

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA



INFLUENCIA DEL POTASIO Y DEL AZUFRE SOBRE
EL RENDIMIENTO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.)
Y SU INCIDENCIA ECONOMICA, EN EL
MUNICIPIO DE CHIQUIMULILLA,
DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA.

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva

de la

Facultad de Agronomía

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

MARIO ALBERTO GAITAN FLORES

en el acto de investidura de

INGENIERO AGRONOMO

en el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto de 1979

RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA

Lic. Saúl Osorio Paz

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Dr. Antonio Sandoval
Vocal Primero	Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Vocal Segundo	
Vocal Tercero	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal Cuarto	Br. Juan Miguel Irías
Vocal Quinto	P.A. Giovanni Reyes
Secretario	Ing. Agr. Carlos Napoleón Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano en funciones	Ing. Agr. Rodolfo Estrada
Examinador	Dr. Antonio Sandoval
Examinador	Ing. Agr. Roberto Izaguirre
Examinador	Ing. Agr. Edgar Ríos Valladares
Secretario a.i.	Ing. Agr. Oscar Gonzalez

Guatemala, 30 de julio de 1979

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval.
PRESENTE.

Señor Decano:

En atención a la designación que me hiciera el Decanato al digno cargo del Ing. Rodolfo Estrada G., me cabe el honor de hacer de su conocimiento que he asesorado al Profesor MARIO ALBERTO GAITÁN FLORES, en la ejecución de su trabajo de tesis de grado titulada: "INFLUENCIA DEL POTASIO Y DEL AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ARROZ (*Oriza sativa* L.) Y SU INCIDENCIA ECONOMICA EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULILLA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA".

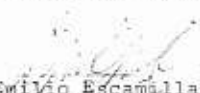
Se presenta esta investigación, basada realmente en el método científico y se considera que los resultados del trabajo son satisfactorios y prometen bastante para la agricultura de Guatemala al dejar abierta una serie de inquietudes científicas en la investigación de granos básicos.

Por lo anteriormente expuesto opino que, el trabajo de tesis realizado por el Profesor Gaitán Flores, cumple con todos los requisitos que debe llenar una tesis de graduación a nivel superior y, en consecuencia, recomiendo que el mismo sea aceptado para su discusión y defensa en el Examen General Público que el autor debe sostener en el acto de su graduación.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Dr. Emilio Escamilla E.
ASESOR

Guatemala, Agosto de 1979.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley Orgánica y Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el alto honor de someter a vuestra consideración, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, mi trabajo de Tesis titulado: "INFLUENCIA DEL POTASIO Y DEL AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) Y SU INCIDENCIA ECONOMICA EN EL MUNICIPIO DE CHIQUIMULILLA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA".

Esperando que esta investigación contribuya a lograr incrementos en la producción agrícola de Guatemala, manifiesto mi deseo de que sea merecedor de vuestra aprobación.

Deferentemente,

Prof. Mario Alberto Gaitán Flores

DEDICO ESTE ACTO

A mis Padres

José Víctor Gaitán
Margarita Flores de Gaitán

A mis Hermanos

María Elena, Ana María,
María Regina, Víctor Manuel,
María Otilia, José Guillermo,
José Víctor, Juan Francisco,
Margarita Elizabeth y
Edgar Rolando.

A mi Esposa

Ligia Margarita G. de Gaitán

A mis Hijitas

Ana Margarita
Ligia Sussely

A mis Suegros

Joaquín González
Blanca de González

A mis Cuñados,
especialmente a

Víctor E. León
Marco Antonio Herrera
Rolando Triboullier
Emigdio Mendoza

A mis sobrinos

En General

A mis Amigos,
especialmente a

Miriam García
Federico Morales Pivaral
William Ordóñez Aguilar
Aristides Baldomero Crespo
Arnoldo Herrarte
Fernando Mazariegos

DEDICO ESTA TESIS

A:

Guatemala

Universidad de San Carlos

Facultad de Agronomía

Chiquimulilla

Pequeños Agricultores

Prof. Gilberto Warren M.

Compañeros de Promoción

Escuela Normal "Pedro Molina"
de la Alameda, Chimaltenango

Instituto "Mario Méndez Montenegro"
de Chiquimulilla

Escuela Nacional "Eduardo Pineda P."
de Chiquimulilla

Mis Padrinos de Graduación

RECONOCIMIENTO

Por la asesoría, orientación y sugerencias tan oportunas, sin las cuales el camino para la realización de esta Tesis hubiera sido más escabroso, quiero dejar plena constancia de gratitud y de reconocimiento

A:

Dr. Emilio Escamilla
ASESOR

Ing. Agr. Ramiro Pazos

Ing. Agr. Guillermo Pelaez

Agricultores:

Gregorio Túchez
Santiago López
Benigno López

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	5
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	7
3.1 Origen Geográfico e Historia de la Planta de Arroz	7
3.2 Clasificación y Descripción Botánica del Arroz	8
3.3 El Azufre en el Suelo	9
3.4 El Azufre en la Planta	12
3.5 El Potasio en el Suelo	14
3.6 El Potasio en la Planta	16
4. MATERIALES Y METODOS	19
4.1 Localización y Características del Lugar Experimental	19
4.2 Material Experimental	19
4.3 Diseño Experimental	22
4.4 Manejo del Experimento	23
5. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION	25
5.1 Rendimientos Obtenidos	25
5.2 Análisis Estadístico	27
5.3 Discusión de Resultados	28
5.3.1 Efecto del Azufre	28
5.3.2 Efecto del Potasio	31
5.4 Análisis Económico	34
6. CONCLUSIONES	37
7. RECOMENDACIONES	39
8. GRAFICAS	41
9. BIBLIOGRAFIA	43

1. INTRODUCCION

El arroz (*Oryza sativa* L.), es una de las cariósides universalmente más importantes, tanto por su valor nutritivo como por su participación en la producción del sector agrícola. Este cereal contiene los valores más altos de carbohidratos solubles (79.7o/o), comparandolo con el maíz (74.5o/o) y la avena (68.2o/o), y lo consume, como alimento principal, más de la mitad de la población mundial, y en las regiones donde las proteínas animales son sumamente escasas, el arroz es algo más que la fuente primaria de carbohidratos y constituye, también, la principal fuente de proteína (21) (25).

Es importante hacer notar que, aunque el contenido proteínico del arroz fluctúa tan solo entre 6-8o/o, esta proteína es de mejor calidad que la del maíz, el sorgo, y la harina de trigo, dado a su mas alto contenido del aminoácido esencial lisina, lo cual hace que el arroz por si solo satisfaga las necesidades de aminoácidos de las poblaciones adultas; mientras que combinado con el frijol, favorecería a las poblaciones jóvenes, pudiendo ser un instrumento muy util para combatir la desnutricion proteínico-calórica (25).

En el año 1975 se cultivaron en el mundo cerca de 141 millones de hectareas de arroz, area esta que, en el futuro, difícilmente podrá ampliarse para satisfacer las necesidades mundiales. En este sentido, lo único que queda todavía es el aumento de los rendimientos por unidad de superficie, los cuales actualmente, a nivel mundial, son inferiores a 2 toneladas de arroz por hectárea (18).

En lo que a Guatemala se refiere, el cultivo del arroz se localiza principalmente en las regiones norte y sur-oriental del país, regiones éstas que, en la temporada agrícola 1970-71, suministraron el 70.7o/o de la producción total (9). Esta producción total ha ido en aumento y ya en 1975, de acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta de granos básicos realizada en la temporada 1975-76 por el Instituto Nacional de Comercialización Agrícola (INDECA), fue de 1.002.000 quintales; producción ésta que representa el doble de la obtenida en 1974 (11) (12).

Con todo lo anterior, a pesar de existir un mercado nacional potencial de consumo, las disponibilidades internas de este cereal han sido insuficientes para mejorar los bajos niveles hasta ahora demandados (9). Y, algo más, al ritmo en que se incrementa la producción total también se incrementa el área dedicada al cultivo del arroz, ya que, de 11,698.9 hectáreas en 1967-68, se llegó a 12,279.4 hectáreas en 1974-75, según datos de la Dirección General de Estadística (6).

Lo anterior es un efecto directo de los bajos rendimientos que los agricultores dedicados al cultivo del arroz obtienen, lo cual vuelve más problemática la situación si se considera que este cereal posee una demanda integrada principalmente por el consumo humano y, en menor proporción, por las exportaciones y la industria. En tal virtud, se estima que, en Guatemala, aún no se ha producido un mejoramiento substancial en el consumo de arroz per cápita anual, el cual, según datos proporcionados por FAO, en 1963 era de 2.1 kilos y en 1965 de 2.2 kilos. Estos datos, sin embargo, difieren ligeramente de los obtenidos en 1962 por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) que, tomando los resultados de consumo revelados en 34 encuestas practicadas en el país, y promediando, obtuvieron un consumo medio per cápita de arroz de 8.99 gramos diarios (33 kilos anuales). Es interesante señalar que la dieta de arroz mínima teórica del guatemalteco adulto estimada por el INCAP es de 50 gramos diarios (9).

Si se considera el crecimiento de la población de las áreas urbanas como uno de los factores más importantes en el aumento de la demanda de este grano básico, se establecerá que, más que aumentar la extensión dedicada al cultivo del arroz, la solución a este problema se podría encontrar en el incremento de los rendimientos por unidad de área, mediante un avance tecnológico, especialmente en lo que respecta a un mejor uso de fertilizantes y otros insumos mejoradores de la producción. Esto, lógicamente, mejoraría las utilidades del agricultor al mismo tiempo que elevaría substancialmente el nivel de consumo de tan importante cereal en el guatemalteco en general.

Con todo lo anterior, y considerando que, además del aire, luz y agua, es necesario proporcionar a todas las plantas sales solubles de algunos elementos químicos para obtener un mejor desarrollo de ellas, el presente trabajo es conducido con la aplicación de azufre y de potasio en el cultivo del arroz, para evaluar el efecto de estos elementos en el rendimiento de tan importante grano básico.

