejores características de manejo durante el descascarillado y el tostado.

2. Las evaluaciones llevadas a cabo sobre las pastas elaboradas con semolina sustituida, indicaron que fueron las que contienen maíz amarillo a los niveles de 25 y 35 las que presentaron mejor aceptación en cuanto al color de la pasta se refiere, siguiendo en orden decreciente las de maicillo y amaranto. En cuanto al sabor de las pastas, nuevamente fueron las de maíz amarillo (15 y 25% de sustitución) las que presentaron mayor aceptación en relación con los valores obtenidos para las pastas que contienen maicillo y amaranto.

3. El tratamiento térmico aplicado sobre el maíz amarillo, presentó influencia benéfica (hasta 150°C de tostado) sobre las cualidades de éste, al ser incorporado en la mezcla para la elaboración de pastas. A una temperatura de tostado de 200°C, se observó oscurecimiento del grano. Por lo anterior es mejor utilizar el maíz tostado a 100 y 150°C en la producción de harinas que luego serán incorporadas a la semolina de trigo.

VIII. RECOMENDACIONES

1. El efecto del tratamiento térmico sobre el maíz amarillo fue evaluado con pruebas fisicoquímicas y químicas, pero se recomienda hacer estudios sobre los cambios químicos que se originaron sobre los gránulos del almidón durante el proceso de tostado.

2. Realizar pruebas a nivel industrial para determinar las condiciones de mezclado, moldeado y secado de la pasta elaborada con semolina sustituida.

3. Para la producción a nivel industrial de pastas alimenticias con semolina parcialmente sustituida, debe tomarse en cuenta la disponibilidad de los materiales considerados como posibles sustitutos en la cantidad requerida.

4. Se recomienda evaluar el nivel nutricional de las pastas preparadas con semolina sustituida y comparar este valor con el de la pasta elaborada con 100% de semolina.

5. La sustitución parcial de ~~la~~ semolina, con maíz amarillo tostado a 100°C, a un nivel de sustitución del 25%, traería consigo un ahorro anual aproximado de US\$1,350,000 en concepto de divisas destinadas a la importación de trigo duro para la producción de pastas alimenticias.

6. Según los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre las pastas

elaboradas con semolina sustituida por harinas de maiz tostado a 100 y 150°C. Considerando el aspecto económico del proceso, es recomendable que el tratamiento se efectúe a 100°C.

7. Se recomienda realizar pruebas de almacenamiento en el producto (pasta con harina sustituida) con la finalidad de determinar si el mayor contenido de lípidos en las harinas sustituyentes afectan la estabilidad del producto.

BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, J.N., E.W. Lusas, M.A. Veber, Saxon y H.E. Zabik. "Roasting of Navy Bean (*Phaseolus vulgaris*) by Particle to Particle Heat Transfer" Journal of Food Science, 47 (3): 996-1500. 1982
2. Alfaro, M.A. "Evaluación del Rendimiento y Composición Química del Amaranto" Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 1985
3. American Association of Cereal Chemists. "Approved Methods of the AACCC" St. Paul Minn. Método 22-10. "Diastatic activity of flour with the amylograph". 1976
4. _____ . "Approved Methods of the AACCC" Método 56-61A. Sedimentation test for wheat. 1976
5. _____ . "Approved Methods of the AACCC" Método 16-50. Cooking Characteristics of Macaroni. 1976
6. Anuario Estadístico Centroamericano de Comercio Exterior Secretaria Permanente del Tratado General de Integración Económica Centroamericana. Departamento de Estadística y Cálculo. 1983
7. Anuario Estadístico Centroamericano de Comercio Exterior Secretaria Permanente del Tratado General de Integración Económica Centroamericana. Departamento de Estadística y Cálculo. 1984
8. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 11 edición. Washington, D.C. 1970
- 9. Banasik, G.J. "Pasta Processing" Cereal Chemistry. 1981 26 (4): 166-169.

10. Bean, M.M. y P.M. Keagy. "Dried Japanese Noodles"
1970 1. Properties of Laboratory-prepared Noodle
Doughs from Sound and Damaged Wheat Flours.
Cereal Chemistry. 51: 417-425.
11. Becker, R. et al. "El Amarantho, su Morfología,
Composición y Usos como Alimento y Forraje"
1984 Boletín No. 1, Archivos Latinoamericanos de
Nutrición.
12. Bhattacharya, K.R. y C.M. Sowbhagya. "Water uptake
1971 by Rice during cooking" Cereal Science
Today. 16 (12): 420-424.
13. Beghin, I.D. y E. Monteiro. "Evaluación del Valor
1972 Biológico de un Nuevo Macarrón a base de
Maiz, Soya y Trigo a través de la
Recuperación de Niños Brasileños Desnutridos"
III Reunión de la Sociedad Latinoamericana de
Nutrición y Seminario sobre Ambiente
Biológico y Nutrición.
Resúmenes de trabajo celebrado en INCAP.
14. Binnington, D.S. y H. Johansson. "Quantitative Methods
1939 for evaluating the Quality of Macaroni
Products" Cereal Chemistry. 19: 149-167.
15. Bressani, R., L.G. Elías, M. Santos, D. Navarrete y
1960 N.S. Scrimshaw. "El Contenido de Nitrógeno y
de Aminoácidos Esenciales de Diversas
Selecciones de Maiz" Arch. Venez. Nut. 10:
85-100.
16. Dahle, L.K. y H.L. Muenchow. "Some Effects of Solvent
1968 Extraction on Cooking Characteristics of
Spaghetti" Cereal Chemistry. 45 (6):
464-468.
17. D'Egidio, M.O., S. Fortini y A. Bozzini.
1962 "Standardization of Cooking Quality Analysis
in Macaroni and Pasta Products" Cereal Food
World. 27 (8): 367-368.
18. Dexter, J.E. y R.R. Matsuo. "Changes in Semolina
1976 Proteins during Spaghetti Processing" Cereal
Chemistry. 54: 882-893.
19. _____, R.R. Matsuo. "The Effects of Protein
1978 Fractions on Pasta Dough Rheology and
Spaggett Making Quality. Cereal Chemistry.
55 (1): 44-57.

20. _____, R.R. Matsuo. "Changes in Spaghetti Protein Solubility during Cooking" Cereal Chemistry, 56 (5): 394-398. 1979
21. _____, R.R. Matsuo. "Effect of Starch on Pasta Dough Rheology and Spaghetti Cooking Quality" Cereal Chemistry, 56 (3): 190-195. 1979
22. Diaz, D. "Enriquecimiento de Cereales con Proteínas" Recursos Proteicos en América Latina. (Memorias de una conferencia Latinoamericana de nutrición celebrada en INCAP). pp. 353-365. 1970
23. Farrand, E.A. "Flour Properties in Relation to the Modern Bread Processes in the United Kingdom with Special Reference to the Alpha-amylase and Starch Damage" Cereal Chemistry, 41: 98-103. 1964
24. Gamarra, R.V. "Costos de la Triticultura en Guatemala" Tesis para optar el título de Contador Público y Auditor. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas. Guatemala. 1977
25. Greenwood, C.T. y D.N. Munro. "Cereal, Roots and other Starch-based Products" Effects of Heating on Foodstuffs. Editado por R.J. Priestley. Applied Science Publishers Ltd., London. 1979
26. Grzybowski, R.A. y B.J. Donnelly. "Cooking properties of Spaghetti: Factors affecting Cooking Quality" J. Agric. Food Chemistry, 27 (2): 380-381. 1979
- ✓ 27. Harper, J.M. Extrusion of Foods. Vol. II. CRC Press, Inc., Florida, USA. 174 p. 1981
28. Henderson, S.M. y R.L. Perry. "Agricultural Process Engineering. Capítulo 6. "Size Reduction" Segunda edición. USA. 430 p. 1970
29. Hollinger, A. "Improved Method for Testing Macaroni Products" Cereal Chemistry, 40 (6): 231-240. 1963

30. Imeria, O. "Estado de algunos aspectos químicos, biológicos y tecnológicos de 25 variedades de Amaranthus caudatus" Tesis para optar al título Magister Scientifical. Universidad de San Carlos de Guatemala.
31. Kathuria, D.K. "Indian Durum Wheats. II. Effect of Conditioning treatments on the Quality of Spaghettis" Cereal Chemistry. 61 (5): 463-465.
- 32. Kent, N.L. y L. Jones. Modern Cereal Chemistry. London, Food Trade Press Ltd. pp 394-395.
33. Kent, N.L. Tecnología de los Cereales. Zaragoza, Editorial Acribia. pp 196-199.
34. Kramer, A. y B.A. Twigg. "Fundamentals of Quality Control for the Food Industry" Segunda edición. The AVI Publishing Company, Connecticut, USA.
35. Loayza, C. "Estudio de una Alternativa de Procesamiento Térmico sobre las Propiedades, Funciones y Valor Nutritivo de Leguminosas Alimenticias" Tesis (Magister Scientifical). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. INCAP/CESNA. Guatemala.
36. Lucisano, M., E.M. Casiraghy y R. Barbieri. "Use of Defatted Corn Germ Flour in Pasta Products" Journal of Food Science. 49: 282-284.
37. MacRitchie, F. "Studies of Gluten Protein from Wheat Flours" Cereal Foods World. 25 (7): 382-385.
38. Matsuo, R.R. y G.N. Irvine. "Macaroni Brownness" Cereal Chemistry. 44 (6): 78-85.
39. Matsuo, R.R., J.W. Bradley y G.N. Irvine. "Effect of Protein Content on the Cooking Quality of Spaghetti" Cereal Chemistry. 49: 707-711.
- 40. Matz, S. The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed. USA, AVI Publishing Co. Inc. 274-320.

41. Mayorga, I. "Substitución Parcial de la Semolina y Mejoramiento del Valor Nutritivo de Pastas y Fideos a través de Suplementación con Aminoácidos y Proteínas" Tesis Cesna. 1973
42. Molina, M.R. e I. Mayorga. "Production of High-Protein Quality Pasta Products using Semolina Corn Flour and Soy" Cereal Chemistry, 52: 240. 1975
43. Molina, M.R., I. Mayorga y R. Bressani. "Production of High-Protein Quality Pasta Products using a Semolina-Corn-Soy flour mixture. II. Some Physicochemical properties of the untreated and heat-treated corn flour and of the mixture studied" Cereal Chemistry, 53 (1): 134-140. 1976
44. Molina, M.R., D. Gudiel y R. Bressani. "Use of Phaseolus vulgaris in High-Protein Quality Pasta Products" Compilación de trabajos científicos del INCAP. Tomo XVIII, parte 1. 1978-9
45. Molina, M.R., D. Gudiel, M.A. Baten y R. Bressani. "Production of High-Protein Quality Pasta Products" Cereal Chemistry, 59 (1): 34-37. 1982
46. Neel, D.V. y R.C. Hosenev. "Sieving Characteristics of Soft and Hard Wheat Flours" Cereal Chemistry, 61 (5). 1984
47. Nielsen, M.A., A.K. Summer y L.L. Whelley. "Fortification of Pasta with Pea Flour and Air-classified Pea Protein Concentrate" Cereal Chemistry, 57 (3): 203-206. 1980
48. Padua, M.R. y H. Padua Marcoun. "Rheological Behaviour of Venezuelan Arepa dough from Precooked Corn Flour". Cereal Chemistry, 61 (1): 37-41. 1984
49. Rasper, V.F. y J.M. Deman. "Measurement of Hydration Capacity of Wheat Flour/Starch Mixtures" Cereal Chemistry, 57 (1): 27-31. 1980
50. Robledo, C.A. "Aspectos Económicos de la Triticultura Nacional" Tesis para optar el título de Economista. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1977

51. Rooney, L.W., M.N. Khan y C.F. Earp. "The Technology of Sorghum Products" Cereal for Food and Beverages. Editado por G.E. Inglett, L. Munck.
52. Rueda, P. "Estudio de la Frecuencia de Corte sobre la Cantidad y Calidad de Forraje en el Sorgo Criollo" 1984 Tesis para optar el título de Licenciado en Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia.
53. Salazar, T.B. y C.A. Pardo. "Estudio de seis Métodos Analíticos para la Medida del Grado de Modificación de Almidón en Harinas Precocidas" Tecnología. No. 82: 7-20. 1973
54. Shuey, W.D. y K.A. Billes. "Evaluation of Durum Wheat and Durum Products. I. Studies on Semolina and Macaroni with Amylograph" Cereal Chemistry. 41: 33-38. 1964
55. Spungen, J. y R.H. Matthews. "Nutrient Content Pasta Products" Cereal Foods World. 27 (11): 558-560. 1982
56. Vela, N.P. y J.A. Cabrera. "Utilización de la Semilla de Quinoa en la Alimentación Humana" Tecnología No. 147: 7-27. 1984
57. Walsh, D.E. "Measuring Spaghetti Firmness" Cereal Science Today. 16 (7): 202. 1971
58. Wasik, R.J. y W. Bushuk. "Relation between Molecular-Weight Distribution of Endosperm Proteins and Spaghetti-making Quality of Wheats" Cereal Chemistry. 52 (4): 323-327. 1975
59. Wyland, A.R. y L. Appolonia. "Influence of Drying Temperature and Farina blending on Spaghetti Quality" Cereal Chemistry. 59 (3): 199-201. 1982
60. Zapata, L.E. "Investigación y Desarrollo en Extrusión de Alimentos en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia" Tecnología No. 123: 9-35. 1980

APENDICES

Tabla 1.
Porcentaje de retención de las narinas utilizadas

No. tamiz	Semo- line	% de retención					
		Maiz amarillo A-4 (crudo)	Maiz amarillo A-4 (100°C)	Maiz amarillo A-4 (150°C)	Maiz amarillo (200°C)	mai- cillo	amar- ranto (B-Perd)
20	0	0	0	0	0	0	0
30	7.79	0	0	0	0	5.04	6.91
60	71.43	60.05	66.51	70.37	68.61	51.06	44.67
80	8.79	13.08	16.33	13.03	14.62	10.29	23.70
100	1.49	3.86	6.08	7.54	10.02	2.40	1.32
bande ja	10.49	21.02	11.08	9.06	6.75	31.21	23.40

Tabla 1a.

Abertura de tamiz correspondiente a No. de tamiz.

No. tamiz	Abertura del tamiz (pulgadas)
20	0.0331
30	0.0234
60	0.0098
80	0.0072
100	0.0042

Tabla 2.

Viscosidad (UB) de semolina, harinas de maiz amarillo, maicillo, amaranto y de las mezclas al 15, 25 y 35% de sustitución (sin tratamiento térmico)

Material	Viscosidad (UB)
Semolina	690
Maiz amarillo	1,950
65% semolina + 35% maiz amarillo	1,240
75% semolina + 25% maiz amarillo	1,170
85% semolina + 15% maiz amarillo	1,140
Maicillo	1,910
65% semolina + 35% maicillo	1,270
75% semolina + 25% maicillo	1,250
85% semolina + 15% maicillo	1,120
Amaranto	1,695
65% semolina + 35% amaranto	1,220
75% semolina + 25% amaranto	1,060
85% semolina + 15% amaranto	980

Tabla 3.

Viscosidad de maiz amarillo y mezclas en nivel de 15, 25 y 35% de sustitución, con y sin tratamiento térmico

Material	Sin Tratamiento Térmico (UB)	Con Tratamiento Térmico (UB) ¹		
		100°C	150°C	200°C
Maiz amarillo	1,950 ² ² ²
65% semolina + 35% maiz amarillo	1,240	1,180	1,100	1,160
75% semolina + 25% maiz amarillo	1,170	1,130	1,020	1,050
85% semolina + 15% maiz amarillo	1,140	950	940	930

1. Tratamiento térmico (temperatura de tostado °C) a que fue sometido el maiz amarillo.

2. Valores que no se lograron determinar.

Tabla 4.

