

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



EL RIEGO: UNA ALTERNATIVA PARA LA APLICACION DE FERTILIZANTES

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A
ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jalisco 1983

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA,
ESCUELA DE AGRICULTURA.

EL RIEGO: UNA ALTERNATIVA PARA
LA APLICACION DE FERTILIZANTES.

T E S I S

Que como requisito parcial

Para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

Orientación en Suelos

P r e s e n t a :

Engelberto Sandoval Castro.

Las Agujas, Mpio., de Zapopan, Jal. 1983.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Septiembre 12, 1966.

C. PROFESORES

ING. J. JESUS GONZALEZ NEJIA, Director.
ING. JUAN MANUEL RANCHO GARCIA, Asesor.
ING. ARTERIO GONZALEZ MARTIN, Asesor.

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

"EL RIEGO: UNA ALTERNATIVA PARA LA APLICACION DE FERTILIZANTES."

presentado por el PASANTE ENGELBERTO SANDOVAL MARTIN han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

PIENSA Y TRABAJA
EL SECRETARIO.

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

Al contestar este oficio sirvase citar fecha y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura

Expediente

Número

Septiembre 12, 1983.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____
ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO titulada,
"EL RIEGO: UNA ALTERNATIVA PARA LA APLICACION DE FERTILIZANTES."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.

ING. J. JESUS SEPULVEDA MEJIA.

ASESOR

ING. JUAN MANUEL SANCHEZ GOMEZ

ASESOR

ING. ARTEMIO GOMEZ ARIAS

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

D. E D I C A T O R I A .

A MIS PADRES:

Carolina Castro Castro.

Ramón Sandoval Castro. (q.e.p.d.)

A MI ESPOSA:

Irma Barba Cerrillo.

A MI HIJO:

Engelberto.

A MIS HERMANAS:

*Estela, Hortencia, Gloria, Blanca, Evalia
y Anabel.*

AGRADECIMIENTO .

Al Ing. J. Jesús Sepúlveda Mejía por su planeación y dirección de este trabajo.

A los Ings. Artemio Gómez Arias y Juan Manuel Sánchez Gómez por su asesoría.

Al M.C. Alfredo Castañeda Palomera por su valiosa colaboración.

A todos los compañeros y amigos que en forma directa e indirecta colaboraron en este trabajo.

A la C. Rosalba Reyes Torres por su desinteresada dedicación en la mecanografía de este trabajo.

RECONOCIMIENTO .

A mi Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara por mi formación Profesional.

Al PRONDAAT por permitir llevar a cabo este trabajo.

I N D I C E

	PAGINA
1. INTRODUCCION - - - - -	7
2. REVISION DE BIBLIOGRAFIA - - - - -	3
2.1. Importancia de los cereales (trigo) - - - - -	3
2.2. Los fertilizantes y su uso - - - - -	3
2.2.1. Producción y uso de fertilizante - - - - -	3
2.2.2. Uso de fertilizantes líquidos - - - - -	4
2.2.3. Leyes que nos rigen el uso de fertilizantes-	5
2.3. Aplicación de los fertilizantes - - - - -	6
2.3.1. Movimiento y reacciones de los fertilizantes en el suelo - - - - -	7
2.3.2. Forma y época de aplicación - - - - -	8
2.4. El agua y los nutrientes en el suelo - - - - -	9
2.4.1. Movimiento del agua y los nutrientes en el suelo - - - - -	9
2.4.2. Los nutrientes en el suelo - - - - -	10
2.4.2.1. El Nitrógeno en el suelo - - - - -	10
2.4.2.2. El Fósforo en el suelo - - - - -	11
2.4.2.3. Otros nutrientes necesarios para la planta - - - - -	13
2.5. Algunos aspectos relacionados con el cultivo de <u>trigo</u> - - - - -	14
2.6. Conclusiones a la revisión bibliográfica - - - - -	15
3. DIAGNOSTICO DE LA REGION - - - - -	17
3.1. Características físicas de la región - - - - -	17
3.1.1. Localización geográfica - - - - -	17
3.1.2. Descripción fisiográfica - - - - -	17
3.1.3. Descripción geológica - - - - -	19
3.1.4. Descripción hidrológica - - - - -	19
3.2. Características climáticas - - - - -	20