2. OBJETIVOS

Con la realización del presente trabajo se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- A) Contribuir en la búsqueda de mejores técnicas para el cultivo del arroz en Guatemala
- B) Colaborar para que el agricultor dedicado al cultivo del arroz obtenga mejores rendimientos por unidad de área, que le permitan elevar su nivel de vida y el de su familia
- C) Estudiar la influencia del potasio y del azufre, y la interacción de ambos, en el rendimiento del arroz
- D) Estudiar si las aplicaciones de potasio y/o azufre son rentables en relación a su efecto sobre la producción en el cultivo del arroz

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 ORIGEN GEOGRAFICO E HISTORIA DE LA PLANTA DE ARROZ

Los investigadores coinciden al afirmar que el arroz cultivado, *Oryza sativa* L., es originario del sudeste asiático; pero divergen en cuanto al lugar geográfico exacto. Algunos, como Roschevitz y Vavilov, estiman que este cereal es nativo de la India; otros, como Grist y Ting, conceden este honor a la China; y otros, como J. Norman Zfferson, son de la opinión que el arroz no tuvo su origen en un solo país sino en una vasta zona geográfica. Todos estos investigadores presentan argumentos para mantener firmes sus respectivas opiniones (1) (17) (21) (28)

Si bien, como es lógico, resulta difícil determinar el verdadero lugar de origen del arroz cultivado; pero no cabe ninguna duda de que su cultivo se remonta a épocas muy antiguas que van más allá de los 3000 años a. de C.; incluso, en virtud de las numerosas citas históricas y de los datos proporcionados por la literatura asiática, se puede afirmar que el arroz se ha cultivado desde los primeros años de vida racional del género humano (1) (28)

También se puede asegurar con certeza que el cultivo del arroz se extendió, en primer lugar, hacia Asia y Oceanía y, luego, se fue desplazando hacia África y Europa (28)

Corresponde a los árabes el mérito de haber introducido el cultivo del arroz a Europa, empezando por España (siglo VI), después de haberlo difundido en Egipto y otros países del norte de África (17)

De España se trajo la primera semilla de arroz a América, continente este que, actualmente, ocupa el segundo lugar de importancia en el cultivo de este cereal y su historia aquí es netamente contemporánea. Sin embargo, los primeros cultivos datan de la época colonial, ya que en México comenzaron en el año 1521, en Brasil en 1560 y en Estados Unidos en 1694 (17) (23).

Actualmente el arroz es el cereal más cultivado en el mundo, después del trigo, y representa la planta que ha alcanzado mayor importancia en todos los continentes del globo y por formar parte, más o menos importante, de la dieta de todos los países (1) (17).

3.2 CLASIFICACION Y DESCRIPCION BOTANICA DEL ARROZ

El arroz cultivado pertenece a la tribu de las Oryzeae, de la familia de las Gramíneas, y está comprendido dentro del género *Oryza*. Casi todas las formas cultivadas de arroz pertenecen a la especie *Oryza sativa*. Según Vavilov y Gustchin, esta especie comprende dos subespecies: *Communis* y *Brevis*. La primera abarca dos grupos principales: la índica y la japónica, de las cuales la primera se cultiva en países tropicales, como el nuestro (1) (17).

Se trata de una planta anual, más o menos pubescente según la especie, de tallos erectos dispuestos en manojos, compuestos de una serie de nudos y entrenudos en orden alterno. El nudo lleva una hoja y un capullo que pueden desarrollarse para constituir un vástago o renuevo. El entrenudo tiene longitud variable, que generalmente aumenta de los entrenudos mas bajos a los mas altos. Los entrenudos mas bajos, en la base del tallo, son cortos y se van haciendo gruesos, hasta formar una sección sólida (28) (29).

Las hojas son lineales, ásperas y puntiagudas, mas o menos largas y con una anchura de 5 a 15 mm. En el vértice de la vaina, donde se articula la hoja, se encuentra una lígula y unos apéndices pequeños y en forma de orejas, conocidos como aurículas, cuyo largo es una de las características propias de cada variedad (1) (28) (29).

Las flores, que son hermafroditas, se disponen en el extremo de algunos tallos, dando lugar a una hermosa inflorescencia en forma de panoja laxa, mas o menos compacta, que adquiere una curvatura elegante, erecta o mas o menos pendiente en la época de la madurez. Las espiguillas uniflorales producen de 120 a 170 granos por espiga. Como la planta tiene

propiedad de ahijar o amacollar, se han llegado a conseguir matas con hasta 100 tallos, que han producido cerca de 10,000 granos de arroz, con un peso de casi 300 gramos (1) (17).

Las envolturas florales son de dos tipos: a) las glumas, relativamente pequeñas, persistentes y no acrescentes; y, b) las glumelas, grandes, muy coriáceas, que envuelven al grano en dos valvas encajadas, constituyendo, el conjunto, lo que al madurar se conoce con el nombre de "arroz en granza" o arroz paddy o palay (1).

La planta de arroz presenta un sistema radicular fibroso, consistente de radículos y vellos radicales (1) (17) (29).

3.3 EL AZUFRE EN EL SUELO

El contenido de azufre en los suelos inorgánicos varía entre 0.02 y 0.20/o; mientras que los suelos orgánicos presentan contenidos hasta de 10/o. De manera general, entre el 60 y el 90/o del total es azufre orgánico (en casos extremos llega al 100/o); es decir, está presente en la materia orgánica y proviene de los residuos vegetales y animales caídos al suelo. Este azufre consiste en proteínas, aminoácidos (cisteína, cistina y metionina), péptidos (glutamina, tiamina, biotina), tiocianatos (mercaptano, taninas) y otros compuestos azufrados (7).

La corteza terrestre contiene aproximadamente del 0.05 al 0.06/o de azufre en forma de sulfatos y sulfuros, y en combinación orgánica con carbono y nitrógeno. Actualmente, en la mayoría de terrenos arables el azufre está en forma de materia orgánica, sulfatos solubles en la solución del suelo, o adsorbido en el complejo del suelo (4) (27).

Entonces, pues, el principal reservorio de azufre utilizable en la mayoría de los suelos cultivados es la materia orgánica, pues las plantas absorben sulfatos del suelo y los usan en la síntesis de los aminoácidos cistina y cisteína, los cuales forman parte de muchas proteínas vegetales. Cuando los residuos de las plantas retornan al suelo y son atacados por la fauna y microorganismos edáficos, parte del azufre reaparece

como sulfato, aunque mucho queda formando parte del humus (24).

A través de los procesos de mineralización de la materia orgánica, se libera el azufre orgánico que luego se reduce a formas inorgánicas sulfatadas o sulfhídricas. Es frecuente ver que en las regiones húmedas mucho del azufre total presente en la superficie está en forma orgánica (7) (27).

El proceso de mineralización de la materia orgánica es similar a la amonificación y la nitrificación que cambian el nitrógeno orgánico a amoníaco y nitratos utilizables por las plantas. Sin embargo, la transformación del azufre orgánico no utilizable a sulfatos utilizables por las plantas, gracias a la acción de las bacterias en suelos húmedos, templados y bien aireados, es mucho más lenta que la del nitrógeno (20).

El azufre inorgánico, por su parte, ocurre en forma de sulfatos, excepto en los suelos anegados y pantanosos donde, por anaerobismo, se presentan sulfuros, tales como la piritita. Por lo general, al restablecerse las condiciones aeróbicas, estos sulfuros se transforman rápidamente a sulfatos. Esto indica que, en suelos bien aireados, solamente hasta el 10/o del azufre inorgánico se presenta como sulfuro, predominando los sulfatos dentro del grupo inorgánico, los cuales se encuentran en la solución del suelo adsorbidos en el complejo de intercambio aniónico y como sulfatos insolubles (7).

La acción favorable del azufre se manifiesta, sobre todo, en los fermentos amonizantes que transforman en amoníaco las materias nitrogenadas complejas presentes en el suelo, ya que el trabajo de estos microorganismos se activa considerablemente con la presencia de azufre. Además, en presencia de azufre la planta es capaz de absorber mayores cantidades de sales amoniacaes directamente asimilables, lo cual se manifiesta en un aumento de los rendimientos (7). Tan es así, que una serie de experimentos realizados en la región de Sulawesi, Indonesia (3) han comprobado que el incremento de los rendimientos en el grano de arroz bajo inundación, debido a aplicaciones de azufre ocurre principalmente porque el número de hojas de la macolla aumenta, con lo cual el número de espigas cosechadas también aumenta. Es interesante señalar que en estos

experimentos no se encontró diferencia significativa entre fuentes de azufre utilizadas (yeso, sulfato de amonio y flor de azufre o azufre elemental), pero sí se observó que aplicaciones de azufre elemental realizadas al momento del transplante tuvieron mejor respuesta que las realizadas 20 días antes de dicho transplante.

En vista de que una adición de azufre produce un mayor consumo de reservas nitrogenadas (7) es preciso aportar nitrógeno al suelo para evitar su rápido empobrecimiento de estas reservas. Esto quedó demostrado en Dakota del Norte, Estados Unidos de América, donde se observaron aumentos de rendimientos en pastos y cereales causados por la fertilización con azufre, aplicando nitrógeno previamente en los campos donde se efectuaron los experimentos (20).

Los informes recientes sobre deficiencias de azufre han concentrado la atención de este nutriente esencial. Como resultado, hoy los agricultores muestran más interés en el azufre como factor importante de la producción (20).

Entre los factores para el creciente número de problemas debido a deficiencias de azufre, los agrónomos de la Universidad Estatal de Iowa, Estados Unidos (20), citan, entre otros, los siguientes:

- 1) El contenido de materia orgánica (una de las más importantes fuentes de azufre en el suelo) ha disminuido debido, principalmente, a la erosión y, en algunos casos, a las labores de labranza; y,
- 2) La tecnología de fabricación de fertilizantes ha mejorado y reducido el contenido de impurezas azufradas en los fertilizantes de hoy. La mayoría de los fertilizantes fosfatados que se usan actualmente contienen menos del 30/o de azufre; mientras que los más antiguos, generalmente a base de superfosfato, tenían de 8 a 120/o.

Es evidente que, tanto el agotamiento de las reservas naturales de azufre en los suelos, como la poca presencia de este elemento esencial en los fertilizantes comerciales de hoy,

ponen de manifiesto la urgente necesidad de brindarle mayor atención al azufre dentro de la fertilización vegetal, mayormente si se considera la tendencia a establecer cultivos intensos y continuos de variedades de alto rendimiento, cuya extracción de nutrimentos del suelo es alta.

En resumen, el papel favorable del azufre es debido a la influencia activante que ejerce en las bacterias que reducen las materias nitrogenadas complejas al estado de amoniaco aprovechable. El azufre, pues, no es un elemento catalítico, sino que un modificador de la flora microbiana del suelo y su acción respecto a las reservas orgánicas nitrogenadas del suelo debe ser bien dilucidadas antes de que se generalice su empleo en la agricultura (5).

Las razones anteriores ponen de manifiesto el enorme interés que reviste para Guatemala realizar estudios tendientes a evaluar las disponibilidades de azufre en los suelos agrícolas y, sobre todo, las reacciones de los cultivos a fertilizaciones con este elemento nutritivo.

3.4 EL AZUFRE EN LA PLANTA

El azufre se presenta en la planta en forma de ésteres sulfúricos, como componente estructural de algunos aminoácidos (cistina, metionina) y de otras sustancias reactivas. Todo ello comprueba la vital necesidad de este elemento dentro de la fisiología de las plantas (16).

El azufre es particularmente importante para las plantas por las razones siguientes:

- A) Es constituyente de ciertas proteínas, enzimas y hormonas.
- B) Juega un papel muy importante en los sistemas de oxidación y reducción de la respiración, y en la activación de los fermentos.
- C) Es requerido para la síntesis de clorofila, para el normal crecimiento de las raíces y para la síntesis de proteínas.