Absorción de agua de la semolina, harinas de maiz amarillo, maicillo, amaranto y de las mezclas al 15, 25 y 35% de sustitución (sin tratamiento térmico)

Material	Absorción de agua (%)
Semolina	56.0
65% semolina + 15% maiz amarillo	52.8
75% semolina + 25% maiz amarillo	50.4
65% semolina + 35% maiz amarillo	49.2
Maicillo	...1
85% semolina + 15% maicillo	52.4
75% semolina + 25% maicillo	49.4
65% semolina + 35% maicillo	48.0
Amaranto	51.2
85% semolina + 15% amaranto	53.8
75% semolina + 25% amaranto	54.0
65% semolina + 35% amaranto	53.0

1. Valor no determinado

Tabla 5.

Porcentaje de absorción de agua de maiz amarillo y mezclas en nivel de 15, 25, 35% de sustitución con y sin tratamiento térmico.

Material	Sin Tratamiento Térmico (%)	Con Tratamiento Térmico (%)		
		100°C	150°C	200°C
Semolina	56.0	...2	...2	...2
65% semolina + 15% maiz amarillo	52.8	52.6	54.4	56.4
75% semolina + 25% maiz amarillo	50.4	52.0	54.2	56.2
65% semolina + 35% maiz amarillo	49.2	50.0	53.0	56.0

1. Tratamiento térmico (temperatura de tostado en °C) a que fue sometido el maiz amarillo.

2. Valores que no se determinaron, la semolina no fue tratada térmicamente.

Tabla 6.

Valores de sedimentación (en mL) de semolina y harinas de maiz amarillo, amaranto y maicillo, con y sin tratamiento térmico.

Material	Sedimentación (mL)			
	No sustituido	Sustitución		
		15%	25%	35%
Semolina	11			
Maiz amarillo	25	13.1	14.5	15.9
Maiz amarillo 100°C ¹	19	12.2	13.0	13.8
Maiz amarillo 150°C ¹	17	11.9	12.5	13.1
Maiz amarillo 200°C ¹	14	11.5	11.8	12.1
Maicillo	20	12.4	13.3	14.2
Amaranto	50	16.9	20.8	24.7

1. Tratamiento térmico (temperatura de tostado °C) en el maiz amarillo.

Tabla 7.

Almidón dañado (%) en semolina y en harinas de amaranto, maicillo y maíz.

Material	Almidón Dañado (%)	Sustitución		
		15%	25%	35%
		Almidón dañado (%)		
Semolina	22.5			
Maicillo	9.3	20.5	19.2	17.9
Amaranto	52.2	27.0	29.9	32.9
Maiz amarillo	21.0	22.3	22.1	22.0
Maiz tostado 100°C	24.3	22.8	23.0	23.1
Maiz tostado 150°C	33.6	24.2	25.3	26.4
Maiz tostado 200°C	50.1	26.6	29.4	32.2

Tabla 8.

Composición química proximal de la semolina y harinas de maiz amarillo, maicillo y amaranto, íntegras y descascaradas

Composición	Semolina	Maiz Amarillo Integro	Maiz Amarillo Descascarado	Maicillo Integro
Humedad ²	13.3	13.5	13.7	12.7
Proteína ² (Nx6.25)	13.2 ³	8.3	8.8	8.4
Extracto etéreo	1.1	3.8	2.7	2.8
Fibra cruda ²	0.5	0.9	0.7	1.1
Cenizas ²	0.6	1.1	0.9	1.0
Carbohidratos ¹	71.3	72.4	73.2	74.0

Composición	Maicillo Descascarado	Amaranto Integro	Amaranto Lavado y Descascarado
Humedad ²	12.6	13.6	14.0
Proteína ² (Nx6.25)	8.9	14.3	15.1
Extracto etéreo	2.5	3.9	4.0
Fibra cruda ²	0.9	3.3	1.4
Cenizas ²	0.8	2.7	2.0
Carbohidratos ¹	74.3	62.2	63.5

1. Valores obtenidos por diferencia.
2. Análisis efectuados en triplicado.
3. Para calcular la proteína de la semolina se usó el factor Nx5.7.

Tabla 9.

Evaluación organoléptica: medición del parámetro de textura en pastas preparadas con semolina y semolina sustituida con maíz amarillo, maicillo y amaranto.

Tipo de Pasta	Calificación de la Pasta ¹
Semolina	4.5
85% semolina + 15% maíz amarillo	3.5
75% semolina + 25% maíz amarillo	3.0
65% semolina + 35% maíz amarillo	3.0
85% semolina + 15% maicillo	3.0
75% semolina + 25% maicillo	3.5
65% semolina + 35% maicillo	3.0
85% semolina + 15% amaranto	4.1
75% semolina + 25% amaranto	4.0
65% semolina + 35% amaranto	3.5

1. Según una escala hedónica de 0-5.

Tabla 10.

Evaluación organoléptica: medición del parámetro de textura en pastas preparadas con semolina sustituida con maíz (en niveles de 15, 25 y 35%), con y sin tratamiento térmico.

Pasta	Calificación ¹			
	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
		100°C	150°C	200°C
85% semolina + 15% maíz amarillo	3.5	4.0	4.0	3.0
75% semolina + 25% maíz amarillo	3.0	4.0	3.5	3.0
65% semolina + 35% maíz amarillo	3.0	3.5	3.5	2.5

1. Según una escala hedónica de 0-5.

Tabla 11.

Evaluación organoléptica del color en pastas preparadas con semolina y semolina sustituida con maiz amarillo, maicillo y amaranto.

Pasta	Calificación de la Pasta ¹
Semolina	3.0
85% semolina + 15% maiz amarillo	4.0
75% semolina + 25% maiz amarillo	4.5
65% semolina + 35% maiz amarillo	3.0
85% semolina + 15% maicillo	2.5
75% semolina + 25% maicillo	2.0
65% semolina + 35% maicillo	1.5
85% semolina + 15% amaranto	2.0
5% semolina + 25% amaranto	1.0
5% semolina + 35% amaranto	1.0

1. Según una escala hedónica de 0-5.

Tabla 12.

Evaluación organoléptica del color en pastas preparadas con semolina sustituida con maiz (15, 25 y 35%), con y sin tratamiento térmico.

Calificación¹

Pasta	Sin Tratamiento	Con Tratamiento		
		100°C	150°C	200°C
85% semolina + 15% maiz amarillo	4.0	4.0	4.0	3.0
5% semolina + 25% maiz amarillo	4.5	4.5	4.5	2.5
5% semolina + 35% maiz amarillo	3.0	3.5	3.0	1.5

1. Según una escala hedónica de 0-5.

Tabla 13.

Evaluación organoléptica del sabor en pastas preparadas con semolina y semolina sustituida con maíz, maicillo y amaranto.

Pasta	Calificación de la Pasta ¹
Semolina	4.5
5% semolina + 15% maíz amarillo	3.0
5% semolina + 25% maíz amarillo	3.0
5% semolina + 35% maíz amarillo	2.5
5% semolina + 15% maicillo	3.0
5% semolina + 25% maicillo	2.0
5% semolina + 35% maicillo	1.5
5% semolina + 15% amaranto	2.5
5% semolina + 25% amaranto	2.0
5% semolina + 35% amaranto	1.0

1. Según una escala hedónica de 0-5.

Tabla 14.

Evaluación organoléptica del sabor en pastas preparadas con semolina sustituida con maíz (15, 25 y 35%), con y sin tratamiento térmico.

Pasta	Sin Tratamiento Calificación	Tratamiento ¹		
		100°C	150°C	200°C
5% semolina + 15% maíz amarillo	3.0	4.0	4.0	2.5
5% semolina + 25% maíz amarillo	3.0	4.0	4.0	2.5
5% semolina + 35% maíz amarillo	2.5	3.0	4.0	1.5

1. Según una escala hedónica de 0-5.

Tabla 15.

Porcentaje de absorción de agua por cocción en pastas elaboradas con semolina y semolina sustituida con maíz, maicillo y amaranto en niveles de 15, 25 y 35%.

Material	Absorción de agua (%)
Semolina	258.0
5% semolina + 15% maíz amarillo	219.6
5% semolina + 25% maíz amarillo	227.2
5% semolina + 35% maíz amarillo	245.8
5% semolina + 15% maicillo	226.6
5% semolina + 25% maicillo	232.2
5% semolina + 35% maicillo	244.9
5% semolina + 15% amaranto	216.8
5% semolina + 25% amaranto	213.8
5% semolina + 35% amaranto	210.8

Tabla 16.

Porcentaje de absorción de agua por cocción en pastas elaboradas con semolina sustituida con maíz amarillo, con y sin tratamiento térmico.

Material	Sin Tratamiento Térmico (%)	Tratamiento Térmico ¹		
		100°C	150°C	200°C
Semolina	258.0 ² ² ²
5% semolina + 15% maíz amarillo	219.6	216.6	213.8	235.8
5% semolina + 25% maíz amarillo	227.2	226.6	220.2	250.6
5% semolina + 35% maíz amarillo	245.8	235.8	226.2	256.5

1. Tratamiento térmico (temperatura de tostado °C) de maíz amarillo.
2. No se trató térmicamente la semolina.

Tabla 17.

Porcentaje de pérdida de sólidos solubles por cocción de las pastas preparadas con semolina y semolina sustituida parcialmente con maíz amarillo, maicillo y amaranto, sin tratamiento térmico.

Material	Sólidos Solubles (%)
Semolina	7.39
5% semolina + 15% maíz amarillo	7.58
5% semolina + 25% maíz amarillo	7.61
5% semolina + 35% maíz amarillo	8.25
5% semolina + 15% maicillo	7.00
5% semolina + 25% maicillo	7.59
5% semolina + 35% maicillo	8.29
5% semolina + 15% amaranto	9.21
5% semolina + 25% amaranto	9.83
5% semolina + 35% amaranto	9.91

Tabla 18.

Porcentaje de pérdida de sólidos solubles por cocción de las pastas preparadas con semolina sustituida parcialmente con maíz amarillo crudo y tratado térmicamente.

Material	Sin Tratamiento Térmico	Pérdida de Sólidos Solubles (%)		
		Tratamiento Térmico ¹		
		100°C	150°C	200°C
Semolina	7.39 ² ² ²
5% semolina + 15% maíz amarillo	7.58	6.79	7.45	7.46
5% semolina + 25% maíz amarillo	7.61	7.42	7.56	7.72
5% semolina + 35% maíz amarillo	8.25	8.03	8.11	8.43

1. Tratamiento térmico, tostado de maíz amarillo en °C.

2. No se trató térmicamente la semolina.

Tabla 15.

Porcentaje de ruptura de la pasta durante la cocción. Pasta de semolina y semolina sustituida con maiz amarillo, maicillo y amaranto, sin tratamiento térmico.

Material	Sin Tratamiento Térmico (%)
Semolina	1.2
5% semolina + 15% maiz amarillo	20.5
5% semolina + 25% maiz amarillo	26.4
5% semolina + 35% maiz amarillo	29.5
5% semolina + 15% maicillo	9.3
5% semolina + 25% maicillo	13.8
5% semolina + 35% maicillo	19.5
5% semolina + 15% amaranto	14.1
5% semolina + 25% amaranto	9.7
5% semolina + 35% amaranto	6.5

Tabla 20.

Porcentaje de ruptura de la pasta durante la cocción de pasta de semolina sustituida parcialmente con maiz amarillo, con y sin tratamiento térmico.

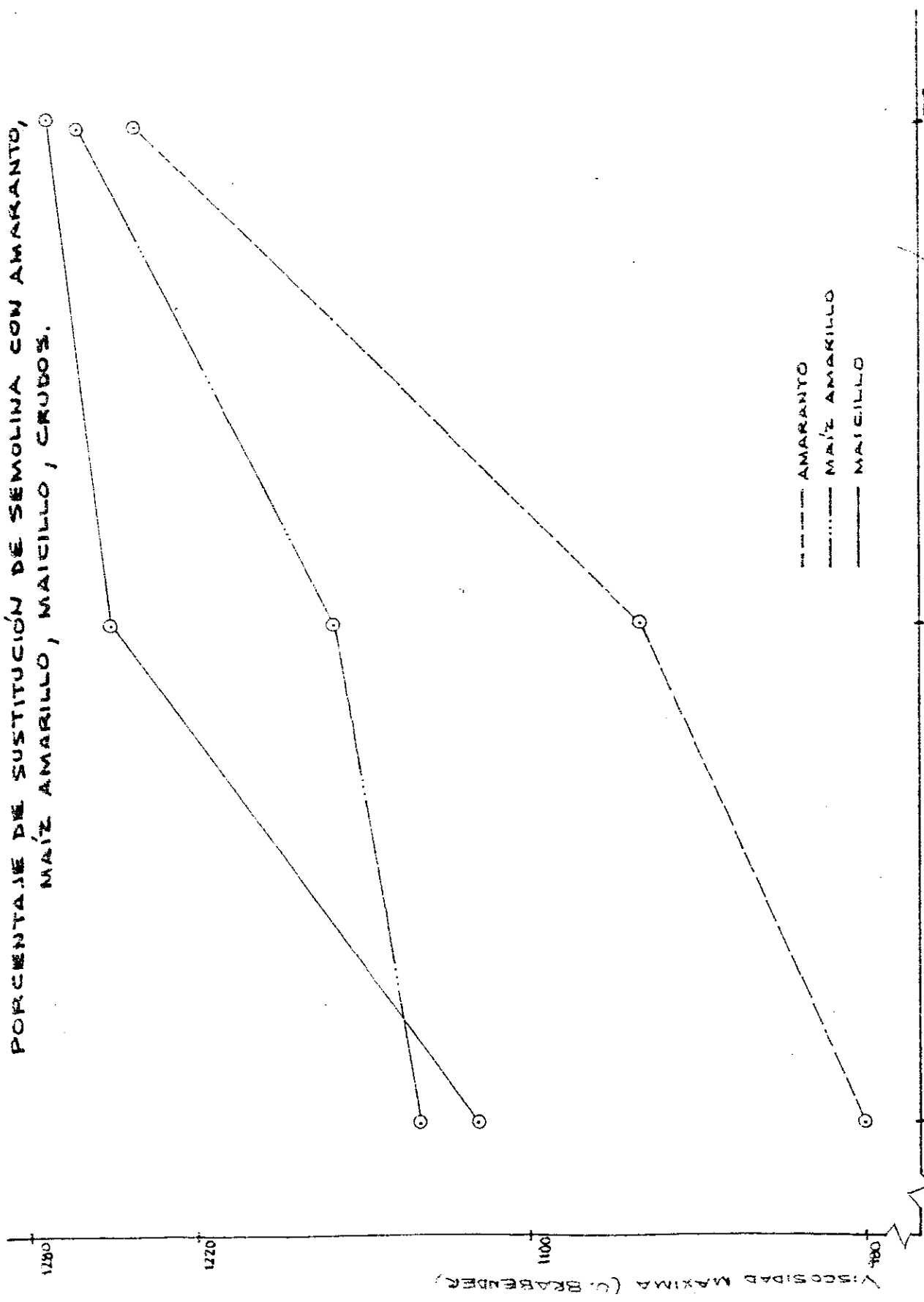
Material	Sin Tratamiento Térmico (%)	Tratamiento Térmico ¹		
		100°C	150°C	200°C
Semolina	1.2	---	---	---
5% semolina + 15% maiz amarillo	20.5	16.4	11.7	40.2
5% semolina + 25% maiz amarillo	26.4	17.7	15.6	59.8
5% semolina + 35% maiz amarillo	29.5	21.3	19.0	83.7

1. Temperatura de tostado en °C.

VISCOSIDAD MÁXIMA

VRS.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN DE SEMOLINA CON AMARANTO,
MAÍZ AMARILLO, MAICILLO, CRUDOS.