	PAGINA
3.2.1. Clasificación climática - - - - -	20
3.2.2. Precipitación - - - - -	21
3.2.3. Temperatura - - - - -	21
3.2.4. Meteoros importantes - - - - -	21
3.3. Vegetación - - - - -	23
3.4. Recurso suelo - - - - -	24
3.4.1. Clasificación - - - - -	24
3.4.2. Descripción de algunos perfiles - - - - -	25
3.4.3. Algunas características físicas y químicas de los suelos - - - - -	25
3.4.4. Erosión - - - - -	25
3.5. Recurso agua - - - - -	30
3.5.1. Fuentes de agua - - - - -	30
3.5.2. Infraestructura de riego - - - - -	30
3.5.3. Calidad de aguas - - - - -	31
3.6. Características socio-económicas - - - - -	31
3.6.1. Población - - - - -	31
3.6.2. Educación - - - - -	34
3.6.3. Tenencia de la tierra - - - - -	34
3.6.4. Vías de comunicación - - - - -	34
3.6.5. Servicios institucionales - - - - -	35
3.7. Sistemas de producción agrícola - - - - -	36
3.7.1. Maíz temporal - - - - -	36
3.7.2. Maíz asociado con frijol - - - - -	36
3.7.3. Maíz riego - - - - -	36
3.7.4. Maíz cajete o de humedad - - - - -	37
3.7.5. Trigo temporal - - - - -	37
3.7.6. Trigo riego - - - - -	37
3.7.7. Trigo humedad - - - - -	38
3.7.8. Frijol mata temporal - - - - -	38
3.7.9. Alpiste temporal - - - - -	38

	PAGINA
3.7.10. Alpiste riego - - - - -	39
3.7.11. Algalga - - - - -	39
3.7.12. Otros sistemas - - - - -	39
4. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS - - - - -	40
4.1. Objetivos - - - - -	40
4.1.1. General - - - - -	40
4.1.2. Específicos - - - - -	40
4.2. Hipótesis - - - - -	40
4.3. Supuestos - - - - -	40
5. MATERIALES Y METODOS - - - - -	42
5.1. Características del sitio experimental - - - - -	42
5.1.1. Localización y condiciones - - - - -	42
5.1.2. Características físicas y químicas del sitio - - - - -	42
5.2. Factores de estudio - - - - -	42
5.2.1. Factores constantes - - - - -	44
5.2.2. Factores variables - - - - -	44
5.3. Listado de tratamientos - - - - -	45
5.3.1. Tamaño de Unidad Experimental - - - - -	46
5.3.2. Repeticiones - - - - -	46
5.4. Diseño experimental - - - - -	46
5.5. Establecimiento y conducción del experimento - - - - -	46
5.5.1. Preparación del terreno - - - - -	46
5.5.2. Siembra - - - - -	46
5.5.3. Fertilización - - - - -	47
5.5.4. Labores de cultivo - - - - -	47
5.5.5. Cosecha - - - - -	47
5.5.6. Toma de observaciones - - - - -	48
5.6. Riegos - - - - -	48
5.6.1. Equipo de riego - - - - -	48
5.6.2. Determinación de las constantes de humedad - - - - -	48
5.6.3. Aplicación de agua - - - - -	49

5.6.4. Problemas con la aplicación del agua - - - -	51
5.7. Aplicación del fertilizante en los tratamientos de- forma diluida - - - - -	51
5.7.1. Determinación del coeficiente de dilución de los fertilizantes - - - - -	51
5.7.2. Aplicación del fertilizante en el riego - -	54
5.8. Análisis - - - - -	54
5.9. Costos - - - - -	55
6. RESULTADOS Y DISCUSION - - - - -	56
6.1. Rendimientos obtenidos - - - - -	56
6.2. Pruebas de F y de t. - - - - -	57
6.2.1. Análisis de varianza - - - - -	57
6.2.2. Diferencias mínimas significativas - - - - -	58
6.3. Discusión de resultados - - - - -	58
6.3.1. Distribución del fertilizante y su aprovecha- miento por la planta - - - - -	59
6.3.1.1. Distribución del fertilizante en el suelo - - - - -	59
6.3.1.2. Aprovechamiento del fertilizante -- por la planta - - - - -	60
6.3.2. Bases químicas en la fertilización diluida - en agua de riego - - - - -	62
6.3.2.1. Aplicación de la Urea - - - - -	62
6.3.2.2. Aplicación del fertilizante fosfora do - - - - -	64
6.3.3. Ventajas y desventajas del Método de Fertili- zación Propuesto - - - - -	66
6.3.4. Costos de producción - - - - -	67
7. RESUMEN Y CONCLUSIONES - - - - -	68
7.1. Resumen - - - - -	68
7.2. Conclusiones - - - - -	69

	PAGINA
3. BIBLIOGRAFIA - - - - -	71
9. APEÑDICE - - - - -	74

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICAS.