- D) Activa la formación de nódulos en las leguminosas.
- E) En ciertas formas, corrige la alcalinidad de la tierra.
- F) Favorece la floración normal y auxilia la fecundación de las flores, lo cual se traduce en una mayor producción de semillas.

La deficiencia de azufre incide en la pérdida general del color verde oscuro en las plantas, lo cual contrasta con la nervadura central clorótica típica de la deficiencia de nitrógeno. Además, puede producirse un suministro excesivo de otros nutrimentos; las plantas desarrollan en forma lenta y raquítica lo que hace que se queden pequeñas; las plantas presentan estructuras débiles con tallos cortos, endebles y amarillentos y las hojas presentan un color cenizo en las puntas y márgenes (1) (16) (19) (20) (22).

El exceso de azufre ocasiona efectos indirectos, observándose que, cuando las plantas crecen en suelos con alto contenido de este elemento, éstas tendrán una baja relación de corona; es decir, en la parte superior de las plantas habrá un menor crecimiento en comparación con una mayor producción de raíces (21).

Las plantas superiores pueden asimilar el azufre solo en forma de ión sulfato (SO_4^{2-}). El contenido de azufre en las plantas es frecuentemente considerable, equivaliendo, no rara vez, al contenido de fósforo. El hecho de que a este elemento se le haya brindado poca atención dentro de la fertilización vegetal se debe, por un lado, a la enorme reserva natural de azufre en la mayoría de los suelos; y, por otro lado, a su presencia en los fertilizantes comerciales (16). Sin embargo, está demostrado ya que las reservas naturales de azufre de los suelos tienden a agotarse, y que, actualmente los fertilizantes comerciales traen muy poco azufre (20). Estas situaciones han hecho que el número de experimentos tendientes a evaluar la importancia del azufre en los cultivos agrícolas aumentara. Así tenemos que, en países como Estados Unidos de América, ya se obtuvieron respuestas positivas a fertilizaciones con azufre, en experimentos realizados en el año 1977 en cultivos como maíz, trigo y frijol (20). También de Indonesia se reporta que las

respuestas a aplicaciones de azufre en arroz bajo inundación han llegado a ser hasta del 278o/o mientras que el uso continuo de urea y triplesuperfosfato ha ocasionado reducciones en los rendimientos de dicho cultivo (2).

3.5 EL POTASIO EN EL SUELO

El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas y uno de los tres que, por lo común, se encuentran en cantidades marcadamente pequeñas en el suelo, limitando el rendimiento de los cultivos, razón por la cual necesita, de ordinario, ser añadido regularmente al suelo con los fertilizantes (24).

El potasio se halla presente en la corteza terrestre en cantidades que van del 2.4 al 2.5o/o, siendo aún mayor en las rocas ígneas que en las sedimentarias; llegando en casos excepcionales, hasta el 8o/o en suelos alcalinos (7) (27). Sin embargo, solamente del 1 al 2o/o, aproximadamente, de la cantidad total de potasio en un suelo mineral promedio, se encuentra fácilmente disponible y existe como potasio en la solución del suelo y como potasio intercambiable adsorbido en la superficie coloidal del suelo (27) (29).

El potasio de la solución del suelo representa una fracción muy pequeña del potasio total y generalmente varía entre 0.1 y 100 mg K/litro de la solución. Por otro lado, el potasio intercambiable que se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo (arcillas, materia orgánica e hidroxidos), está en equilibrio con el potasio de la solución del suelo y su contenido varía entre 0.09 y 1.38 meq K/100 g de suelo (7).

Cuando las plantas absorben potasio o al ser éste lavado, se produce su reposición en la solución del suelo a partir del potasio cambiabile. El potasio cambiabile, que constituye una fracción muy pequeña del potasio total del suelo (generalmente corresponde entre 1.2 y 26.8o/o de este) es muy importante en la nutrición del vegetal, ya que representa una reserva donde se almacena el potasio que, poco a poco, se pone a disposición de la planta (7).

El potasio de la solución del suelo es directamente disponible para la planta, y bajo condiciones específicas puede ser percolado, constituyendo, a veces, una pérdida de potasio en el suelo, la cuál puede variar entre 5 y 250 kg de potasio por hectárea y año, según las condiciones de contenido de potasio, intensidad de precipitación pluvial y cobertura vegetal (7).

En el suelo las disponibilidades de potasio suelen ser las adecuadas para los cultivos que se desarrollan con bajas disponibilidades de nitrógeno y de fósforo; pero dejan de serlas si la cantidad de estos elementos asciende (8) (24).

En cuanto a la utilización del potasio, Black y Hunter indican que ésta es del 50o/o del potasio aplicado (30). Debido a la falta de información experimental que indique lo contrario, este porcentaje de recuperación del potasio aplicado se asume para Guatemala.

En el caso del arroz, las respuestas de este cultivo a las adiciones de potasio no son tan notables como las que ofrece a las adiciones de nitrógeno y de fósforo. La razón es, se dice, que los suelos preferidos por el arroz contienen suficiente potasio para satisfacer las necesidades de los cultivos. Con todo y esto, en Corea, un alto porcentaje de 566 experimentos mostraron respuestas positivas a las fertilizaciones con potasio, aunque el incremento real del rendimiento haya sido tan sólo del 4o/o (29).

Aunque Desay y sus colaboradores (15) (29) consideran que las necesidades de potasio que tiene el arroz se satisfacen a partir de los residuos de plantas introducidas en el suelo, debe pensarse en que toda reserva se agota y que es posible que muchos suelos que no dan en la actualidad respuestas económicas a la fertilización con potasio, lo hagan en el futuro debido a los cultivos intensos y continuos de variedades de alto rendimiento. Cuando los resultados de las investigaciones aplicadas sobre el terreno confirmen esto, en ciertos suelos y condiciones específicas de manejo, deberán utilizarse las cantidades necesarias de fertilizantes potásicos (29)

3.6 EL POTASIO EN LA PLANTA

Las verdaderas finalidades funcionales del potasio en los vegetales todavía no han sido totalmente dilucidadas. La mayor parte del potasio aparece en la planta en forma de iones libres. Se encuentra disuelto en el jugo celular y tan sólo una pequeña parte se halla absorbida en el protoplasma, pudiéndose extraer en forma casi total de los tejidos vegetales por medio de agua (16) (28).

Con todo y lo anterior, muchos investigadores (8) (16) (19) (22) (24) (28) (29) (31), asocian al potasio las siguientes funciones fisiológicas:

- A) Parece ser importante en la síntesis de los aminoácidos y proteínas a partir de los iones amonio, pues las plantas, desarrollándose en soluciones con alto contenido de amonio y bajo de potasio, pueden sufrir la muerte de sus tejidos por la elevada concentración de iones amonio que se acumulan en ellos bajo estas condiciones.
- B) Ayuda a la producción de azúcar en general, lo cual conlleva a una mayor producción de energía y fortalece la paja, lo cual se refleja en una mayor estabilidad de las plantas (resistencia al acame)
- C) Probablemente es importante en los procesos fotosintéticos, pues la escasez de potasio en la hoja se considera que conduce a bajos niveles de asimilación de anhídrido carbonico
- D) Mantiene la turgencia fisiológica de los coloides del plasma vegetal, la cual es imprescindible para el desarrollo normal de los procesos metabólicos.
- E) Estimula la absorción y reducción de los nitratos, la división celular y muchos otros procesos
- F) Regula la actividad de diversas enzimas y fermentos y muestra ciertas funciones en el metabolismo energético de la planta

- G) Proporciona vigor a las plantas y resistencia a las enfermedades.

La deficiencia de potasio puede redundar en un suministro excesivo de otros nutrimentos; las plantas se quedan enanas, aunque presentan un macollaje más o menos normal; las hojas más viejas toman una coloración amarillenta con manchas, se enrollan y se secan; el fruto y la semilla son pequeños en cantidad, tamaño y peso (15) (22) (24) (28).

En el caso específico del arroz, las deficiencias agudas de potasio se caracterizan por el color verde oscuro profundo de las hojas, la decoloración amarillenta de las hojas más viejas que se extiende a partir de las puntas; las manchas necróticas irregulares en las hojas y las panojas y la formación de panojas largas y delgadas (29).

Considerando que el potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral, exceptuando el nitrógeno (1) (27), se debe tener mucho cuidado en mantener los niveles adecuados para evitar excesos o deficiencias que pongan en peligro el normal desarrollo de los cultivos.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DEL LUGAR EXPERIMENTAL

La finca "Las Margaritas", lugar escogido para la realización del presente trabajo, se localiza en el municipio de Chiquimulilla, del Departamento de Santa Rosa aproximadamente a 90° 17' de longitud y a 14° 01' de latitud.

Este lugar se caracteriza por presentar un clima cálido, debido a que su altura sobre el nivel del mar es, más o menos, de 100 metros; con una precipitación pluvial de 2000 milímetros anuales y con 27.5°C de temperatura media. Estas características ubican a este lugar, dentro de la clasificación ecológica de Holdridge (14), como una zona tropical húmeda.

De acuerdo con Simons (26), el Departamento de Santa Rosa comprende 295.000 hectáreas, de las cuales el 24.10/o están cubiertas por los suelos del Litoral del Pacífico que, básicamente, se tipifican por las series Bucul, Tiquisate, Toltecate y Papaturro, las cuales se han originado sobre cenizas volcánicas y se diferencian, principalmente, por su textura y drenaje.

La importancia de realizar esta investigación en Chiquimulilla estriba, fundamentalmente, en que este municipio es el principal productor de arroz del Departamento de Santa Rosa que, juntamente con el de Jutiapa, constituyen la zona suroriental del país, que, en el año agrícola 1970-71 ocupó el segundo lugar en la producción arrocería con 6.600 manzanas dedicadas a su cultivo; pero que ya en 1974-75 aportó solamente el 4.060/o de la producción total del país con una extensión de 994 manzanas, como consecuencia de los bajos rendimientos obtenidos (6).

4.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

De acuerdo a los análisis físicos y químicos de las muestras de suelos, realizados en los laboratorios de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos y

del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, los suelos del lugar experimental presentan las siguientes características:

Cuadro No. 1

Características físicas de los suelos
de los Sitios donde se ubicaron los Experimentos

Muestras	Profundidad (cms)	Arcilla o/o	Limo o/o	Arena o/o	Clase Textural
1	0-20	31.6	37.3	31.1	Franco arenoso,
2	0-20	31.7	37.2	31.1	Franco arenoso.