15 25 35
15 PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN (SIN TRATAMIENTO TÉRMICO) FIG. 1

VISCOSIDAD MÁXIMA

PORCENTAJE SUSTITUCION EN SEMOLINA CON MAÍZ
CRUDO Y TRATADO TÉRMICAMENTE



FIG. 2

VISCOSIDAD MÁXIMA

VR5.

TEMPERATURA DE TOSTADO EN SEMOLINA SUSTITUIDA
A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35 %.

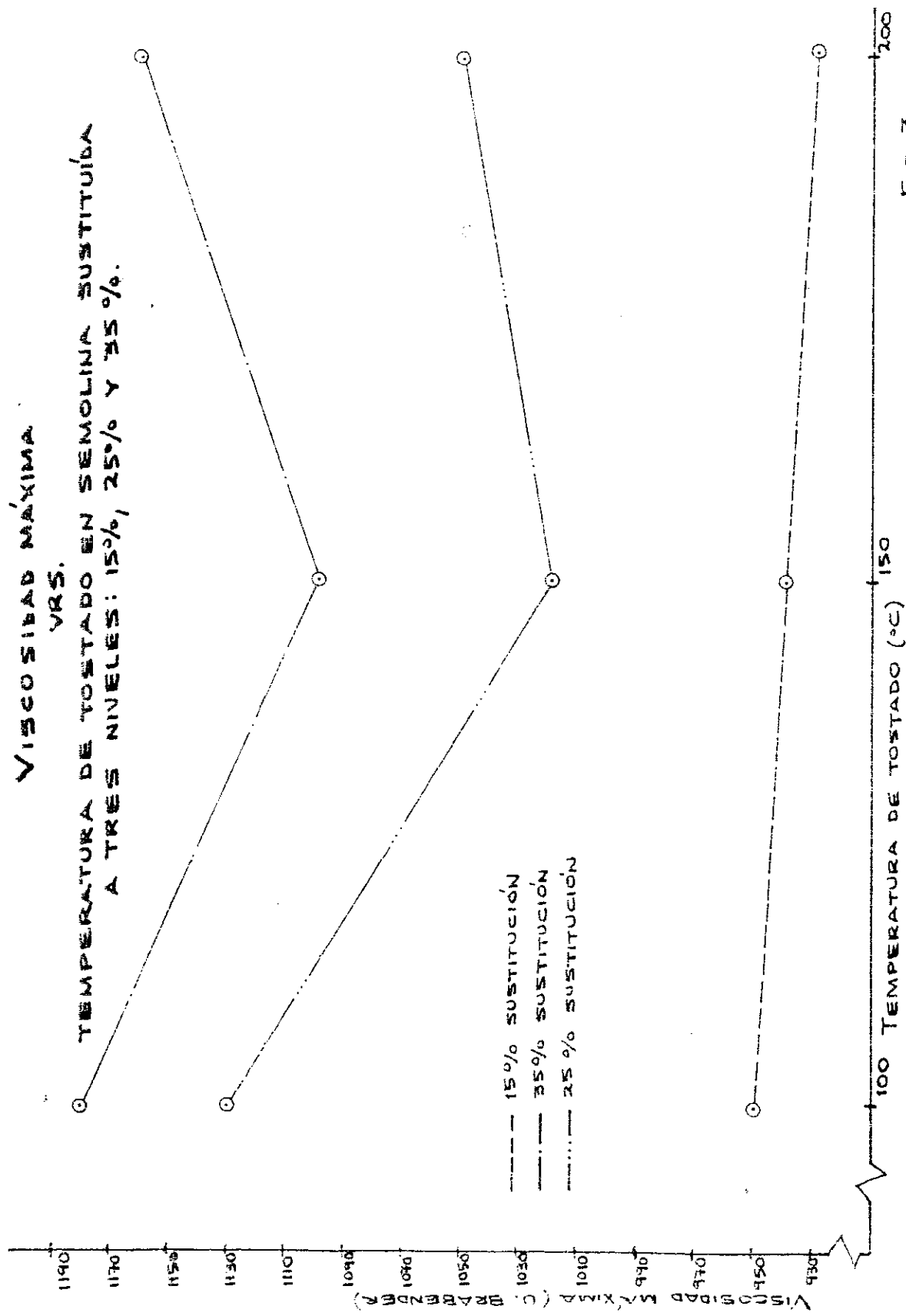


FIG. 3

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN FARINOGRÁFICA

VRS.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN SIN TRATAMIENTO TÉRMICO
EN SEMOLINA SUSTITUIDA CON MAICILLO, MAÍZ Y AMARANTO.

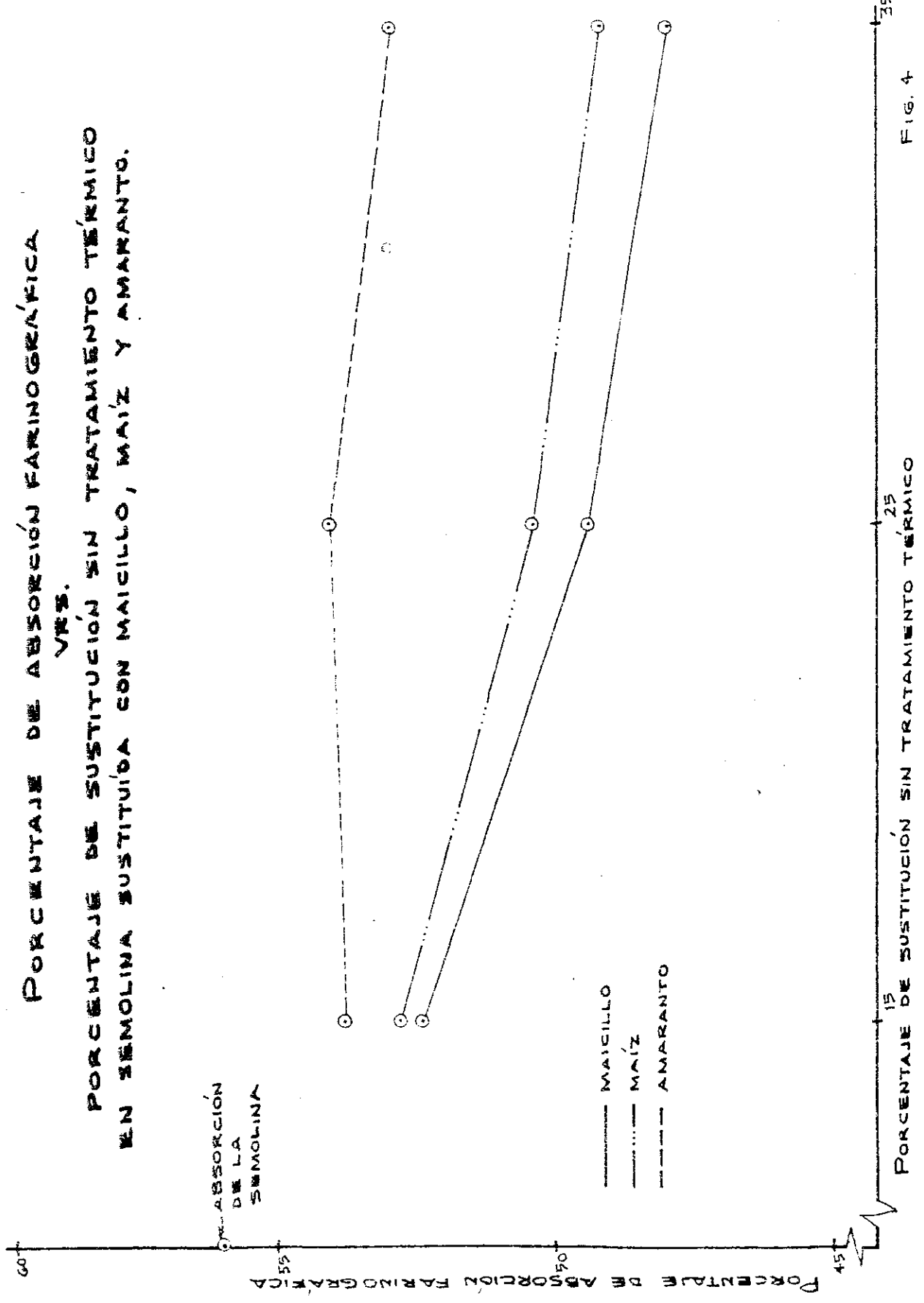


FIG. 4

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN FARINOGRÁFICA

MRS.

TEMPERATURA DE TOSTADO

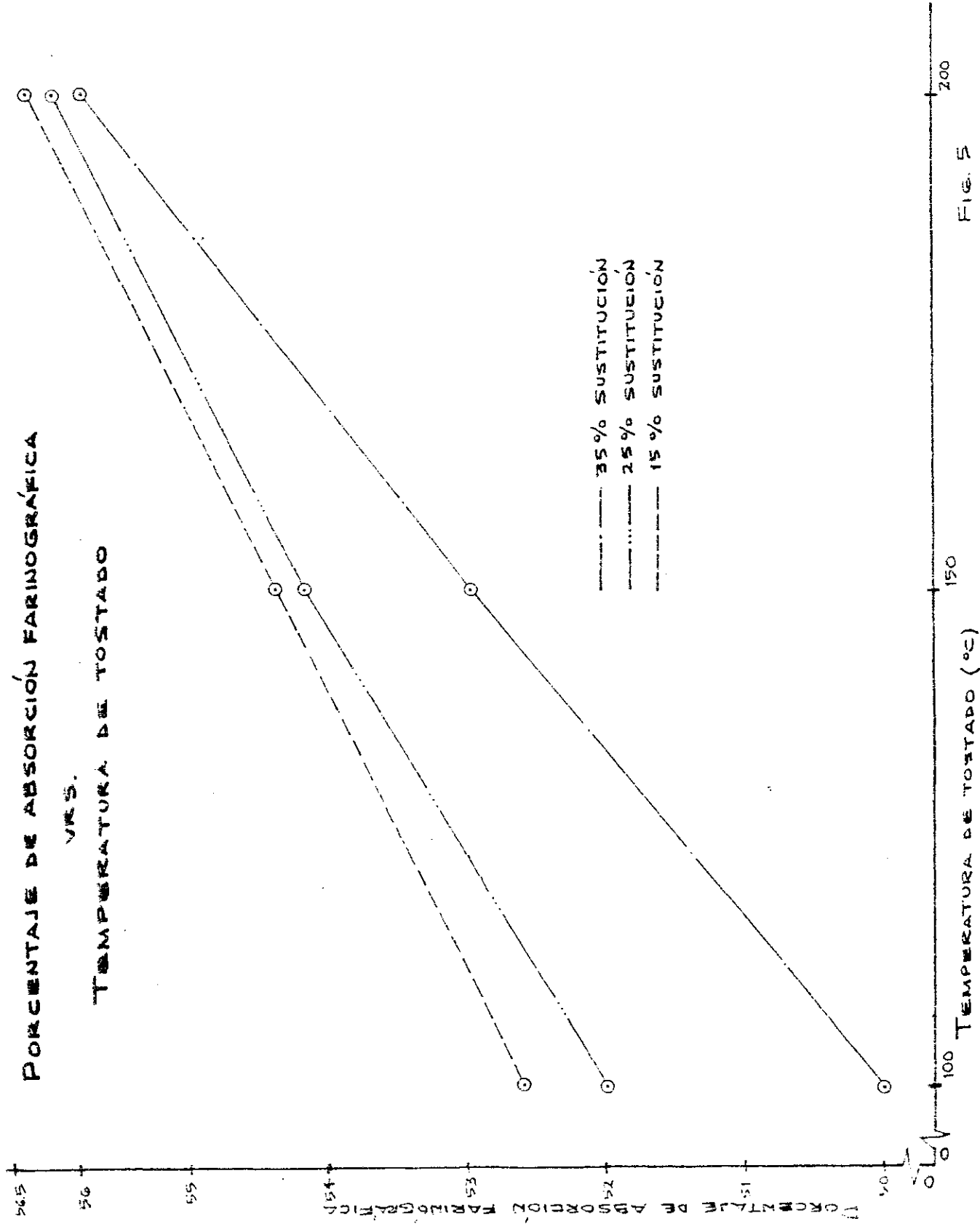


FIG. 5

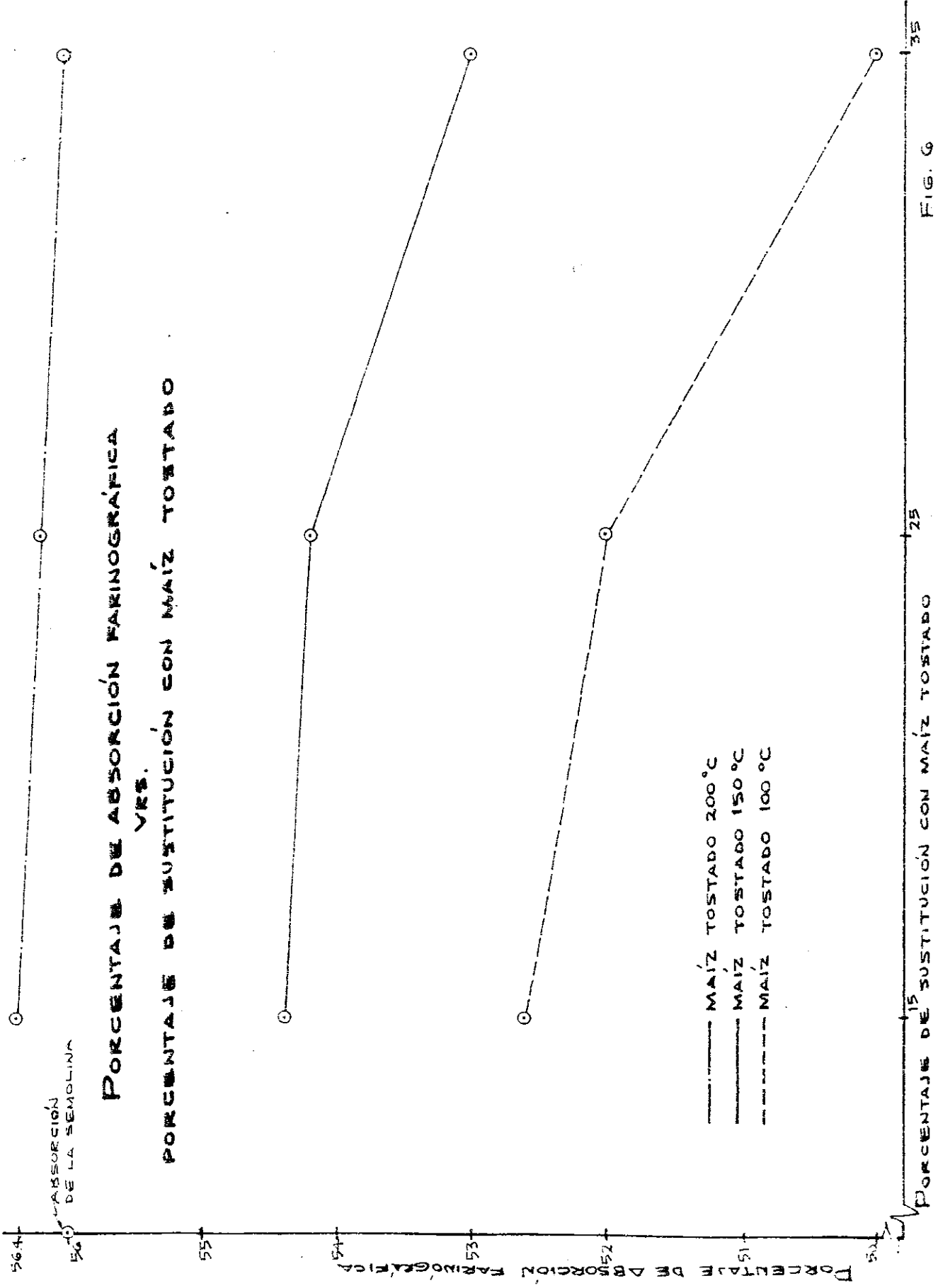


FIG. 6

SEDIMENTACIÓN

VRS.