CUADRO	PAGINA
1 Extracción de nutrientes del suelo por el trigo - -	14
2 Precipitación y temperaturas medias en Nochixtlán, Oax. - - - - -	22
3 Indicadores climáticos de Nochixtlán, Oax. - - - - -	22
4 Descripción de algunos perfiles del Valle de Nochixtlán. Fuente: (PRONDAAT-PLAN NOCHIXTLÁN, C.P. S.A.R. H. CENTRO DE EDAFOLOGÍA DEL C.P. 1933) - - - - -	26
5 Análisis Físico y Químico de algunas muestras de suelo del Valle de Nochixtlán - - - - -	28
6 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos: - Distritos y Unidades de Temporal N ^o II. Huajuapán de León, Oax. Relación de pozos en operación en el Valle de Nochixtlán - - - - -	32
7 Análisis de agua de algunos pozos y manantiales del Valle de Nochixtlán - - - - -	33
8 Análisis de la muestra del suelo donde se estableció el experimento - - - - -	44
9 Lista de tratamientos del experimento en trigo - -	45
10 Rendimientos de grano (kg/ha) - - - - -	56
11 Rendimiento de paja en kg/ha - - - - -	57
12 Análisis de varianza del rendimiento en grano (Prueba de F) - - - - -	57
13 Diferencia Mínima Significativa de Medias (prueba de t) - - - - -	58

CUADRO

PAGINA

14	Análisis de Varianza de los Rendimientos de Grano - - - - -	76
15	Costos de Producción del trigo por cada tratamiento - - - - -	77
16	Análisis Económico de trigo de riego para cada tratamiento - - - - -	78
17	Análisis de Correlación y regresión lineal entre paja y grano para los 5 tratamientos - - - - -	79
18	Análisis de Varianza del Modelo de Regresión Lineal entre paja y grano - - - - -	80

FIGURA

1	Faces de un gránulo de Superfosfato al entrar en contacto con el agua - - - - -	12
2	Distritos Políticos de la Mixteca Oaxaqueña - -	18
3	Localización del sitio experimental en sus tratamientos - - - - -	43
4	Esquema del aparato empleado en la determinación del coeficiente de dilución y aplicación de fertilizantes en agua de riego - - - - -	53

GRAFICA

1	Balace de humedad del suelo relacionadas con las etapas fenológicas del cultivo - - - - -	50
2	Rendimientos medios de cada tratamiento - - - -	51

1. INTRODUCCION.

El uso de fertilizantes es hoy en día una práctica común, en la mayoría de los cultivos agrícolas; ya que la producción se viene aumentando con su empleo. Para esto se realiza de diferentes métodos de fertilización, de acuerdo al tipo de producción de que se trate; los más comunes son: en banda, al voleo, aspersiones foliares, gases aplicados al suelo y fertilizantes líquidos aplicados en agua de riego; todos es tos con un fin, tener mayor eficiencia y aprovechabilidad de los ferti lizantes.

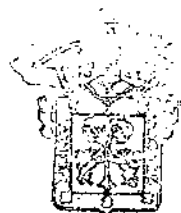
El presente trabajo pretende comparar uno de los métodos de ferti lización más empleados en el cultivo de trigo bajo condiciones de riego, el de voleo, con el método de aplicar el mismo fertilizante (sólido) pero en agua de riego; además de reducir los costos de producción del mismo cultivo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo nos mues tran que nos aumenta en más de una tonelada por hectárea de grano de trigo, aplicando el fertilizante en una fracción en cada riego donde existe una mayor aprovechabilidad del fertilizante por el cultivo, reduciéndose el costo de aplicación al voleo en el terreno.

Esta tecnología no requiere de mucho costo, únicamente colocar un dispositivo en el canal de riego que provee de agua al terreno, regulando el gasto de acuerdo al tiempo de riego planeado para aplicar las

cantidades de fertilizante requeridas.

Este trabajo es un inicio para futuras investigaciones en donde se puedan optimizar las aplicaciones de fertilizantes de acuerdo a las etapas fenológicas no sólo del trigo sino también de otros cultivos, ya sea al voleo o en hileras ayudando a mejorar las recomendaciones -- que nos pudieran incrementar la productividad en cultivos bajo condiciones de riego.



2. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.

2.1. Importancia de los cereales (trigo).

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

El origen del trigo se cree que fue en el Próximo y Medio Oriente (FAO, 1980). En México fue introducido por los españoles durante la conquista; desde entonces en los últimos 20 años la Investigación Agrícola en el trigo se ha desarrollado mucho, por su valor nutritivo es uno de los alimentos básicos de la población en México ocupando el segundo lugar en producción después del maíz, con 2.7 millones de TM y en tercer lugar en superficie sembrada después del maíz y frijol con 738 mil has (IIIA, Logros, Diagnóstico 1982).