Cuadro No. 2

Características Químicas de los Suelos
de los sitios donde se ubicaron los Experimentos

Muestra	pH	CO o/o	MO o/o	CTI	PPM		Meq/100 g.	
					P	K	Ca	Mg
1	6.0	3.3	5.9	37.9	16	90	15.2	2.4
2	6.0	3.3	5.5	37.0	17	160	13.6	2.6

Para la realización de este trabajo se utilizó la variedad de arroz Tikal-2, que es la que el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) recomienda en la zona en donde estuvieron ubicados los experimentos. Esta variedad tiene una altura mediana que va de 100 a 115 cms. por lo que cubre rápidamente el suelo, lo cual contribuye en el control de malas hierbas. La espiga es colgante y la hoja bandera bien

conformada no permite el ataque de los pájaros. Su ciclo vegetativo es de 125 a 130 días y su rendimiento, a nivel experimental, de 127 quintales por manzana (13).

El trabajo se realizó en dos sitios dentro de una localidad. De tal suerte que, la muestra número uno corresponde al terreno donde se estableció el experimento número uno, y la muestra número dos, al terreno donde se estableció el experimento número dos. En ambos sitios se realizaron exactamente los mismos tratamientos, de tal manera que la diferencia en cuanto a los rendimientos obedecen, única y exclusivamente, al comportamiento químico de los suelos.

Los niveles de azufre a evaluar se determinaron de una manera un tanto empírica en vista de que aún no se cuenta con una información experimental sobre el uso de este elemento en la fertilización del cultivo del arroz en Guatemala. Por otro lado, los niveles de potasio a evaluar fueron determinados tomando como punto de partida el nivel recomendado por el ICTA para el cultivo del arroz.

El nitrógeno se mantuvo en un nivel constante de 100 Kg/Ha., que es con el que el ICTA ha obtenido las mejores respuestas (10). En lo que respecta al fósforo, se consideró que las disponibilidades de este elemento en los suelos de los sitios donde se ubicaron los experimentos eran las adecuadas para el arroz, por lo que no se justificaba la aplicación adicional de este importante elemento nutritivo.

La aplicación del azufre y del potasio se realizó al momento de la siembra; mientras que el nitrógeno se distribuyó equitativamente en tres aplicaciones: al momento de la siembra, a los 30 días después de la siembra (período de amacollamiento) y, a los 70 días después de la siembra (período de pre-floración).

Se utilizó azufre sublimado o flor de azufre (100o/o de azufre), muriato de potasio (60o/o K_2O) y urea (46o/o N), como fuentes de azufre, potasio y nitrógeno, respectivamente.

En el cuadro siguiente se muestran los tratamientos efectuados en los dos sitios donde se establecieron los ensayos correspondientes.

Cuadro No. 3

Tratamientos efectuados en los dos sitios
donde se ubicaron los Ensayos Correspondientes

Tratamiento Num.	T R A T A M I E N T O S					
	K (Kg/Ha)	S (Kg/Ha)	N en la siembra	N adic. a los 30 días	N adic. a los 70 días	N total (Kg/Ha)
1	0	0	33.33	33.33	33.33	100
2	0	40	33.33	33.33	33.33	100
3	0	80	33.33	33.33	33.33	100
4	30	0	33.33	33.33	33.33	100
5	30	40	33.33	33.33	33.33	100
6	30	80	33.33	33.33	33.33	100
7	60	0	33.33	33.33	33.33	100
8	60	40	33.33	33.33	33.33	100
9	60	80	33.33	33.33	33.33	100
10	90	0	33.33	33.33	33.33	100
11	90	40	33.33	33.33	33.33	100
12	90	80	33.33	33.33	33.33	100

4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental usado para la evaluación de los niveles de potasio y de azufre fue el de un arreglo factorial de 4 x 3, distribuido en bloques al azar. Los experimentos constaron de 12 tratamientos con tres repeticiones cada uno.

La unidad experimental fue de 12m² (5 m x 2.4 m) y estuvo constituida de 8 surcos de 5.0 m de longitud y separados

30 cms entre sí, de acuerdo con las recomendaciones del ICTA (12). El área útil para los datos de rendimientos fue de 9 m^2 , y corresponde a los 6 surcos centrales, ya que no se consideraron los surcos laterales para eliminar el efecto de borde.

La separación entre réplicas fue de 1.50 m y entre experimentos de 20.0 m.

Una vez realizado el sorteo, de acuerdo al diseño usado, los tratamientos y sus respectivas repeticiones quedaron distribuidos en el terreno experimental en la forma como se presentan en las figuras Nos. 1 y 2.

4.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

La preparación del terreno se realizó siguiendo las prácticas empleadas por los agricultores de la región y que, básicamente, consisten en un paso de arado y dos de rastra, utilizando implementos de discos. Se realizó la desinfestación del suelo utilizando Volatón granulado al 2.5o/o, aplicándolo al voleo e incorporándolo con el segundo paso de la rastra.

Seguidamente se procedió a trazar las parcelas experimentales. Dichas parcelas fueron de 5.0 metros de longitud por 2.4 metros de ancho, lo que da un área de 12.0 metros cuadrados.

Después de trazadas las parcelas experimentales se procedió a elaborar los surcos mediante el uso del azadón para garantizar la simetría de los mismos. Esta es una de las maneras de elaborar los surcos de muchos pequeños agricultores de la región que carecen de medios como bueyes o sembradoras mecánicas. Los surcos tuvieron una longitud de 5.0 metros y la separación entre ellos fue de 30 centímetros, lo que permitió un total de 8 surcos por unidad experimental.

La aplicación del nitrógeno y del potasio se realizó colocando los fertilizantes en el fondo de los surcos, antes de colocar en ellos la semilla. La siembra se hizo al chorrillo, empleando aproximadamente 8 gramos de semilla por surco, el día 21 de mayo, fecha en que el invierno estaba ya plenamente

establecido. Después de depositar la semilla en el fondo de los surcos, se procedió a cubrirlas.

Seguidamente se aplicó el azufre en bandas separadas 5.0 centímetros de cada surco y enterrado, aproximadamente, 3 centímetros, evitando así el contacto directo de la semilla con el azufre.

Las aplicaciones adicionales de nitrógeno se efectuaron al voleo a los 30 y 70 días después de la siembra, respectivamente.

El control de malezas se realizó utilizando productos químicos, que es la manera como lo realizan los agricultores de la región que se dedican al cultivo del arroz. Hubo necesidad de realizar un control a los 8 días después de emergidas las plantitas y, posteriormente, otro control a los 30 días después del primero.

No hubo necesidad de controlar ninguna enfermedad ni insectos, ya que no se observó ningún ataque severo de éstos.

La cosecha se efectuó manualmente durante los días 25 y 26 de septiembre de 1978. De los 8 surcos de cada unidad experimental se cortaron los 6 surcos centrales y se procedió a golpear las espigas de las matas sobre una estructura de madera elaborada para tal finalidad, lográndose así, el desprendimiento de los granos. La cosecha obtenida de cada parcela se recolectaba y se ponía en bolsas de nylon claramente identificadas según el número del tratamiento que había recibido, para su secado y pesado posteriores.

Para hacer llegar la humedad del grano al 150/o fue necesario asolearlo durante 12 horas (dos mañanas). Esta humedad se determinó utilizando un medidor de humedad electrónico. Después se procedió a pesar el arroz cosechado en cada una de las parcelas experimentales en las cuales se habían efectuado los tratamientos anteriormente anotados (cuadro No. 3).

Figura No. 1

Distribución de los Tratamientos
en el Sitio No.1

1

9	2	5	8	12	3	1	7	6	10	11	4
---	---	---	---	----	---	---	---	---	----	----	---

11	12	7	9	4	2	3	1	5	6	8	10
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

3	1	11	2	9	10	7	8	4	5	6	12
---	---	----	---	---	----	---	---	---	---	---	----

Figura No. 2

Distribución de los Tratamientos
en el Sitio No.2

8	9	3	5	12	10	6	2	11	1	7	4
---	---	---	---	----	----	---	---	----	---	---	---

1	3	7	10	12	5	9	4	11	6	2	8
---	---	---	----	----	---	---	---	----	---	---	---

7	1	11	10	2	6	8	5	4	9	3	12
---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---	----

5. RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION

5.1 RENDIMIENTOS OBTENIDOS

Los rendimientos de grano de arroz, al 15o/o de humedad, obtenidos en los dos experimentos realizados, se presentan en los cuadros Nos. 4 y 5, expresados en toneladas métricas por hectárea.

Cuadro No. 4

Rendimientos obtenidos en arroz con la aplicación de doce Tratamientos de Potasio y de Azufre, expresados en TM/Ha, en el Sitio No. 1.

Tratamiento No.	Tratamientos		Repeticiones			Total	Prom.
	K	S	I	II	III		
1	0	0	5.2	5.4	5.6	18.2	6.1
2	0	40	6.1	3.3	6.8	16.2	5.4
3	0	80	6.6	7.6	1.5	15.7	5.2
4	30	0	3.8	3.0	1.8	8.7	2.9
5	30	40	6.3	5.3	1.8	13.4	4.5
6	30	80	6.6	3.0	3.7	13.3	4.4
7	60	0	4.7	8.2	8.1	21.0	7.0
8	60	40	6.7	3.8	2.8	13.3	4.4
9	60	80	7.6	4.3	1.5	13.4	4.5
10	90	0	5.3	8.5	7.1	20.9	7.0
11	90	40	5.9	3.0	7.2	16.1	5.4
12	90	80	6.7	7.5	3.0	17.2	5.7

Promedio General = 5.21 TM/Ha.

Cuadro No. 5

Rendimientos obtenidos en arroz con la aplicación de doce Tratamientos de Potasio y de Azufre, expresados en TM/Ha, en el Sitio No. 2.

Tratamiento No.	Tratamientos		Repeticiones			Total	Prom.
	K	S	I	II	III		
1	0	0	7.5	5.8	5.8	19.1	6.4
2	0	40	6.1	6.8	5.7	18.6	6.2
3	0	80	6.2	5.8	5.8	17.8	5.9
4	30	0	7.3	5.9	8.1	21.3	7.1
5	30	40	5.1	7.6	7.3	20.0	6.7
6	30	80	7.7	7.1	8.1	22.9	7.6
7	60	0	7.3	7.4	7.9	18.6	6.2
8	60	40	6.8	8.1	5.3	20.2	6.7
9	60	80	5.2	6.3	7.1	18.6	6.2
10	90	0	8.3	8.3	6.7	23.3	7.8
11	90	40	7.8	4.8	6.2	18.8	6.3
12	90	80	6.4	5.9	8.7	21.0	7.0

Promedio General = 6.68 TM/Ha.

5.2 ANALISIS ESTADISTICO

A los datos de rendimiento obtenidos en cada uno de los dos experimentos se les realizó su respectivo análisis de varianza, de acuerdo al diseño experimental establecido, y se calcularon los valores de "F" comprobando sus niveles de potasio y de azufre. Los resultados se presentan en los cuadros Nos. 6 y 7.