TEMPERATURA DE TOSTADO EN SEMOLINA SUSTITUIDA CON MAÍZ AMARILLO A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35%.

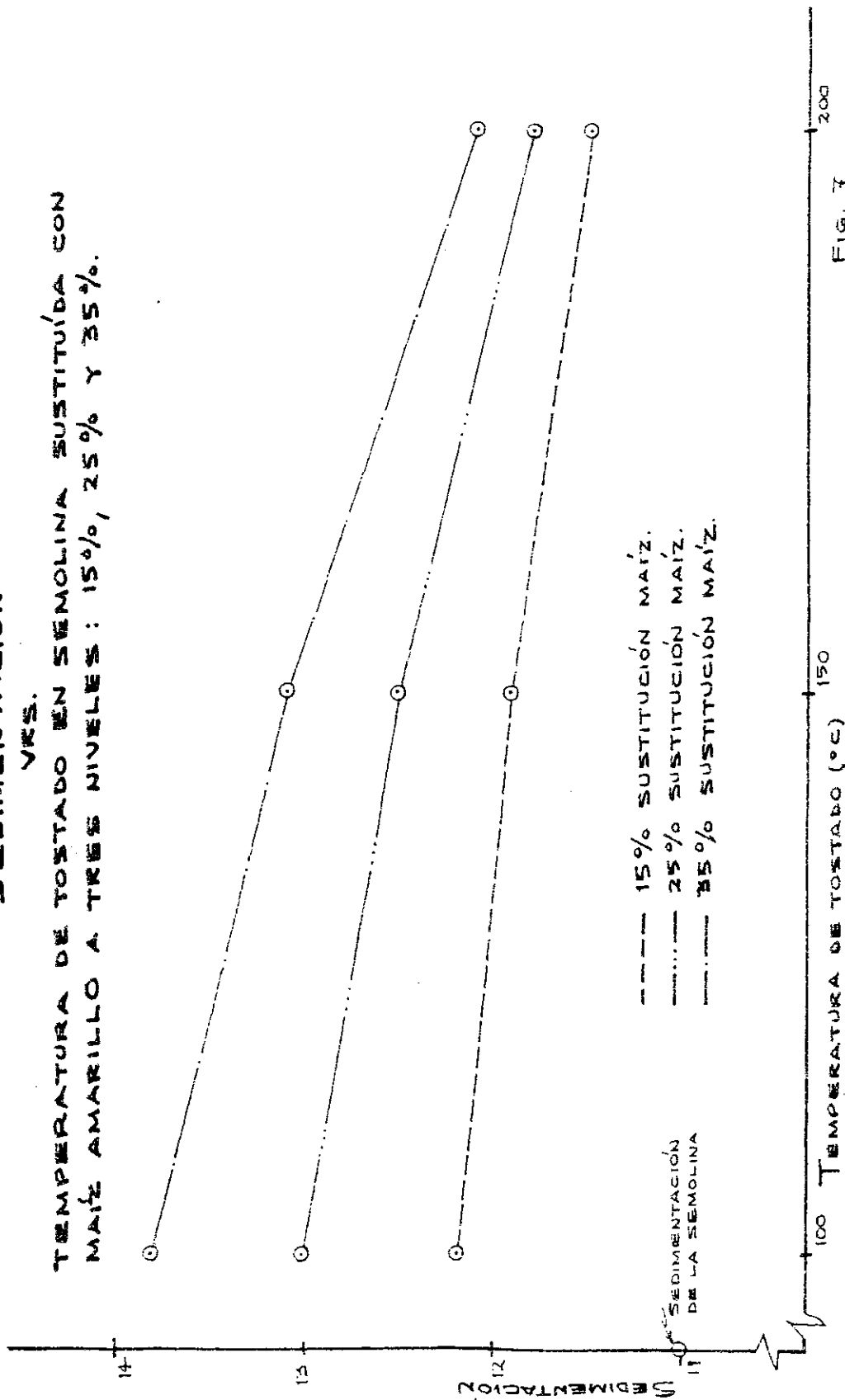


FIG. 7

VALOR DE SEDIMENTACIÓN

VRS.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN EN SEMOLINA SUSTITUIDA CON
MAÍZ AMARILLO, MAICILLO Y AMARANTO
CRUDOS

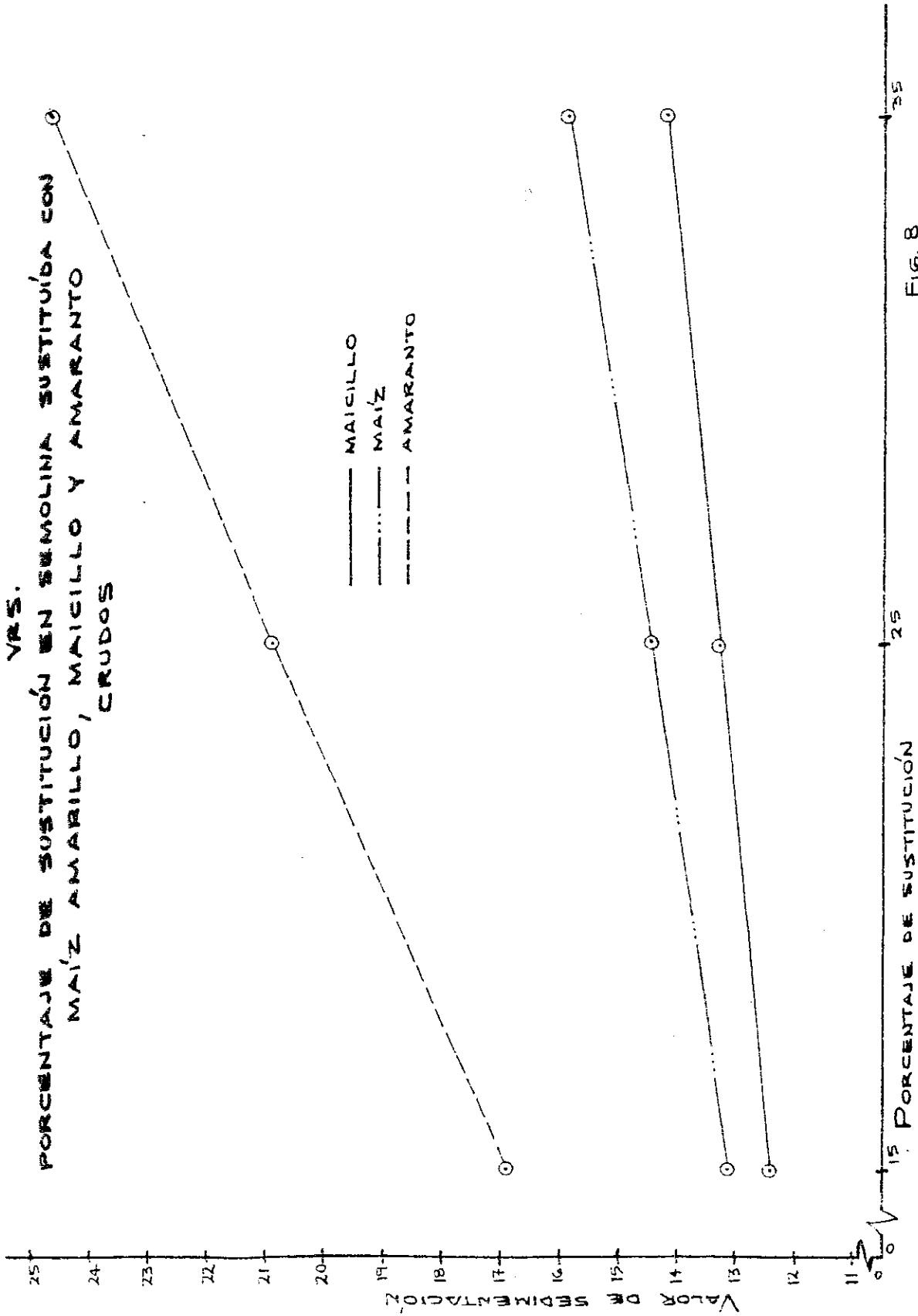


FIG. 8

SEDIMENTACIÓN VRS.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN EN SEMOLINA SUSTITUIDA CON MAÍZ CRUDO Y
TRATADO TÉRMICAMENTE

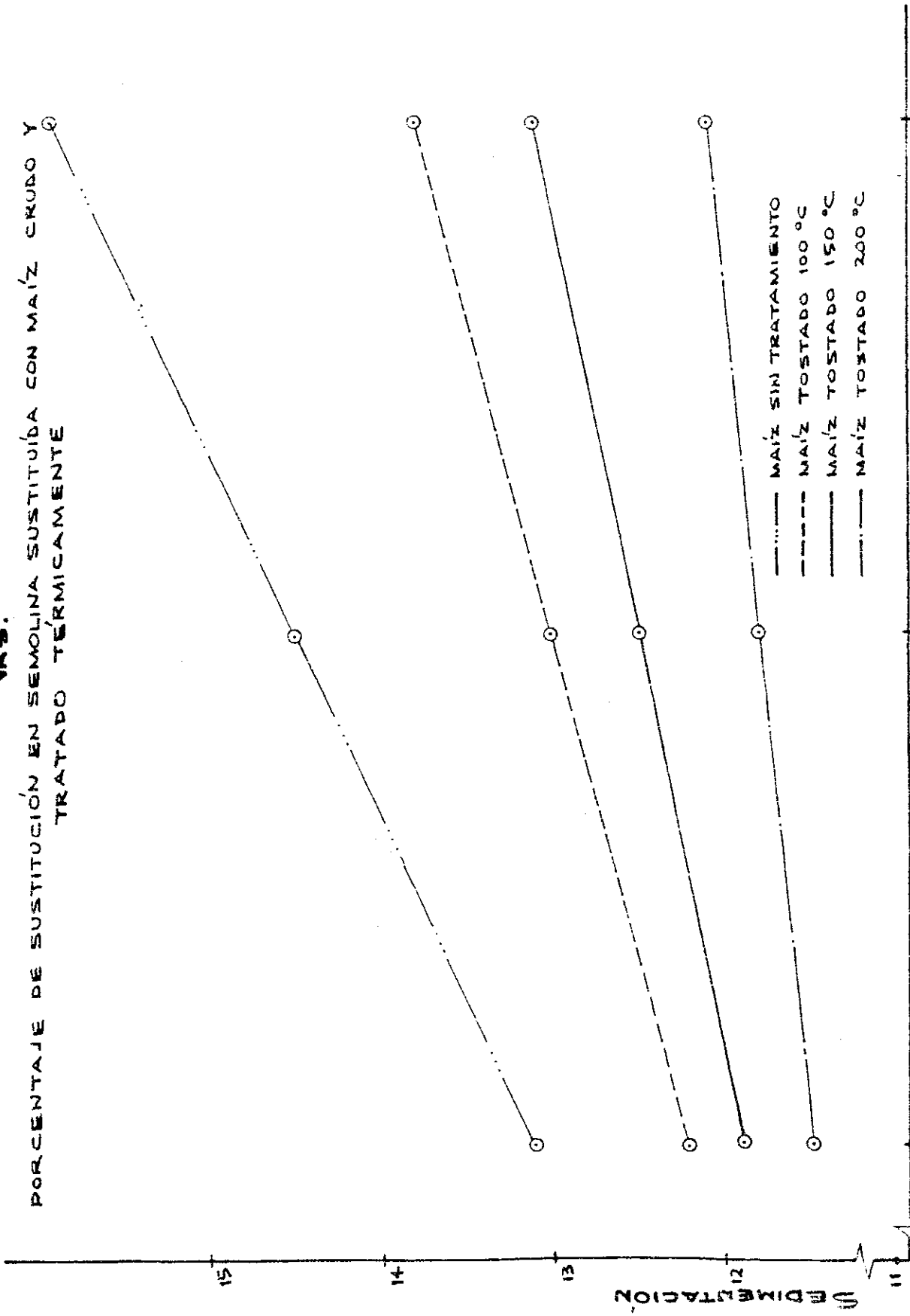


FIG. 9

15 PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN²⁵

11

VALOR DE SEDIMENTACIÓN

VRS.

PORCENTAJE DE ALMIDÓN DAÑADO EN SEMOLINA SUSTITUIDA
A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35%.