Cuadro No. 6

Análisis de Varianza efectuado a los
datos de rendimiento obtenidos en
el Sitio No. 1

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F _{0.05}
TOTAL	35	158.47	4.53		
Repeticiones	2	14.42	7.21	1.61 NS	3.44
Tratamientos	11	45.46	4.13	0.92 NS	2.27
Efecto del K	(3)	(21.82)	(7.27)	1.62 NS	3.05
Efecto del S	(2)	(5.03)	(2.52)	0.56 NS	3.44
Interacción K x S	(6)	(18.61)	(3.10)	0.69 NS	2.55
Error	22	98.59	4.48		

NS = No significancia al 5o/o

Coefficiente de Variación = 40.6o/o

Cuadro No. 7

Análisis de Varianza efectuado
a los datos de Rendimiento
obtenidos en el Sitio No. 2

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	F _{0.05}
TOTAL	35	36.54	1.04		
Repeticiones	2	0.68	0.34	0.31 NS	3.44
Tratamientos	11	11.66	1.06	0.96 NS	2.27
Efecto del K	(3)	(6.03)	(2.01)	1.83 NS	3.05
Efecto del S	(2)	(0.93)	(0.47)	0.43 NS	3.44
Interacción K x S	(6)	(4.70)	(0.78)	0.71 NS	2.55
Error	22	24.20	1.10		

NS = No significancia al 5o/o

Coefficiente de Variación = 15.7 o/o

Después de efectuado el análisis de varianza a los datos de rendimiento obtenidos en los dos sitios de la localidad donde se establecieron los ensayos, se llegó a determinar que no hay significancia al 5o/o entre tratamientos, en ninguno de los dos casos, según se presenta en los cuadros Nos. 6 y 7.

5.3 DISCUSION DE RESULTADOS

5.3.1 EFECTO DEL AZUFRE

En la gráfica No. 1 se presenta el comportamiento del rendimiento del arroz a la aplicación de azufre, sin aplicar potasio, en los dos sitios donde se ubicaron los experimentos.

Es notorio el hecho de que, en ambos sitios, los rendimientos manifestaron tendencia a disminuir a medida que se aumentaron las cantidades de azufre al suelo.

Esta situación pudo deberse a una de las dos razones siguientes, o a ambas a la vez: a) que al aumentar el azufre en el suelo se haya producido un incremento en el consumo del nitrógeno, con lo cual las reservas de este elemento en el suelo tendieron a agotarse, y que las adiciones hechas de nitrógeno no fueron suficientes como para evitar el empobrecimiento de tales reservas; y, b) que la adición de azufre intensificara las deficiencias de otros elementos nutritivos, ocasionando, con ello, una disminución de los rendimientos.

En el sitio No. 2 los rendimientos obtenidos fueron superiores a los del sitio No.1 debido, seguramente, a que sus suelos presentan mejores características, según puede observarse en los cuadros Nos. 1 y 2.

En la gráfica No. 2, donde se muestra la tendencia de los rendimientos del cultivo de arroz ante la aplicación de 0, 40 y 80 Kg/Ha de azufre y de 30 Kg/Ha de potasio, es fácil observar que, en el sitio No.1, tales rendimientos aumentaron con la aplicación de 40 Kg/Ha de azufre y disminuyeron muy levemente al pasarse de este nivel; mientras que, en el sitio No. 2 por el contrario, los rendimientos disminuyeron ligeramente con la aplicación de 40 Kg/Ha de azufre pero tendieron a aumentar arriba de este nivel.

Este comportamiento de los rendimientos probablemente indiquen que, en el sitio No.1, el contenido de azufre fue insuficiente para cumplir con las exigencias que, de este elemento, posee el cultivo de arroz; en tanto que, en el sitio No 2, este elemento sí se encontraba en su nivel crítico.

Sin embargo, es importante hacer notar que, de acuerdo con H.W. Fassbender (7), al incrementar el azufre en el suelo también se incrementa el H_2S , y el alto contenido de éste en el suelo impide, en gran parte, la absorción eficiente de otros elementos nutritivos. Esta situación crea la necesidad de que tanto el potasio como el fósforo deben estar presentes en cantidades adecuadas y de fácil aprovechamiento a fin de poder asegurar la adecuada nutrición de la planta de arroz. En este

sentido, en el sitio No.1 el potasio disponible era de 90 ppm y el fósforo de 16 ppm; mientras que en el sitio No.2 el potasio disponible era de 160 ppm y el fósforo de 17 ppm; lo cual justifica los mayores rendimientos alcanzados en el sitio No.2, cuyas disponibilidades de potasio superan, como se ve, a las del sitio No.1.

La gráfica No.3 muestra el efecto del azufre sobre el rendimiento del arroz cuando el potasio se mantiene a un nivel de 60 Kg/Ha y el azufre se hace variar entre 0, 40 y 80 Kg/Ha.

Se observa que, en el sitio No.1, los mejores rendimientos se alcanzaron cuando no se aplicó azufre y luego, al aplicar 40 Kg/Ha de azufre, se manifestó una caída brusca de dichos rendimientos, los cuáles nuevamente tendieron a incrementarse, aunque muy levemente, al aumentar el azufre a 80 Kg/Ha. Por otro lado, en el sitio No.2 los rendimientos se incrementaron al aplicar 40 Kg/Ha de azufre; pero decrecieron ligeramente al aplicar mayores cantidades de este elemento.

Esta situación parece corroborar el papel del H_2S descrito por Fassbender (7), quién, además, indica que el azufre elemental o sublimado (del cual se utilizó en estos ensayos como fuente de azufre), se oxida con el agua y forma H_2SO_4 , el cual ocasiona una considerable variación de la reacción del suelo que afecta la absorción de otros nutrimentos en él.

En este sentido, puede considerarse que, en el sitio No.2, el incremento de los rendimientos con la adición de 40 Kg/Ha de azufre se debió a las mayores disponibilidades de potasio, de fósforo y de otros nutrimentos, los cuales se hicieron insuficientes al hacer llegar el azufre a un nivel de 80 Kg/Ha, por lo que aquí los rendimientos sufrieron una considerable depresión.

Por su parte, en el sitio No.1 la caída brusca de los rendimientos ante la aplicación de 40 Kg/Ha de azufre se debió, probablemente, a las bajas disponibilidades de potasio y de fósforo, cuyas absorciones por la planta se vieron restringidas por el H_2S (muy inestable), que se formó en el suelo, tanto por el azufre aplicado como por el liberado al mineralizarse la materia

orgánica presente en el suelo. Es preciso señalar que, en este sitio, los mayores rendimientos se obtuvieron cuando no se adicionó azufre al suelo, por lo que en estas condiciones las plantas de arroz no tuvieron dificultad para absorber los otros nutrimentos.

En la gráfica No.4 se muestra que, con niveles altos de potasio y únicamente con el azufre presente en el suelo en forma natural, los rendimientos fueron elevados en los dos sitios donde se ubicaron los experimentos.

En dicha gráfica se observa que, cuando se adicionaron al suelo 40 Kg/Ha de azufre, los rendimientos sufrieron una caída brusca; pero luego, en ambos sitios, tendieron a incrementarse nuevamente ante la aplicación de 80 Kg/Ha de dicho elemento nutritivo.

Esta situación parece indicar que, en los suelos de los dos sitios donde se establecieron los ensayos, el azufre estaba presente en los niveles críticos exigidos por el cultivo del arroz para su normal desarrollo. En este sentido, la superioridad de los rendimientos obtenidos en el sitio No.2 con respecto a los obtenidos en el sitio No.1, es producto de las mejores características que presentan sus suelos.

Sin embargo, es interesante señalar aquí las observaciones hechas por H.W. Fassbender (7) y A. Jacob (16), con respecto a que, cuando la flor de azufre o azufre sublimado (que fue el utilizado en estos ensayos como fuente de azufre) se disuelve en la solución del suelo, pasa, en parte, al complejo de intercambio donde se almacena y, además, el azufre es adsorbido al complejo coloidal y se acumula en sulfatos insolubles o es translocado en el perfil del suelo.

Es posible, entonces, que los suelos de los sitios donde se ubicaron los ensayos carezcan de capacidad para retener los iones SO_4^{2-} , en forma e intensidad adecuadas, por lo que se produjo el traslado de los sulfatos a través del perfil, y las plantas de arroz no tuvieron la oportunidad de absorberlos en cantidades óptimas.

5.3.2 EFECTO DEL POTASIO

Cuando en los suelos, cuyas características sean similares a los de los dos sitios donde se establecieron los experimentos, se

les apliquen diferentes niveles de potasio (0, 30, 60 y 90 Kg/Ha) y no se realice aplicación alguna de azufre, los rendimientos del cultivo del arroz manifiestan una tendencia irregular, según se visualiza en la gráfica No.5.

Al no aplicar potasio ni azufre los rendimientos dependen, en alto grado, de la presencia de ciertas cantidades de materia orgánica, ya que ésta desempeña el papel de portadora y abastecedora de nutrimentos. Además, los rendimientos dependen de las reservas nutritivas presentes en el complejo de intercambio. En este sentido, es el suelo del sitio No.2 el que exhibe superioridad sobre el suelo del sitio No.1.

El hecho de que en el sitio No.1, cuyos suelos presentaron una disponibilidad de potasio de 90 ppm, los rendimientos decrecieran considerablemente cuando se le adicionaron 30 Kg/Ha de potasio, para luego incrementarse al aplicarles 60 Kg/Ha de potasio y mantenerse casi constantes al aplicarles 90 Kg/Ha de dicho elemento; podría deberse a que en los suelos del sitio No.1 el potasio disponible estaba dentro del nivel crítico para el normal desarrollo de las plantas de arroz.

Similares consideraciones podrían hacerse en lo que se refiere al sitio No.2, donde los suelos presentaron una disponibilidad de potasio de 160 ppm. Aquí los rendimientos aumentaron con la aplicación de 30 Kg/Ha de potasio, disminuyeron al aplicar 60 Kg/Ha de potasio y luego se vuelven a incrementar al aplicar 90 Kg/Ha de potasio. Sin embargo, la diferencia entre los rendimientos alcanzados con uno u otro nivel no es significativa.

Es importante indicar que A. Jacob (16) señala que es necesario realizar primeramente una saturación con potasio de las micelas coloidales minerales antes de que este elemento pueda ser puesto a disposición de las plantas de arroz en cantidades adecuadas, ya que del total de potasio presente en el suelo solamente una pequeña fracción se encuentra contenido en la solución del suelo, pues el resto pasa a ser adsorbido por las micelas coloidales.

Sin embargo, en este caso los resultados de rendimiento indican que los suelos de ambos sitios sí poseían suficiente

potasio a disposición de las plantas, por lo que no fue necesario realizar la saturación de que se hace referencia en el párrafo anterior. Tan es así, que los rendimientos que se obtuvieron al no hacer adición alguna de potasio a los suelos de ambos sitios, difieren muy poco de los obtenidos al aplicar 30, 60 y 90 Kg/Ha de dicho elemento nutritivo.

La superioridad de los rendimientos obtenidos en el sitio No.2, con respecto a los obtenidos en el sitio No.1, posiblemente se debe a la mayor disponibilidad que, de potasio, poseían sus suelos.

Por otro lado, Fassbender (7) indica que el cloruro de potasio o muriato de potasio (KCl , 60-63o/o K_2O), que fue el fertilizante utilizado en estos ensayos como fuente de potasio, es altamente soluble en agua y de reacción neutra; y al hidrolizarse produce elevadas concentraciones de K^+ y Cl^- en la "zona del fertilizante" y la velocidad de disolución depende del tamaño de los gránulos. Los iones K^+ resultantes son adsorbidos por el complejo de intercambio y en algunos casos se acumulan entre paquetes laminares, de lo que resulta la fijación del potasio.

Se deduce, entonces, que debido a que los suelos de los dos sitios de la localidad bajo estudio poseían potasio disponible en los niveles requeridos por las plantas de arroz ahí cultivadas, la abundante cantidad de iones K^+ producidos por la hidrólisis del fertilizante potásico adicionado a dichos suelos se acumuló en el espacio interlaminar de las arcillas y, posiblemente, se percoló a través del suelo, constituyendo, por el momento, una lamentable pérdida, ya que, de acuerdo con Fassbender (7), el K^+ fijado es accesible a las plantas solamente bajo condiciones de exhaustación de otras formas disponibles de potasio cambiabile del suelo.

En la gráfica No.6 se esquematiza el comportamiento de los rendimientos del cultivo del arroz ante la aplicación de 0, 30, 60 y 90 Kg/Ha de potasio y manteniendo una aplicación de 40 Kg/Ha de azufre, en los dos sitios de la localidad bajo estudio.

En el sitio No. 1 los mejores rendimientos se alcanzaron cuando no se realizó adición alguna de potasio. Dichos rendimientos decrecieron a medida que se aumentaron las

adiciones de potasio hasta llegar a un nivel de 60 Kg/Ha, a partir del cual volvieron a incrementarse hasta adiciones de 90 Kg/Ha de potasio.

En el sitio No.2 los rendimientos que se obtuvieron cuando no se efectuó adición de potasio son superados, aunque de una manera muy leve, únicamente por los que se obtuvieron al aplicar 30 Kg/Ha de dicho elemento.

Esta situación indica que los suelos de ambos sitios poseían potasio en los niveles que el cultivo del arroz requiere para su normal desarrollo. En el sitio No.2, cuyo potasio disponible era de 160 ppm, los rendimientos fueron superiores a los que se obtuvieron en el sitio No.1, cuyo potasio disponible era de 90 ppm. Sin embargo, debido a la no respuesta a las adiciones de potasio, no parece ser que esta diferencia de potasio disponible sea la causa de los rendimientos más altos en el sitio No.2.

En la gráfica No.7 se visualiza que, cuando el azufre aplicado fue de 80 Kg/Ha, el comportamiento de los rendimientos, en el sitio No.1, fue similar al observado cuando únicamente se aplicaron 40 Kg/Ha de azufre. Cuando no se aplicó potasio los rendimientos fueron altos; pero éstos decrecieron ligeramente cuando se adicionó 30 Kg/Ha de potasio, se mantuvieron casi constantes cuando se adicionaron 60 Kg/Ha de potasio y nuevamente se incrementaron cuando se aplicaron 90 Kg/Ha de potasio.

Esta situación viene a corroborar que tanto en los suelos del sitio No.1, como en los del sitio No.2, el potasio disponible (90 y 160 ppm, respectivamente), estaba en un nivel capaz de satisfacer las exigencias que, de potasio, poseían las plantas de arroz ahí cultivadas.

5.4 ANALISIS ECONOMICO

Con el propósito de disponer de un modelo matemático que permita determinar la cantidad de potasio y/o azufre que proporcione el rendimiento óptimo económico, se efectuó el análisis de regresión lineal, logarítmico y cuadrático, llegando a

determinar cuál era la curva de mejor ajuste, en base a los parámetros estadísticos: R^2 o coeficiente de determinación o bondad de ajuste, T (Student) y F (Fisher) como análisis de varianza de regresión. Estos parámetros se presentan en las gráficas correspondientes.

En la gráfica No.8 se presenta la curva de respuesta del cultivo del arroz a la aplicación de potasio en el sitio No.1, cuyos suelos poseen las características físicas y químicas expuestas en los cuadros Nos. 1 y 2. Para estimar esta curva se realizó el análisis de regresión cuadrática, cuyo modelo matemático es:

$$Y = a + b_1X + b_2X^2.$$

El carácter de la curva obtenida imposibilita encontrar el nivel óptimo económico de potasio que proporcione el rendimiento óptimo económico en el sitio No.1, por lo que se estima que resulta antieconómico aplicar fertilizantes potásicos en estos suelos, cuyo potasio disponible era de 90 ppm, con el cual los rendimientos que se alcanzaron fueron similares a los alcanzados aplicando niveles hasta de 90 Kg/Ha de potasio.

La curva de respuesta ajustada del cultivo del arroz a la aplicación de potasio en el sitio No.2, fue estimada mediante el análisis de regresión logarítmico, cuyo modelo matemático es: $Y = ab^x$, y se presenta en la gráfica No.9. En este sitio se observó un incremento en los rendimientos a medida que se adicionaba potasio a sus suelos. Sin embargo, se ha determinado que el nivel óptimo económico es tan solo de 15.60 Kg/Ha de potasio (40 libras de muriato de potasio/manzana), nivel con el cual se obtiene un rendimiento óptimo económico de 6.66 TM de arroz/Ha (102.56 quintales/Mz).

En lo que respecta a las aplicaciones de azufre, las gráficas Nos. 10 y 11 muestran las curvas de respuestas ajustadas, las cuáles fueron estimadas mediante el análisis de regresión cuadrática, cuyo modelo matemático es: $Y = a + b_1X + b_2X^2$ para los sitios Nos. 1 y 2, respectivamente.

En estas curvas se muestra que, en ambos sitios, los rendimientos siguieron una tendencia similar ante las adiciones de azufre.

Es notable el hecho de que, en los dos sitios, los rendimientos más altos se obtuvieron cuando no se realizó adición de azufre. En el sitio No.1 dichos rendimientos principiaron a incrementarse nuevamente a partir de aplicaciones de 62.33 Kg/Ha de azufre; mientras que, en el sitio No.2, esta tendencia se manifestó a partir de aplicaciones de 51.69 Kg/Ha de azufre.

Es evidente, pues, lo antieconómico que resulta efectuar fertilizaciones con azufre en la localidad bajo estudio.

6. CONCLUSIONES

Estudiando el efecto del azufre y del potasio sobre los rendimientos del cultivo del arroz en dos sitios diferentes de una misma localidad del municipio de Chiquimulilla, en el Departamento de Santa Rosa, no se encontró respuesta estadísticamente significativa entre tratamientos, ni entre sitios. Sin embargo, en base a los promedios de rendimiento presentados en los cuadros Nos. 4 y 5 para los sitios 1 y 2, respectivamente, se podría inferir que en el sitio No.1 los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se aplicaron 60 Kg/Ha de potasio y 0 Kg/Ha de azufre; mientras que en el sitio No.2 los más altos rendimientos se alcanzaron aplicando tanto 30 Kg/Ha de potasio y 0 Kg/Ha de azufre, como 90 Kg/Ha de potasio y 0 Kg/Ha de azufre.

Las anteriores observaciones permiten concluir que el azufre no mostró efecto significativo sobre el rendimiento del arroz, debido, posiblemente, a las reservas que, de este elemento, poseían los suelos de ambos sitios, en sus adecuados contenidos de materia orgánica. Es posible, también, que el azufre sublimado o flor de azufre, utilizado en los ensayos como fuente de azufre, no haya sido descompuesto con la rapidez necesaria para que las plantas de arroz aprovecharan eficientemente el azufre adicionado a los suelos mediante la fertilización, por lo que es de esperar que dicho azufre ejerza efectos positivos sobre los rendimientos de los cultivos que se establezcan posteriormente en los sitios donde estuvieron ubicados los experimentos.

En lo que respecta al potasio, se concluye también que este elemento no mostró efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento del cultivo del arroz, debido, indudablemente, a que los suelos de los sitios donde se establecieron los ensayos poseían suficientes cantidades de potasio disponible. Sin embargo, al efectuar el análisis económico se llegó a determinar que únicamente en el sitio No.2 resulta económico efectuar fertilizaciones con potasio. Se estimó que, en este sitio, el nivel óptimo económico de potasio es de 15.60 Kg/Ha, que permite alcanzar una producción óptima económica de 6.66 TM de arroz/Ha.

Pero si se comparan los rendimientos obtenidos en ambos sitios cuando no se realiza aplicación alguna ni de potasio ni de azufre, se notará que aquéllos son superiores a los obtenidos realizando adiciones de dichos elementos. Esta consideración permite concluir, en términos generales, que resulta antieconómico realizar fertilizaciones con potasio y/o azufre en la localidad donde estuvieron ubicados los experimentos y, consecuentemente, en todos los suelos con características físicas y químicas similares, que se dedican al cultivo del arroz, ya que, indiscutiblemente, poseen las reservas nutritivas exigidas por dicho grano básico.

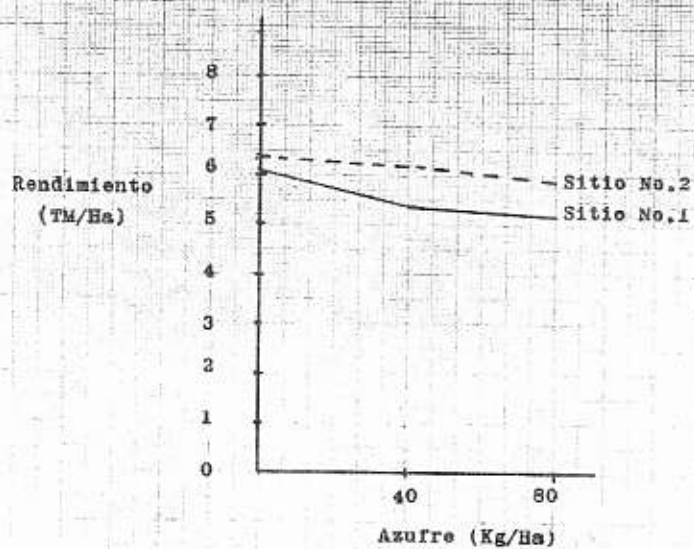
7. RECOMENDACIONES

- A) Está demostrado que, en presencia de azufre, las plantas son capaces de absorber mayores cantidades de nitrógeno, por lo que es preciso realizar aportaciones de este elemento al suelo para evitar su rápido empobrecimiento de estas reservas. En base a esto, se recomienda efectuar ensayos tendientes a encontrar la relación más adecuada de nitrógeno/azufre, la cual resulta de mucha importancia en los rendimientos del arroz y de otros cultivos de importancia económica.
- B) Las disponibilidades de potasio en el suelo suelen ser adecuadas para los cultivos que se desarrollan con bajas disponibilidades de nitrógeno y de fósforo, pero dejan de serlas si la cantidad de estos elementos asciende. Por esta razón se recomienda efectuar ensayos tendientes a encontrar la óptima relación potasio/nitrógeno/fósforo, la cual resulta de mucho interés para la agricultura.
- C) Aunque la materia orgánica constituye un gran reservorio de azufre y de potasio, se debe tener presente que debido a los cultivos intensos y continuos de variedades de alto rendimiento, estas reservas tienden a agotarse, por lo que se recomienda continuar realizando ensayos tendientes a evaluar la disponibilidad de estos elementos esenciales en los suelos de Guatemala.
- D) Se recomienda realizar estudios a largo plazo del efecto de los fertilizantes potásicos y azufrados sobre las propiedades químicas de los suelos de Guatemala.