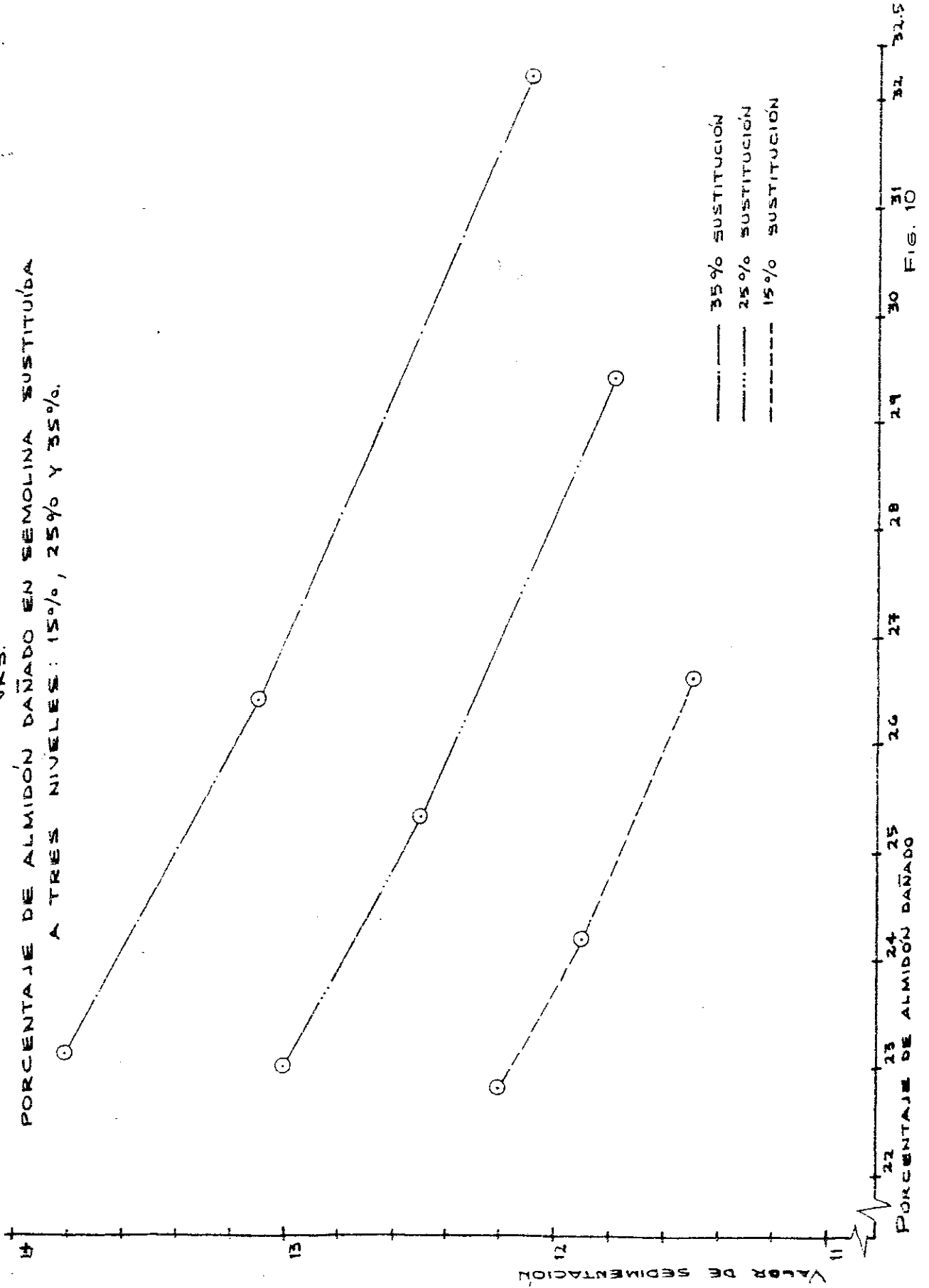


FIG. 10

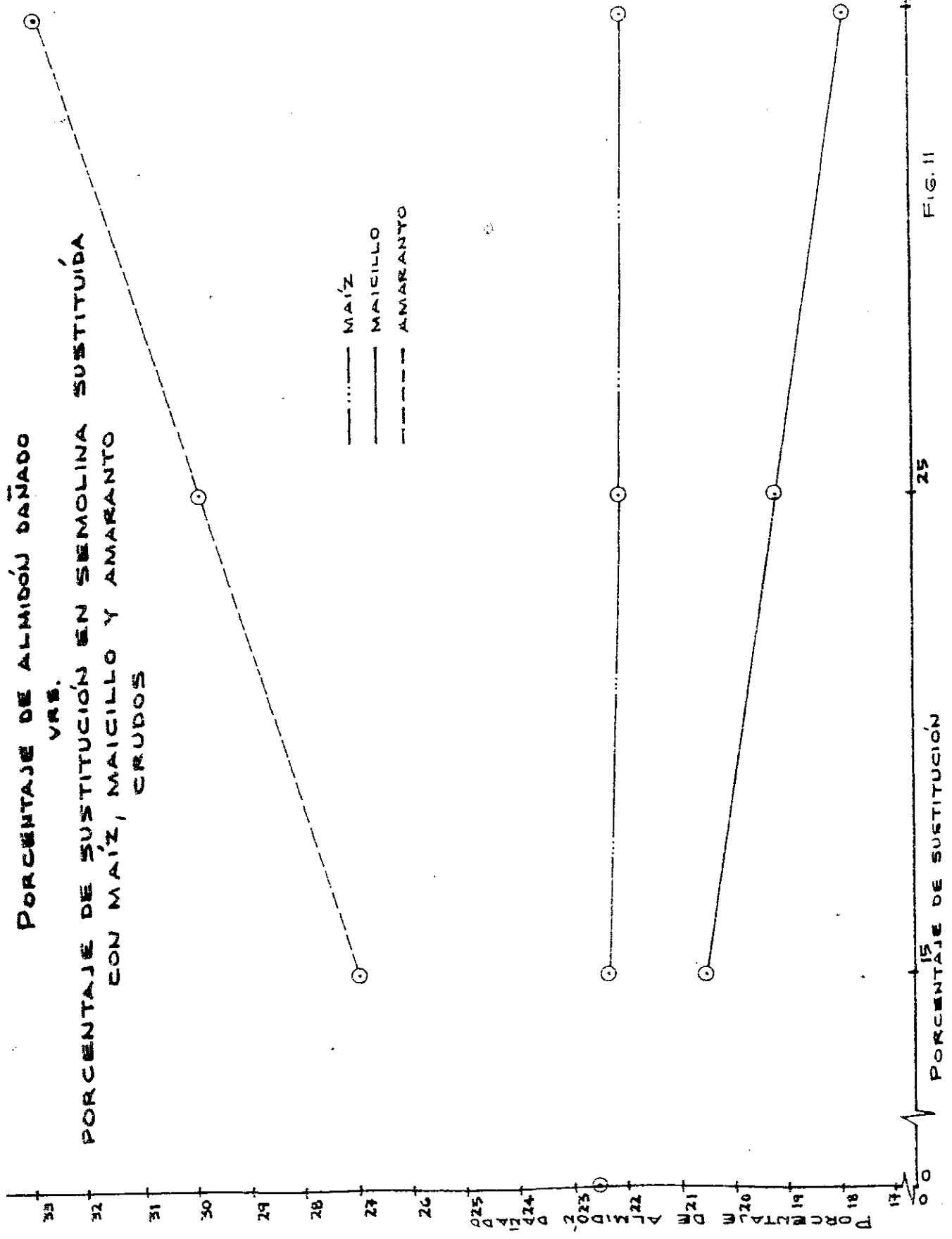


FIG. 11

PORCENTAJE DE ALMIDÓN DAÑADO

VRS.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN EN SEMOLINA SUSTITUIDA CON MAÍZ AMARILLO CRUDO Y TRATADO TÉRMICAMENTE.

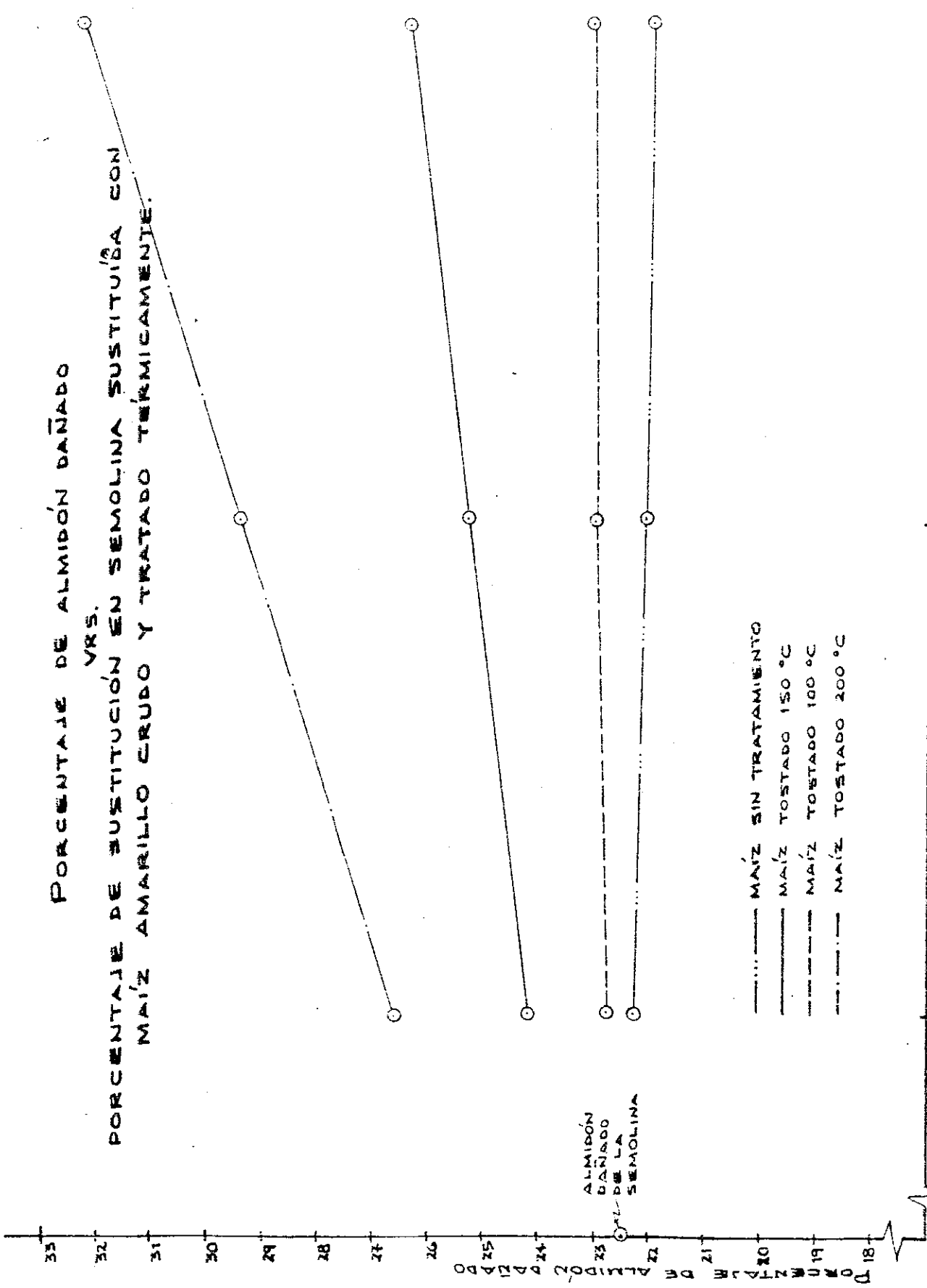


FIG. 12

PORCENTAJE DE ALMIDÓN DAÑADO
VRS.
TEMPERATURA DE TOSTADO DE HARINA DE MAÍZ Y
SEMOLINA SUSTITUIDA A TRES NIVELES:
15%, 25% Y 35%

- 100% MAÍZ
- - - 35% MAÍZ
- · · 25% MAÍZ
- - - 15% MAÍZ

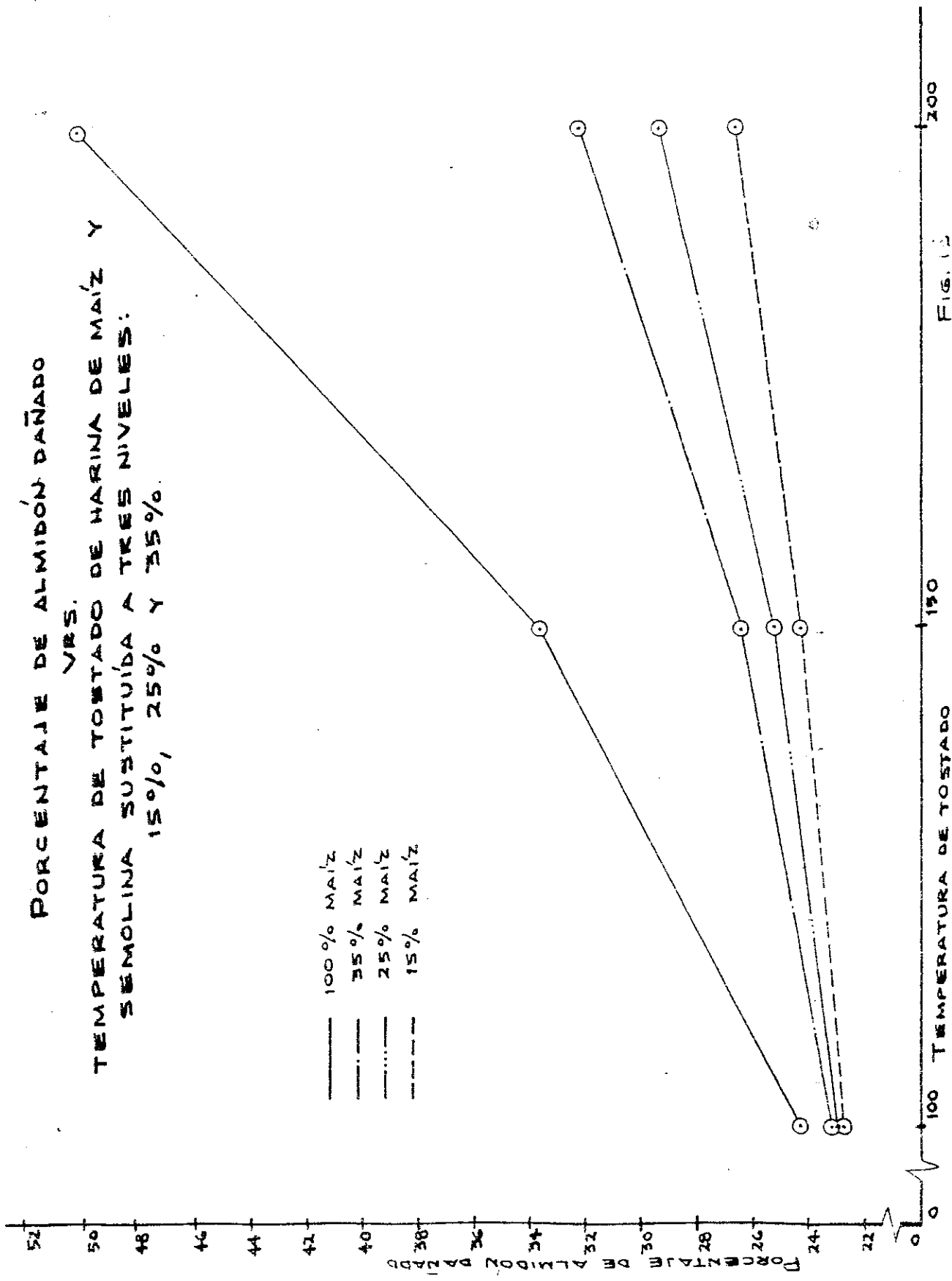


FIG. 12

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN FARINOGRÁFICA
VS.
PORCENTAJE DE ALMIDÓN DAÑADO

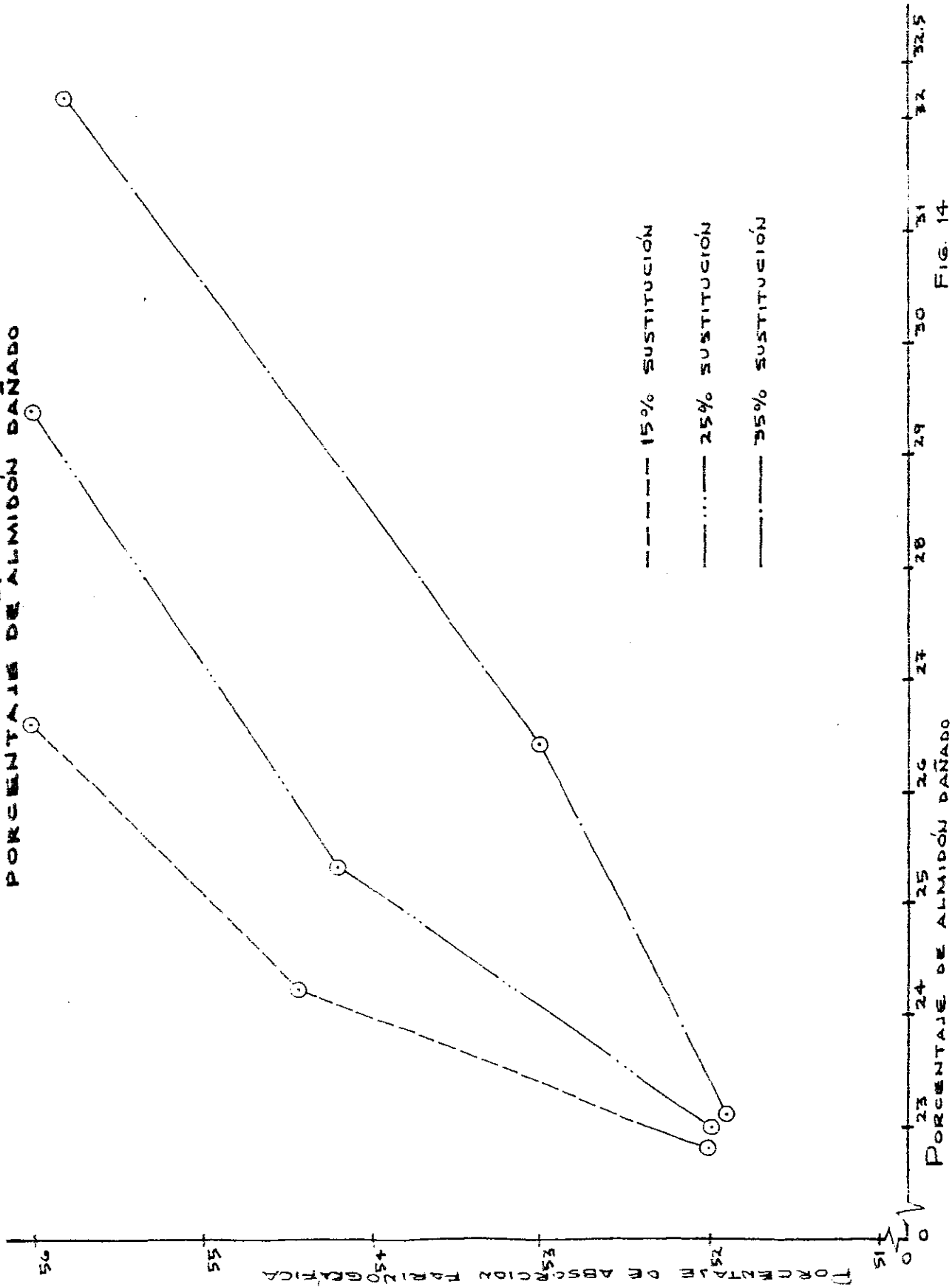


FIG. 14

ABSORCIÓN DE AGUA DURANTE LA COCCIÓN VRS. PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN
 (MATERIAL SIN TRATAMIENTO TÉRMICO)

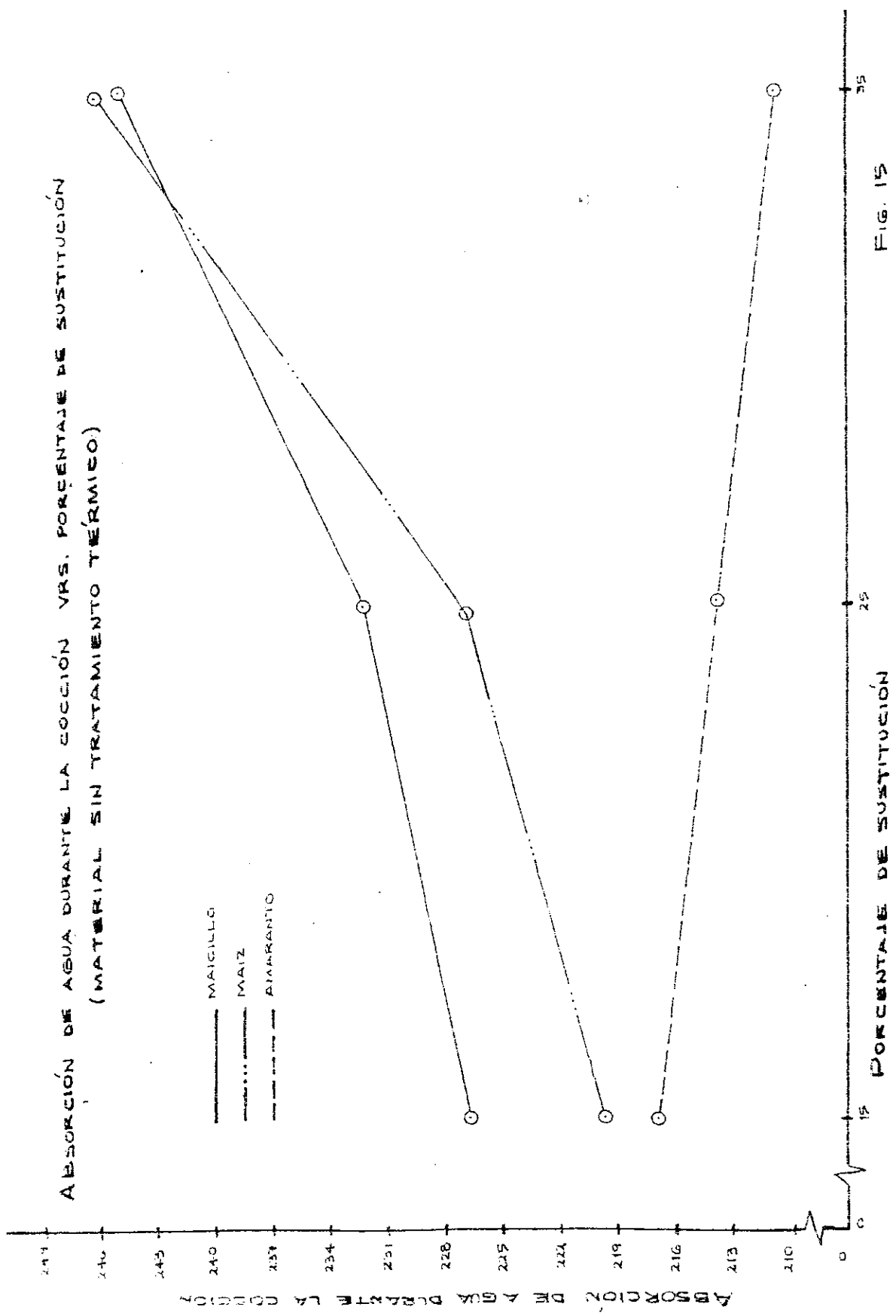


FIG. 15

PORCENTAJE ABSORCIÓN DE AGUA DURANTE LA COCCIÓN
VRS.

PORCENTAJE DM SUSTITUCIÓN

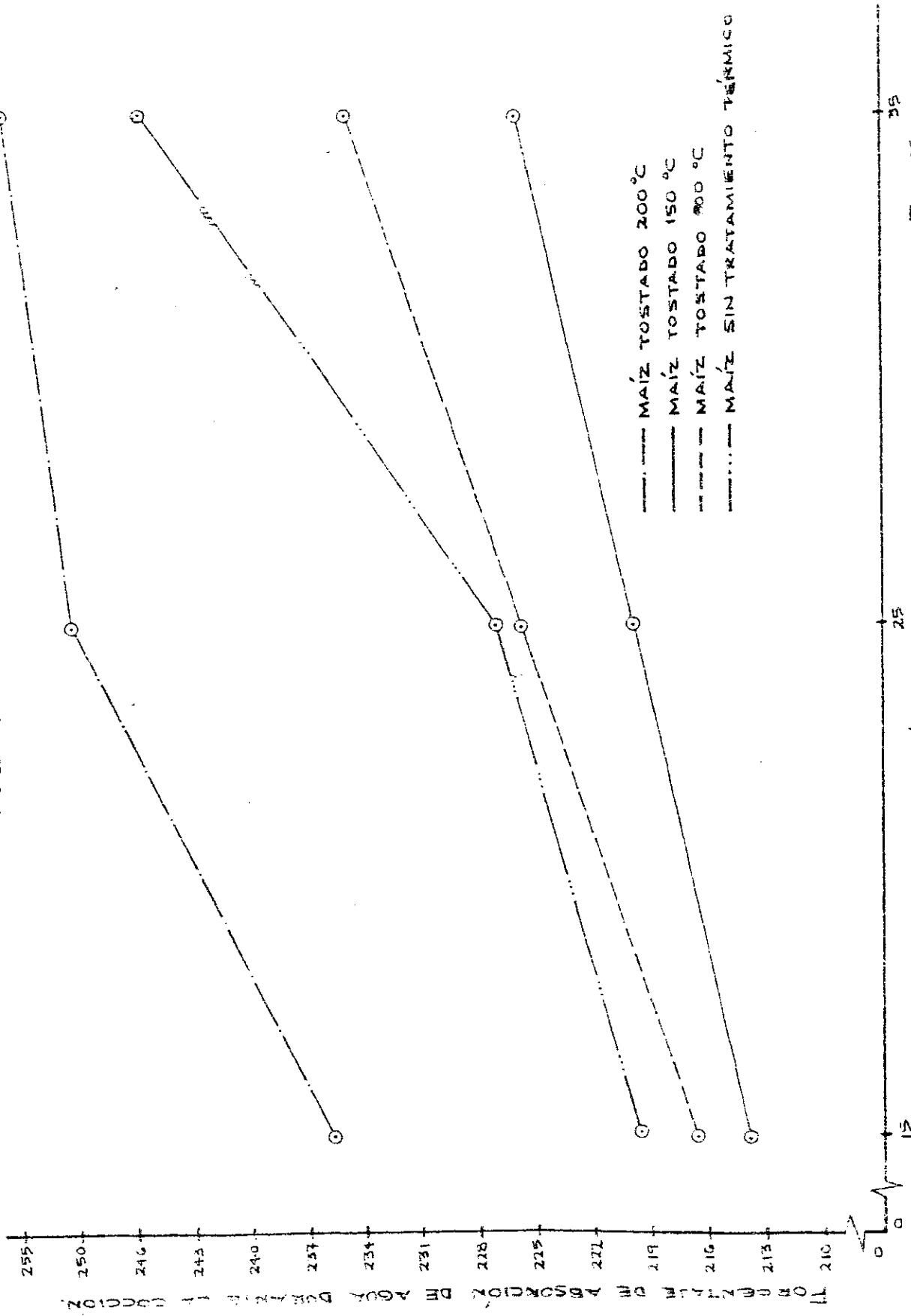


FIG. 16

POARCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA DURANTE LA COCCIÓN
VRS.

TEMPERATURA DE TESTADO EN PASTAS BLANQUEADAS CON SEMOLINA. O SUSTITUIDA.
A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35%.

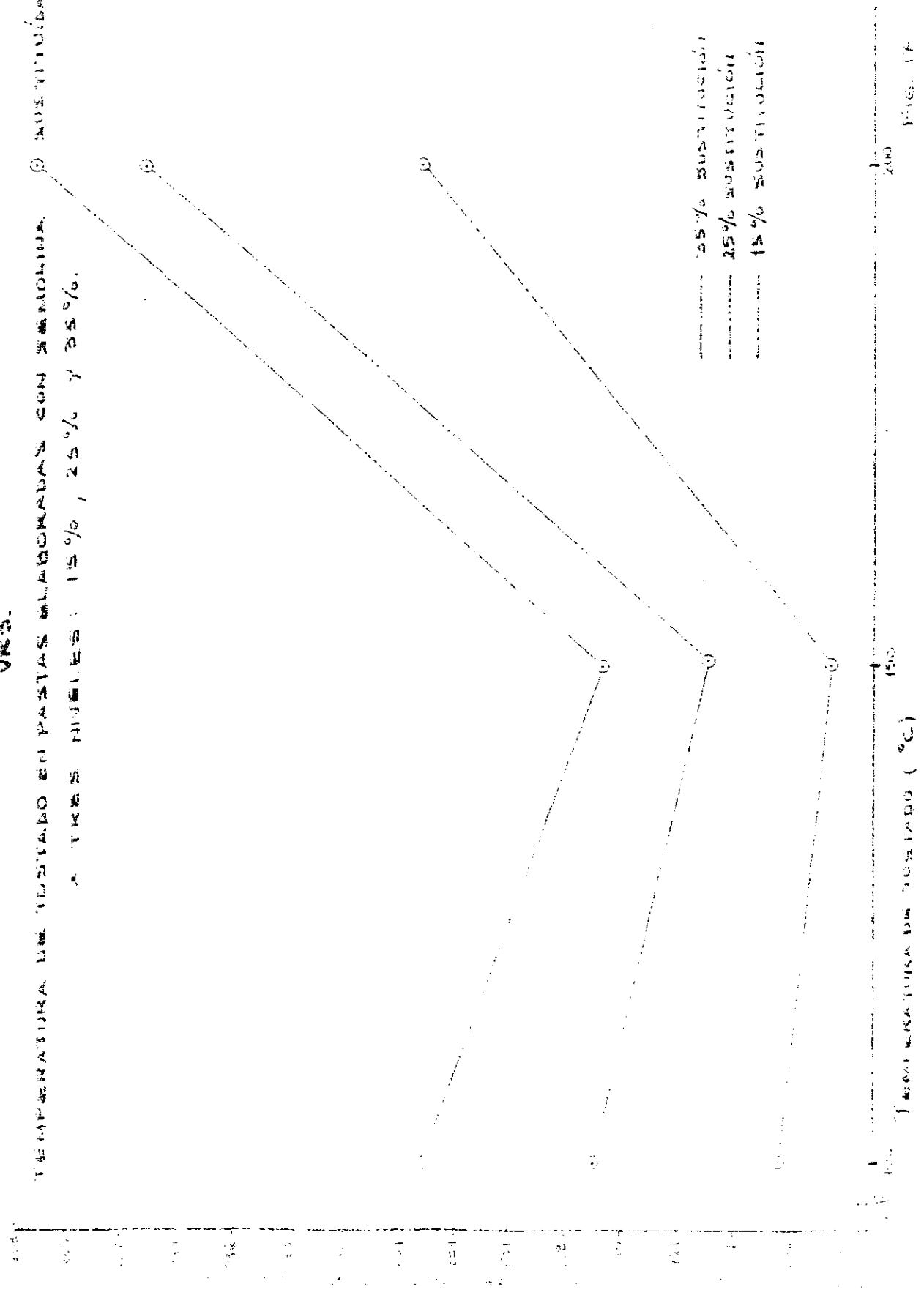
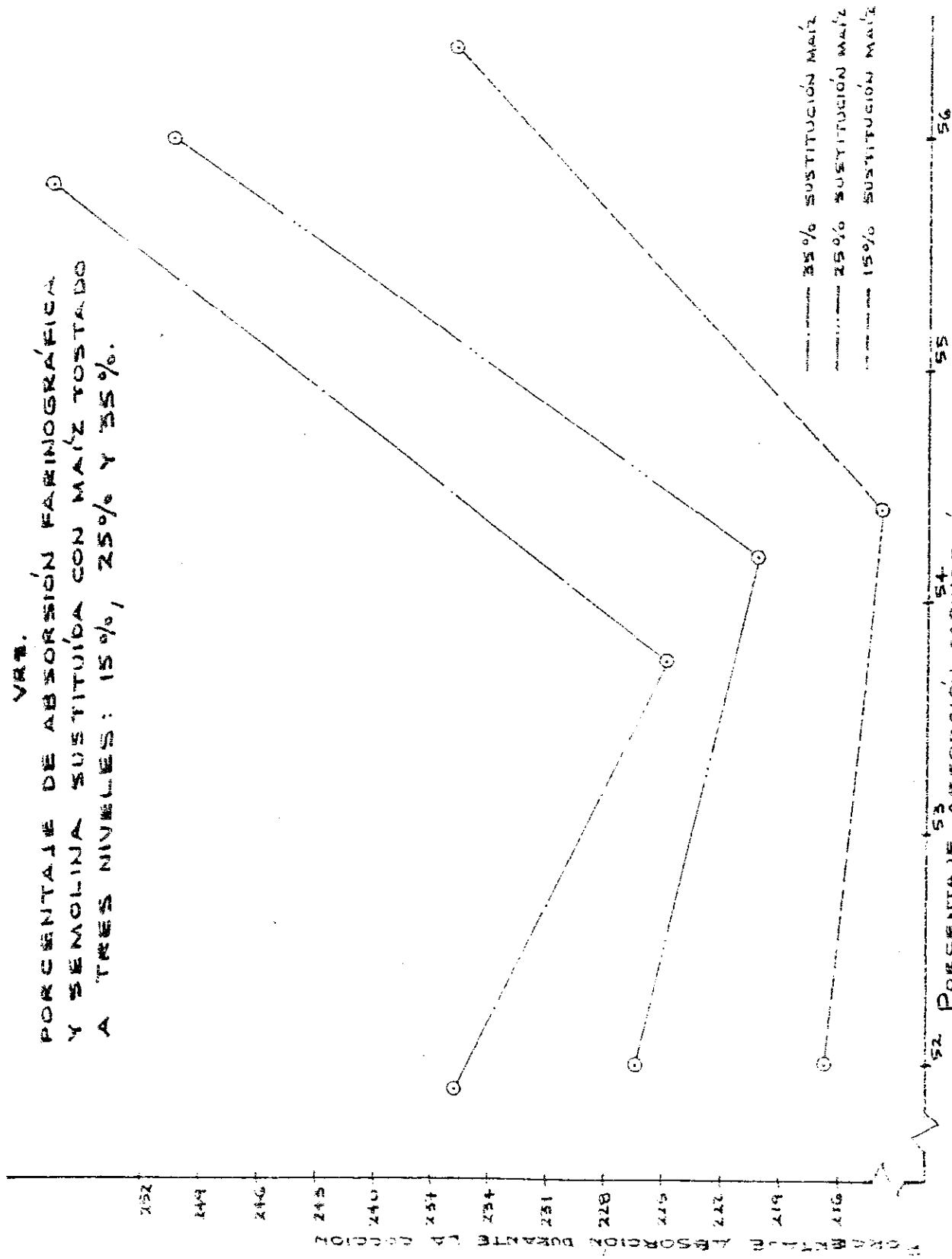