8. GRAFICAS

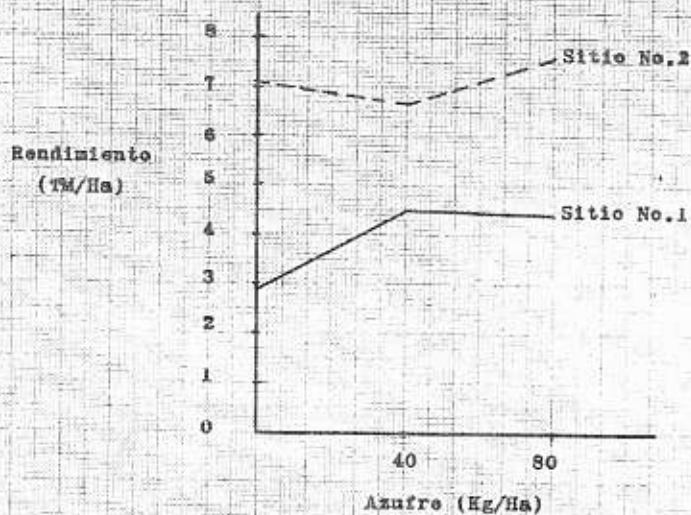
Gráfica No.1

EFFECTO DEL AZUFRE AL NO
APLICAR POTASIO



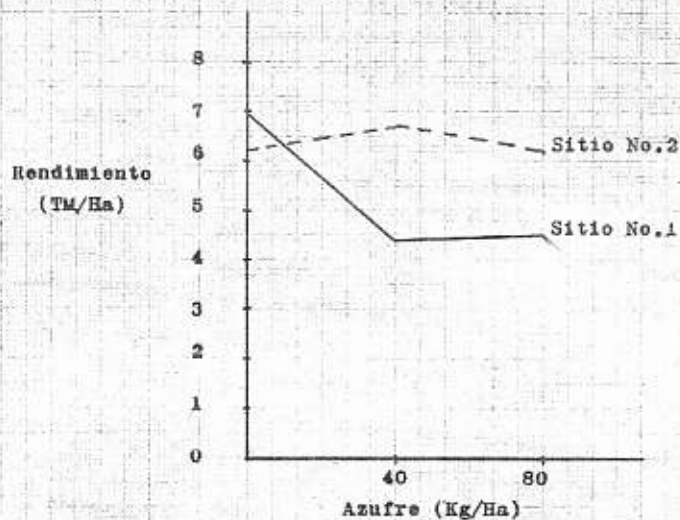
Gráfica No.2

EFFECTO DEL AZUFRE AL
APLICAR 30 Kg/Ha DE P0
TASIO



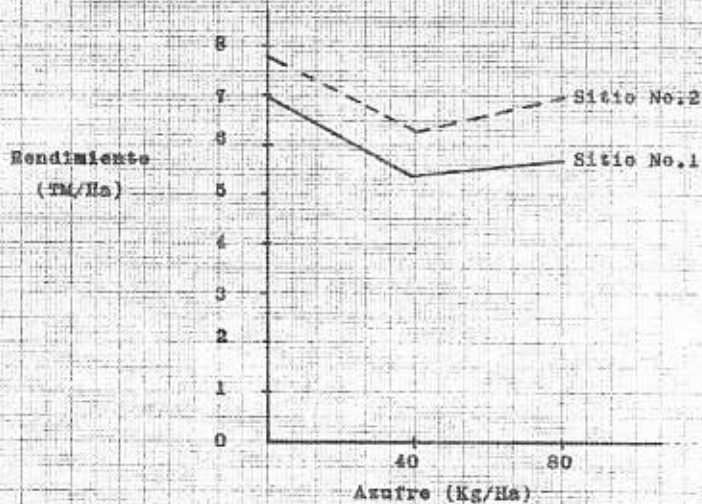
Gráfica No.3

EFFECTO DEL AZUFRE AL
APLICAR 60 Kg/Ha DE P₀
TASIO



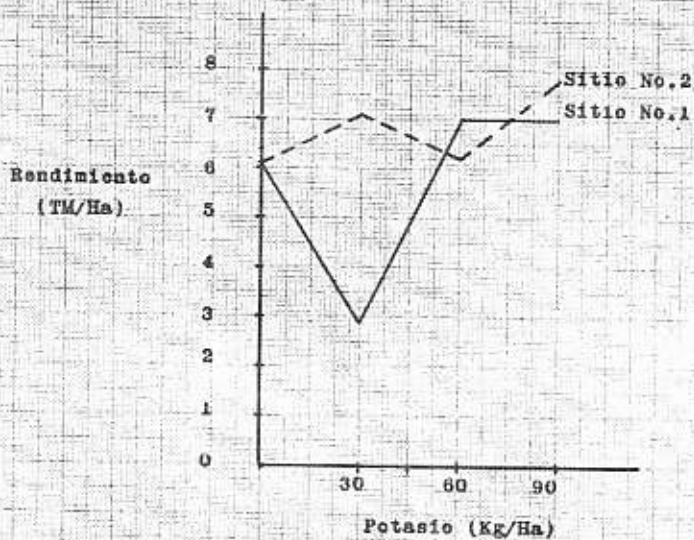
Gráfica No.4

EFFECTO DEL AZUFRE AL
APLICAR 90 Kg/Ha DE
POTASIO.



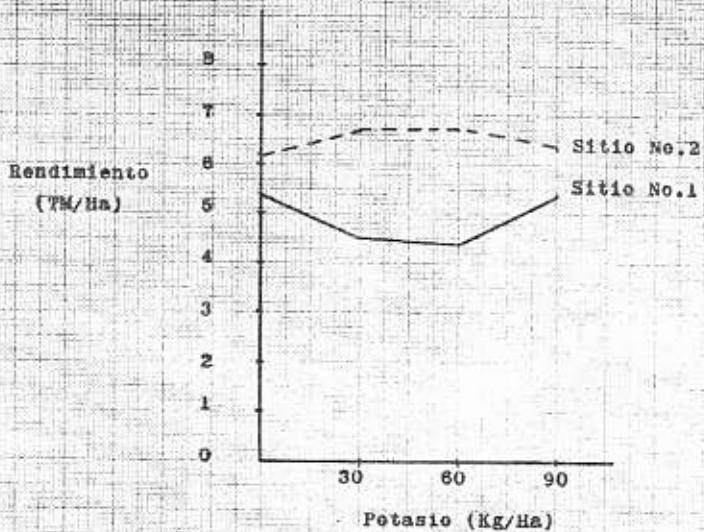
Gráfica No.5

EFFECTO DEL POTASIO AL NO
APLICAR AZUFRE



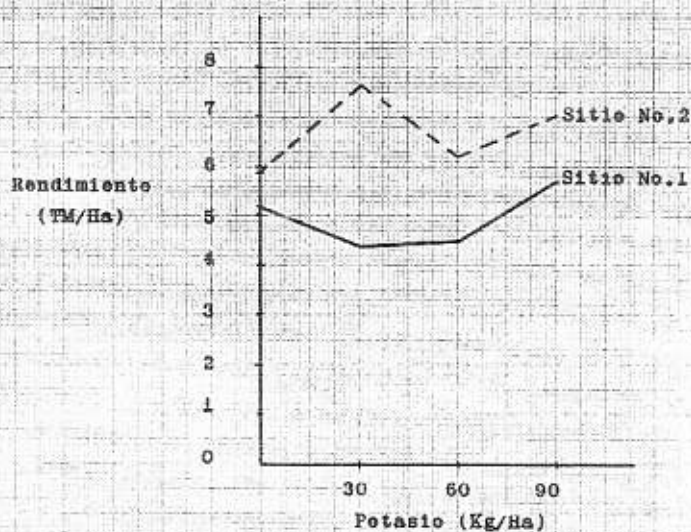
Gráfica No.6

EFFECTO DEL POTASIO AL NO
APLICAR 40 Kg/Ha DE AZUFRE



Gráfica No.7

EFFECTO DEL POTASIO AL
APLICAR 80 Kg/Ha DE A
ZUFRE.



GRAFICA No. 6

CURVA DE RESPUESTA AJUSTADA
DE LA APLICACION DE POTASIO
EN EL SITIO No.1

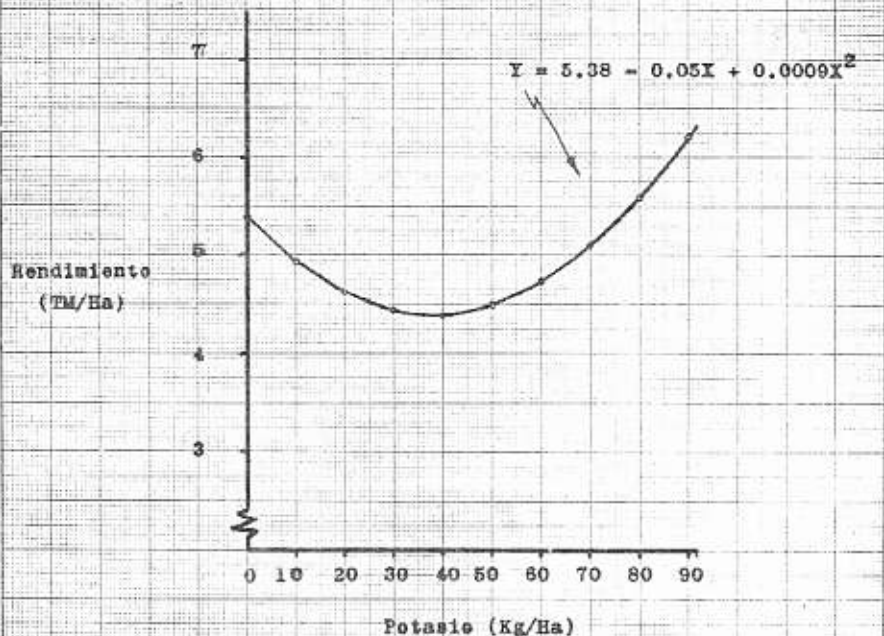
Parámetros
Estadísticos:

$$R^2 = 0.100902$$

$$T_1 = -1.38402$$

$$T_2 = 1.70836$$

$$F = 1.85172$$



GRAPICA No.9

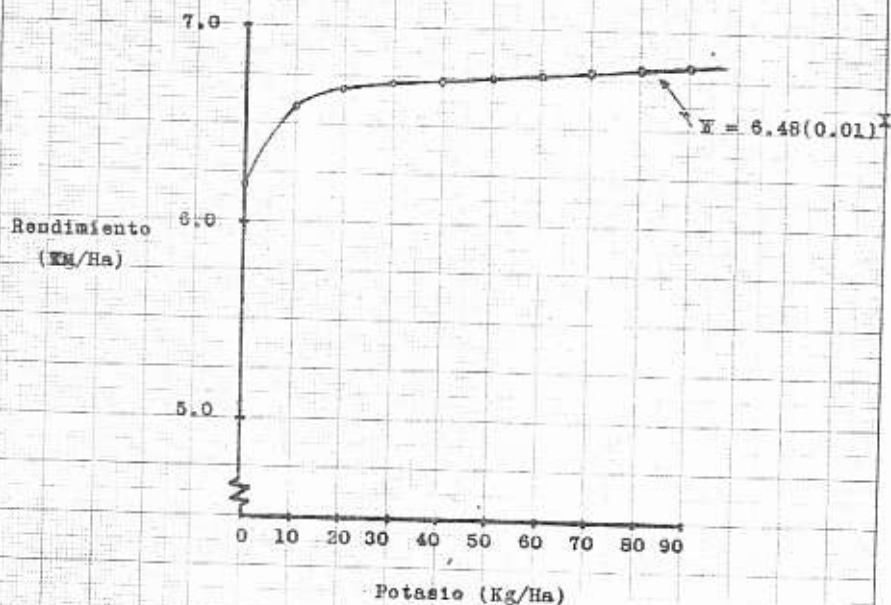
CURVA DE RESPUESTA AJUSTADA
DE LA APLICACION DE POTASIO
EN EL SITIO No.2

Parámetros
Estadísticos:

$$R^2 = 0.060929$$

$$T_b = 1.485265$$

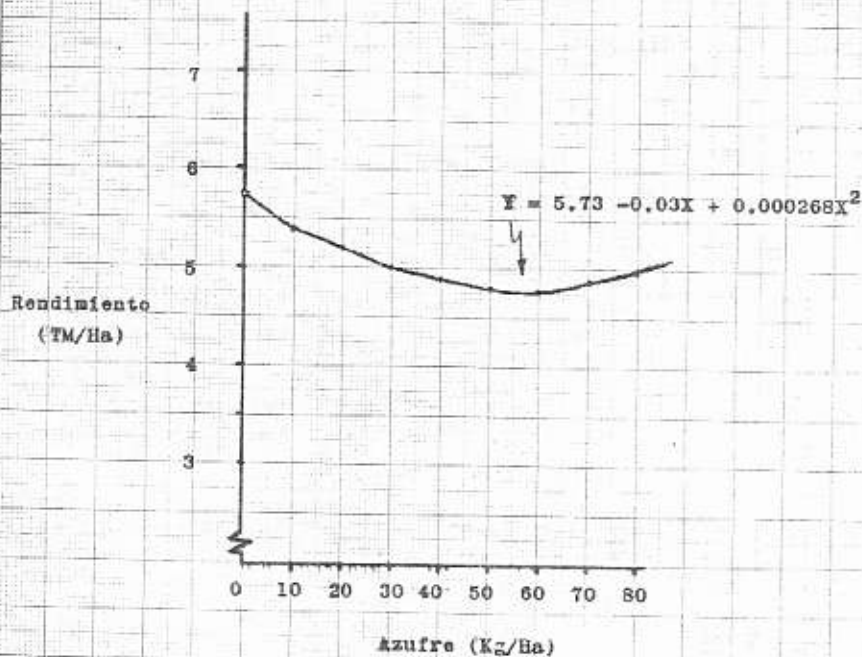
$$F = 2.206012$$



GRAFICA No.10

CURVA DE RESPUESTA AJUSTADA
DE LA APLICACION DE AZUFRE
EN EL SITIO No.1

Parámetros
Estadísticos:
 $R^2 = 0.031068$
 $T_1 = -0.779451$
 $T_2 = 0.562705$
 $P = 0.529051$



GRAFICA No. 11

CURVA DE RESPUESTA AJUSTADA
DE LA APLICACION DE AZUFRE
EN EL SITIO No. 3

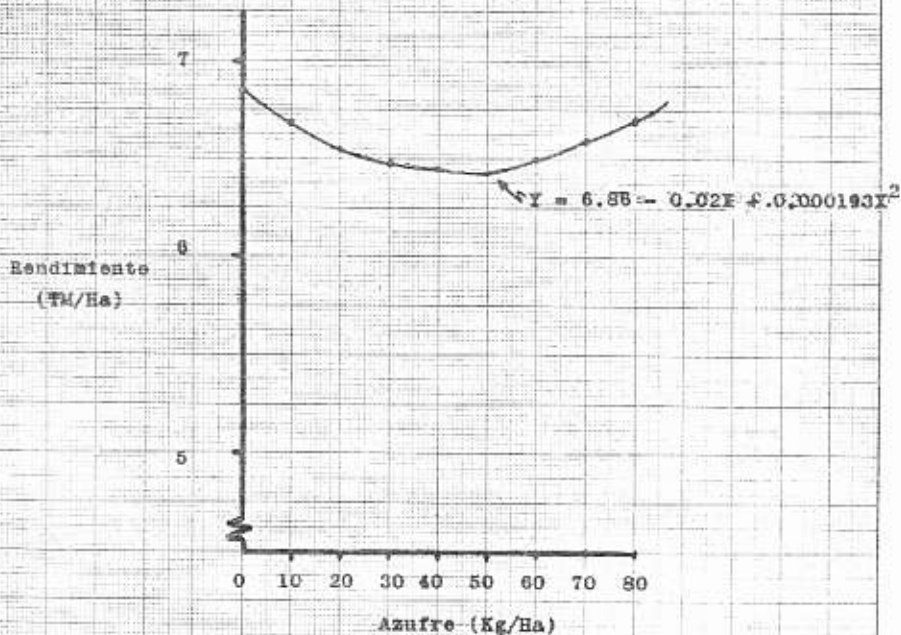
Parámetros
Estadísticos:

$$R^2 = 0.023539$$

$$T_1 = -0.88098$$

$$T_2 = 0.807773$$

$$F = 0.397743$$



9. BIBLIOGRAFIA

1. ANGLADETTE, A. El arroz. Trad. por: Vicente Ripoll y Fermín Palomeque. Barcelona, España, Blume, 1969. pp. 9-100.
2. BLAIR, G. et al. Sulfur Nutrition of Rice I. A Survey of Soil of South Sulawesi, Indonesia. Agronomy Journal (EUA). 71 (3): 473-477. Mayo-Junio, 1979.
3. -----, Sulfur Nutrition of Rice II. Effect of Source and Rate of S on Growth and Yield Under Flooded Conditions. Agronomy Journal (EUA) 71 (3) : 477-480. Mayo-Junio, 1979.
4. CROWLEY, J. et al. Azufre (Notas sobre su importancia en el desarrollo económico de México). México, Ed. y Dist. Ibero Americana de Publicaciones, 1953. pp. 1-173.
5. CASTAÑEDA, H. Efecto de la aplicación de azufre sobre el rendimiento del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y su incidencia económica en Chiquimulilla, Santa Rosa, Tesis (Ing. Agr.) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. pp. 8-9.
6. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. Encuesta Nacional. Guatemala, 1974-1975. s.p.
7. FASSBENDER, H. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975. pp. 1-218.
8. GARNER, H. et al. Utilidad de los fertilizantes. Trad. por: José Luis de la Loma 3 ed. San Luis Potosí, México, Cia. Editora Continental, 1956. pp. 1-218.
9. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. Informe del Banco de Guatemala. Guatemala, Unidad de Publicaciones de Serv. Auxiliares del Banco de Guatemala, 1972. pp. 1-47.

10. -----, INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. Informe anual 1974 del programa de nutrición vegetal. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1975. s.p.
11. -----, -----, Informe Anual, La Máquina 1975. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1976. pp. 54-84.
12. -----, -----, Programa de producción de arroz 1975-1976. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1977. pp. 55-56.
13. -----, -----, Publicaciones misceláneas Nos. 23 y 28. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1977. s.p.
14. HOLDRIDGE, L. Mapa de zonificación ecológica de Guatemala según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura-SCIDA, 1958.
15. IMPORTANCIA DE LA POTASA. Revista de la potasa (Suiza). 1977. s.p.
16. JACOB, A. Fertilización (Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales). Trad. por: López Martínez de Alva. 2 ed. Holanda, Ed. H. Veeman & Zonen N. V., 1964. pp. 51-124.
17. LEON, A. Manual de agricultura. México, Salvat Editores, 1954. T.2. pp. 1535-1565.
18. MAS ARROZ POR HECTAREA. Correo fitosanitario Bayer (Alemania). 1 (2) : 26-27. 1977.
19. MEXICO. CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA. Manual de fertilizantes. México, 1970. 292 p.
20. NO SE OLVIDE DEL AZUFRE. Agricultura de las Américas (Estados Unidos). pp. 60-61. Mayo, 1977.
21. OCHSE, J. et al. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. México, Limusa-Wiley, 1965. T.2. pp. 1343-1362.

22. PERDOMO, R. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Centro de producción de materiales, Universidad de San Carlos, 1970. pp. 149-182.
23. RUIZ, C. El cultivo del arroz. México, Bartolomé Trucco, 1941. pp. 1-10.
24. RUSELL, J. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Trad. por: Gaspar Gonzáles y Gonzáles. 2 ed. España, Aguilar, 1959. pp. 48-51 y 559-566.
25. SEMINARIO SOBRE POLITICAS ARROCERAS EN AMERICA LATINA. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1971. 160 p.
26. SIMMONS, CH. et al. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra, 1959.
27. TISDALE, S. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por: Jorge Balach y Carmen Piña. España, Simons Editores, 1970. pp. 271-291 y 310-334.
28. TOPOLANSKI, E. El arroz: su cultivo y producción. Argentina, Hemisferio Sur, 1975. pp. 1-17.
29. UNIVERSIDAD DE FILIPINAS. Cultivo del arroz, manual de producción. Trad. por: Agustín Contín. México, Limusa-AID, 1975. pp. 21-29.
30. WALKER, J. El análisis de suelos y las recomendaciones para fertilizantes. Guatemala, Dirección de Investigaciones Agrícolas, DIGESA, Ministerio de Agricultura, 1977. pp. 1-10.
31. WORTHEN, E. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. Trad. por: José Luis de la Loma. 2 ed. México, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1959. pp. 102-113

Vo. Bo.

Tania Ardón Mayorga

Tania Ardón Mayorga
Bibliotecaria.
BIBLIOTECA CENTRAL,
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA.

Referencia	
Asunto	

"IMPRIMASE"

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O