FIG. 17

PORCENTAJE ABSORCIÓN DURANTE LA COCCIÓN
V.R.T.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN FARINOGRÁFICA
Y SEMOLINA SUSTITUIDA CON MAÍZ TOSTADO
A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35%.



52 PORCENTAJE ABSORCIÓN FARINOGRÁFICA

PORCENTAJE PÉRDIDA DE SÓLIDOS
 VRS.
 PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN

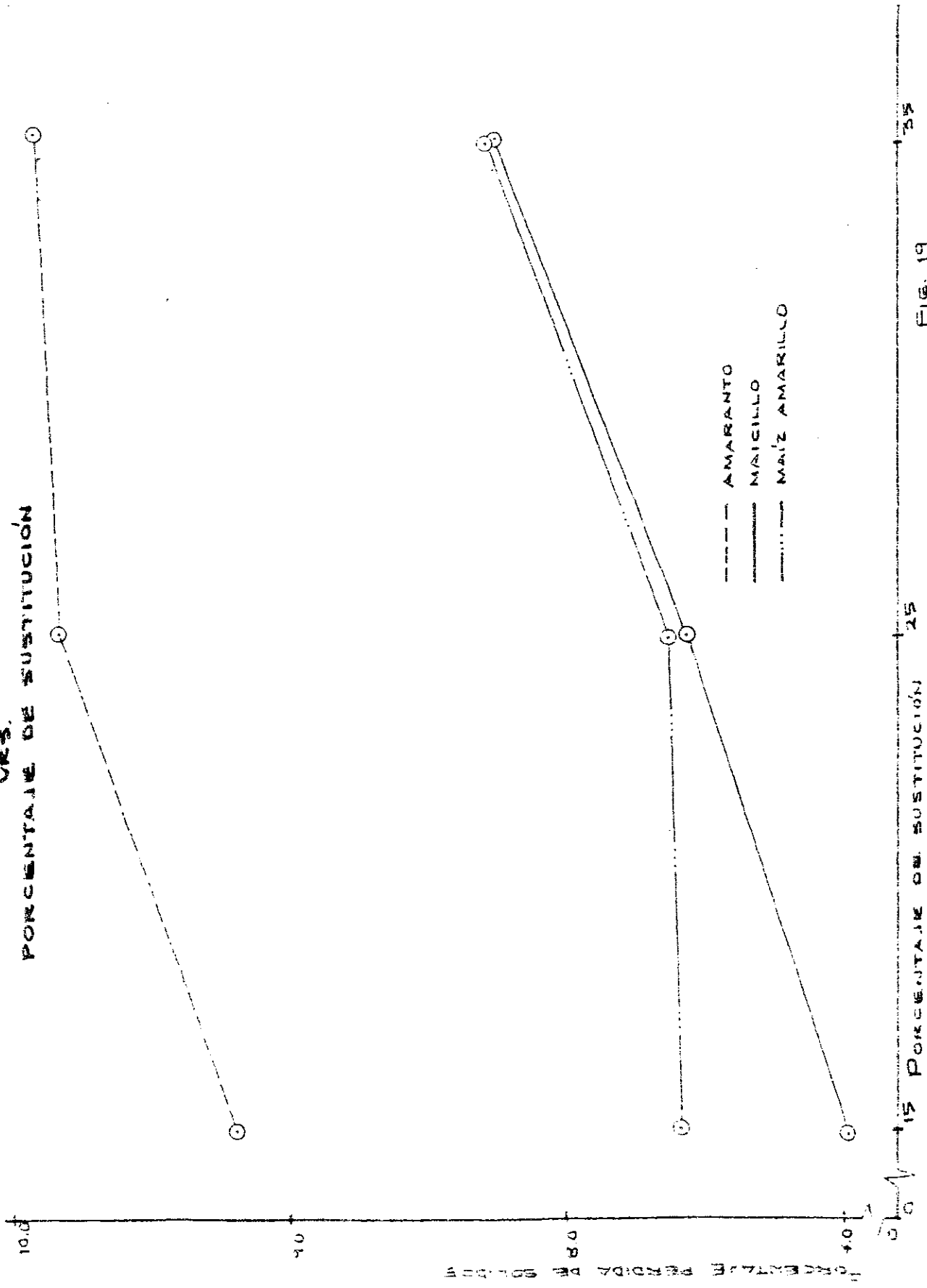
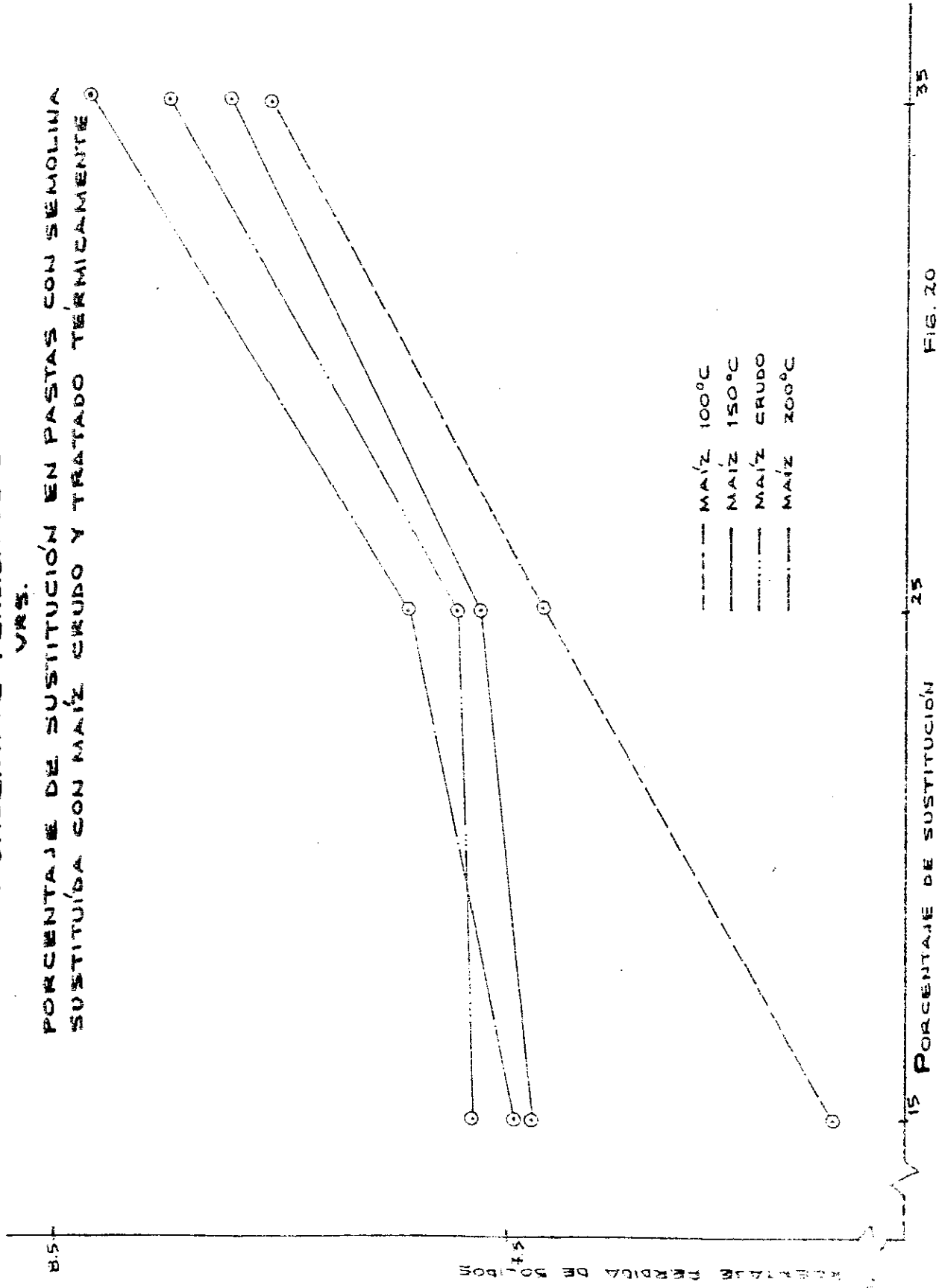


FIG. 19

PORCENTAJE PÉRDIDA DE SÓLIDOS
VRS.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN EN PASTAS CON SEMOLINA
SUSTITUÍDA CON MAÍZ CRUDO Y TRATADO TÉRMICAMENTE



PORCENTAJE PÉRDIDA DE SÓLIDOS
VRS.

TEMPERATURA DE TOSTADO EN PASTAS CON SEMOLINA
SUSTITUIDA A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35%.

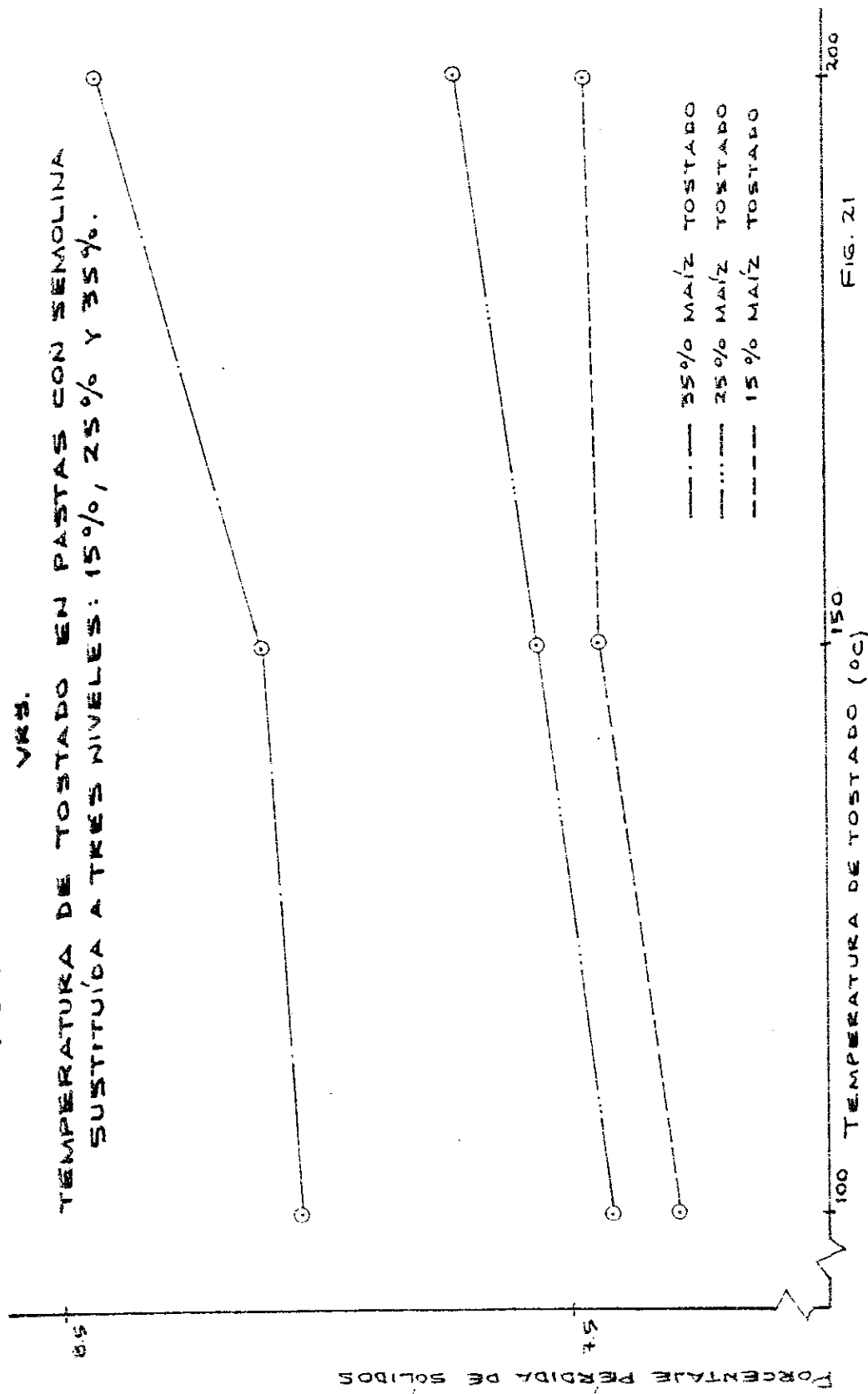


FIG. 21

RUPTURA POR COCCIÓN

YMS.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN EN PASTAS CON SEMOLINA
SUSTITUÍDA CON MAÍZ AMARILLO, MAICILLO Y AMARANTO.

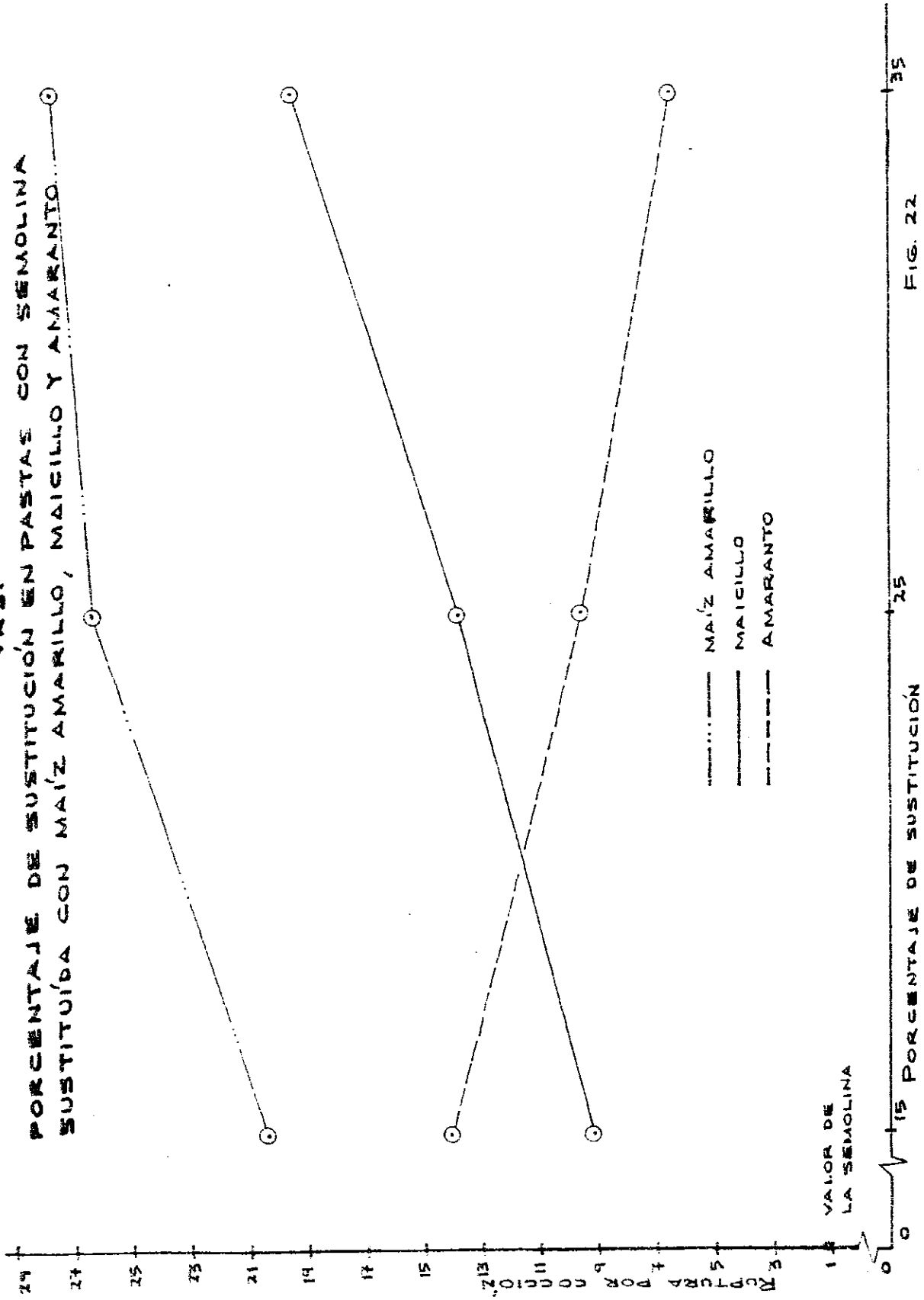


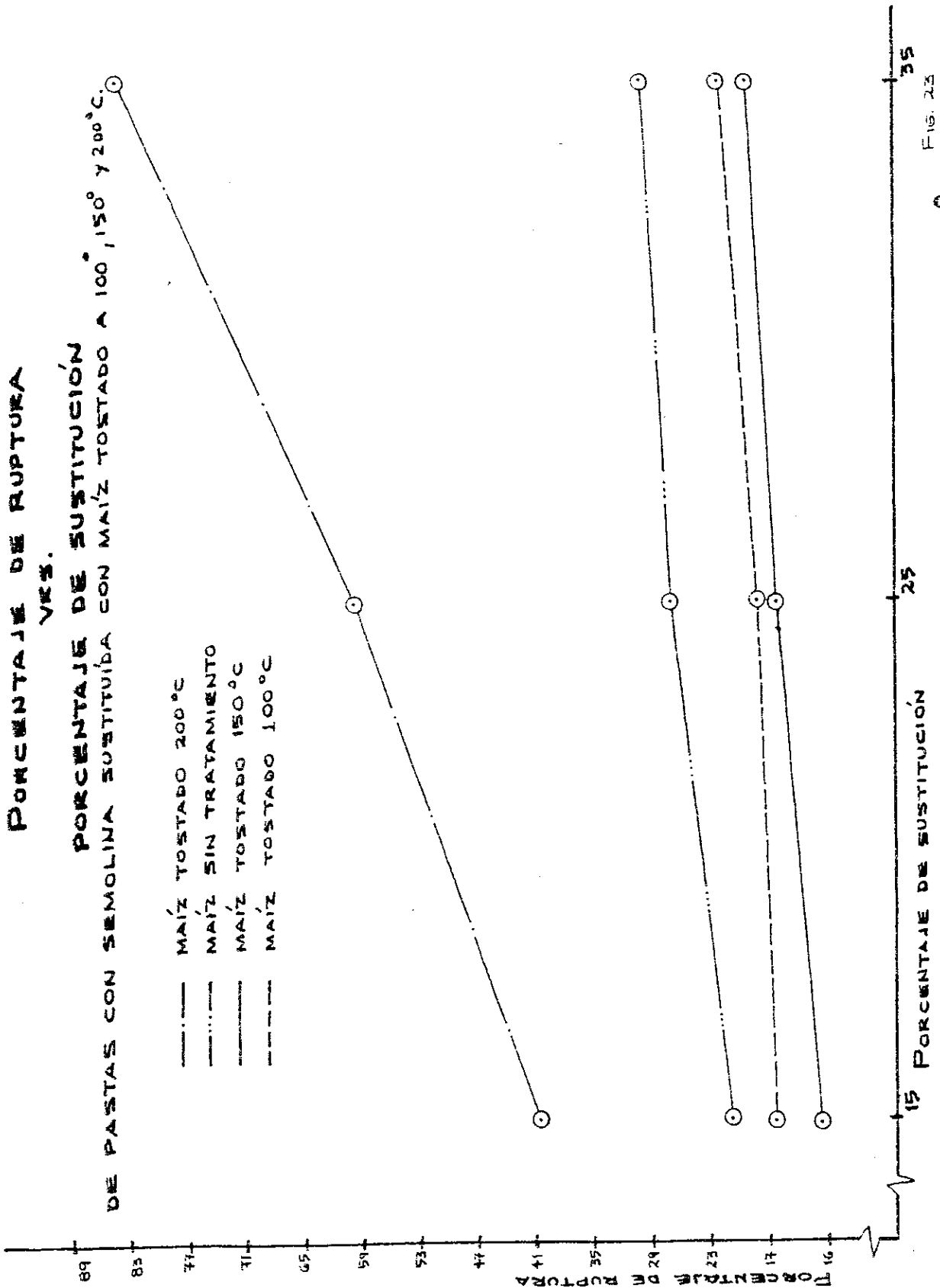
FIG. 22

PORCENTAJE DE RUPTURA VK3.

PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN

DE PASTAS CON SEMOLINA SUSTITUIDA CON MAÍZ TOSTADO A 100°, 150° Y 200°C.

- MAÍZ TOSTADO 200°C
- - - MAÍZ SIN TRATAMIENTO
- MAÍZ TOSTADO 150°C
- - - MAÍZ TOSTADO 100°C



PORCENTAJE DE RUPTURA

VRS.

TEMPERATURA DE TOSTADO EN PASTAS CON SEMOLINA SUSTITUIDA CON MAÍZ AMARILLO
TOSTADO A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35%.

- 15% SUSTITUCIÓN MAÍZ AMARILLO
- 25% SUSTITUCIÓN MAÍZ AMARILLO
- - - 35% SUSTITUCIÓN MAÍZ AMARILLO

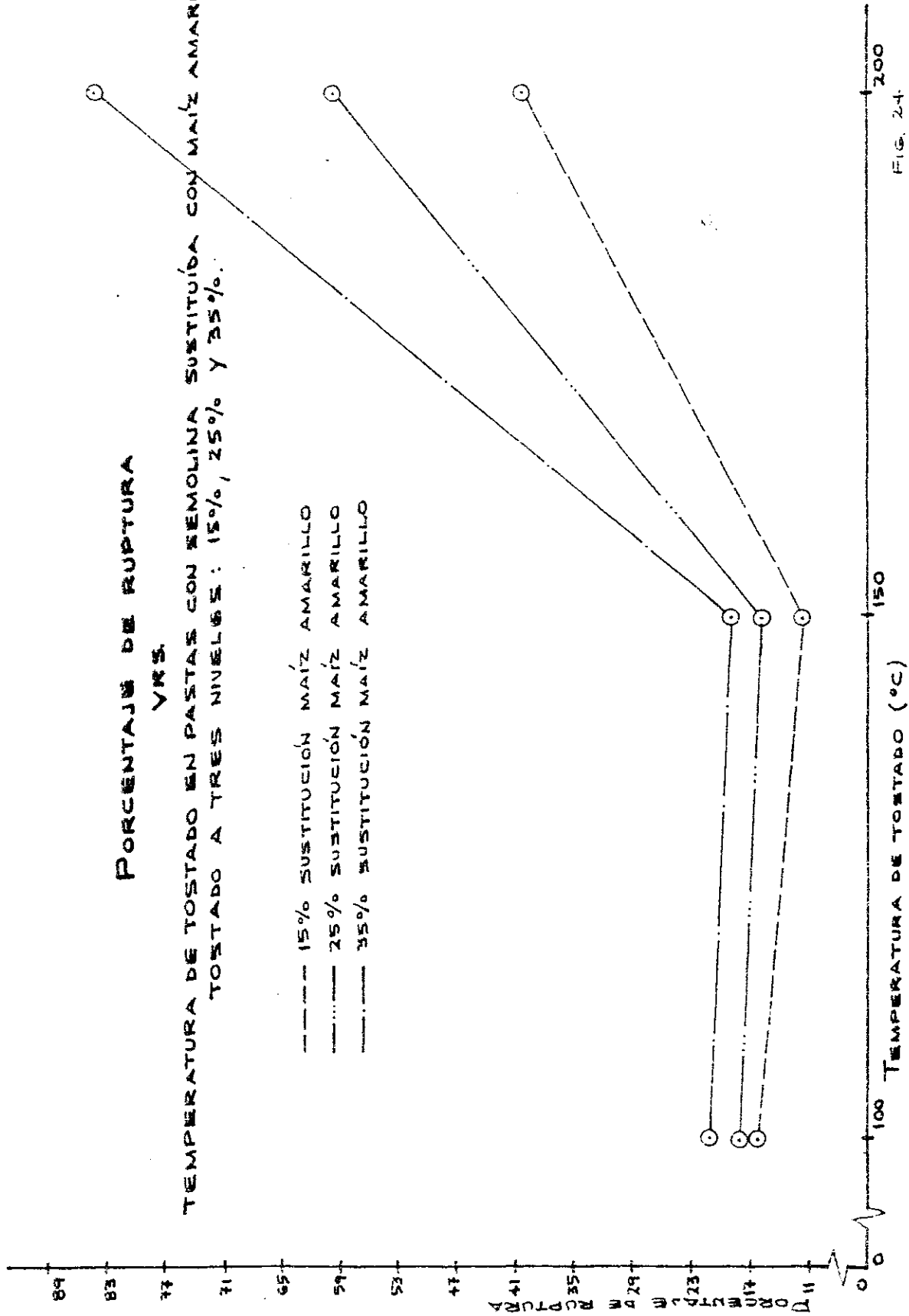


FIG. 24

PORCENTAJE DE RUPTURA

VRS.

PORCENTAJE ABSORCIÓN AGUA DURANTE LA COCCIÓN DE PASTAS CON SEMOLINA, SUSTITUIDA A TRES NIVELES: 15%, 25% Y 35%.

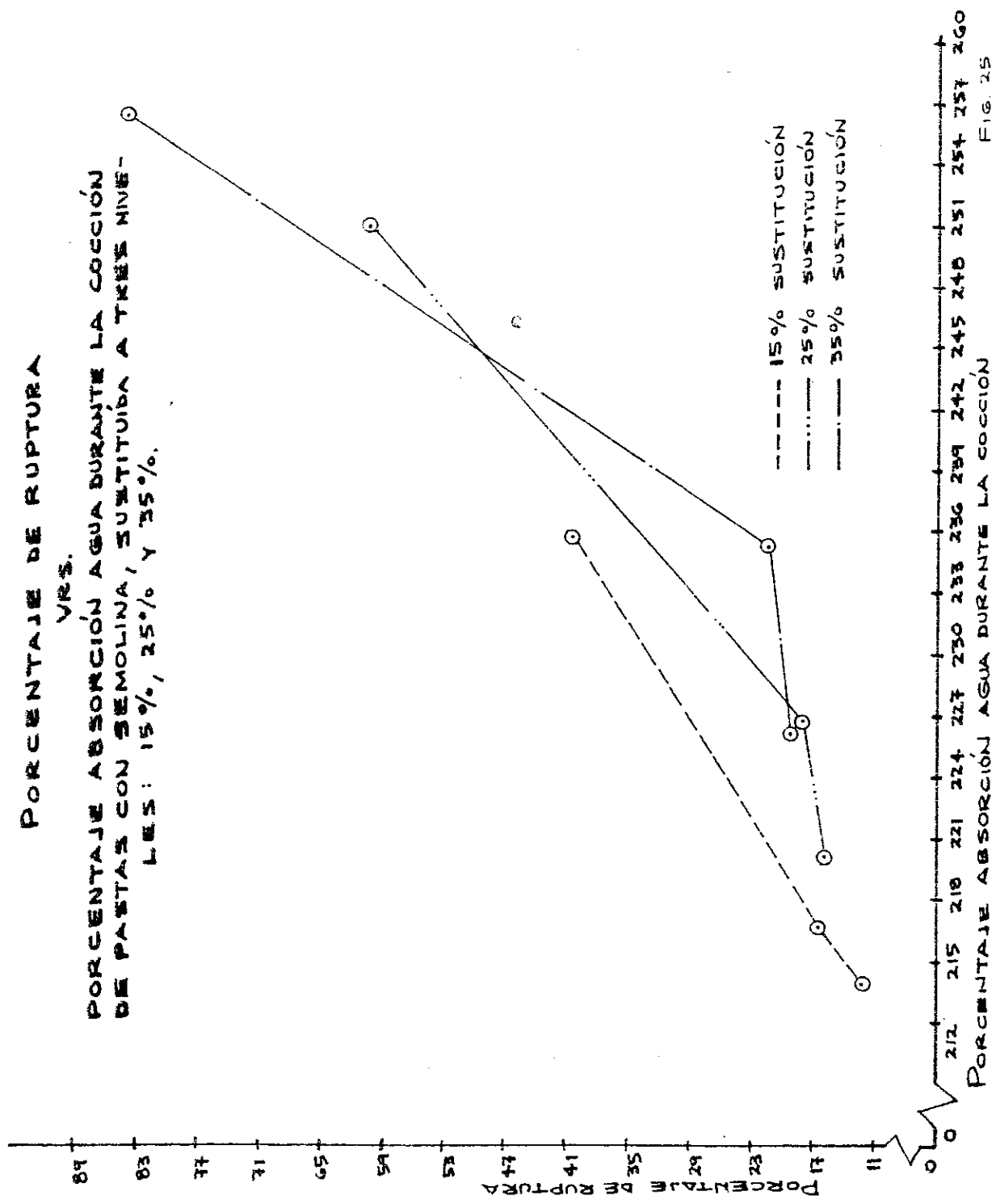


FIG. 25