2.2. Los fertilizantes y su uso.

2.2.1. Producción y uso de fertilizante.

Las perspectivas de la producción de fertilizantes según Alponente (1981) citado por Rodríguez (1982), se presentan en las siguientes estadísticas:

Producción de fertilizante en el mundo (millones de TM) en 78/79.

	<u>Nitrogenados</u>	<u>Fosforados</u>	<u>Potásicos</u>
Países Capitalistas	25.1	17.5	14.6
" Socialistas	21.5	19.8	11.8
Tercer Mundo	7.1	3.9	6.11

México cuenta con 4 millones de TM de fertilizante (1982). El Plan Global de Desarrollo (sexenio 76/82) orientado en este aspecto para que alcance la capacidad de 12.8 millones de TM en 1988 estimando que la de

manda interna será de aproximadamente 10 millones.

Según FERTIMEX el consumo de algunos países es: Holanda 777 kg/ha
Bélgica 576 kg/ha, Alemania Federal 450 kg/ha y México 145 kg/ha.

Por otro lado FERTIMEX (Avances, 1981), la producción de fertilizantes complejos y derivados es de 3'457,000 TM y que en 1980 exportó 259,841 TM de productos, fertilizantes y derivados con un costo de -- 11'240,394 Dls., al igual FERTIMEX (Memoria, 1981) en 1980 se encontró que en el ciclo P.V. 79/79 se sembraron 11'784,692 has de las que se fertilizaron 7'424,356 (63%); en el ciclo O.I. 79/80 se sembraron ---- 2'739,247 has y fueron fertilizadas 1'780,519 (65%).

2.2.2. Uso de fertilizantes líquidos.

En los E.U.A. se emplean los fertilizantes en solución con el --- agua de riego por superficie utilizando más los nitrogenados y en menor escala los fosforados y potásicos, ya que estos últimos son menos solubles. Esta práctica es una solución para no llevar el fertilizante hasta el predio sino que directamente se aplica en el canal de irrigación ahorrándose trabajo y teniendo mayor eficiencia con un considerable aumento de los rendimientos (Tisdale y Nelson, 1977).

Existen estudios sobre fertilizantes líquidos o sea los fertilizantes secos (Urea, Sulfato, etc.,) en solución. Estos estudios nos indican que la aprovechabilidad de los nutrientes con fertilizantes líquidos es igual que en los secos debido a que los fertilizantes secos tienen la propiedad de absorber agua e inmediatamente se solubilizan -

(un día); además de que la planta absorbe pequeñas cantidades cada día por eso en los suelos secos tanto los fertilizantes sólidos como líquidos quedan en el suelo en forma de cristales y en suelos húmedos los dos tipos son igual (Aldrich y Leng, 1974). Sin embargo estos mismos autores mencionan que los trifosfatos ($H_2PO_4^-$) de los fertilizantes fosfatados tienen una solubilidad lenta, por lo tanto si el Superfosfato de calcio se le aplica ya solubilizado queda listo para que la planta lo asimile.

Por otro lado existen soluciones con fertilizantes nitrogenados - principalmente agua amoniacal y ésta se mezcla con los fertilizantes sólidos para su uso en los cultivos (Mustian, 1979 citado en apuntes - del CEDAF del C.P. 1982).

2.2.3. Leyes que nos rigen el uso de fertilizantes.

Fundora y otros (1979), presentan las leyes que rigen a los fertilizantes aplicados al suelo:

Ley del anticipo. - Los nutrientes aplicados a un suelo deben incorporarse con tiempo para que estén disponibles en el momento que las plantas lo necesiten.

Ley de la restitución. - Esta ley nos dice que deben restituirse los elementos que son extraídos por los cultivos - - - arrastrados y lixivados, lo mismo los que desaparecen cuando se aplica abonos.

Ley del mínimo (Liebig). - La poca existencia de un elemento asimila-

ble en el suelo reduce la eficacia de los otros elementos y por ende reduce la producción.

Ley de los aumentos decrecientes o Mitscherlich.- A medida que aumentan las dosis de un elemento fertilizante, corresponden a aumentos cada vez menores de rendimientos a medida que la cosecha se acerca a su máximo.

Ley del máximo.- Un exceso de un elemento asimilable reduce la eficacia de otros y en consecuencia una disminución en el rendimiento.

Ley del equilibrio entre elementos.- El desequilibrio que causa la extracción por las plantas aportes de abonos u otras causas debe ser eliminado por aplicaciones de elementos fertilizantes estableciendo un equilibrio en el suelo.

Ley de la prioridad biológica (Voisin).- Cuando se aplica fertilizante a un cultivo, debe tener como meta prioritaria la de mejorar la calidad biológica sobre el rendimiento.

2.3. Aplicación de los fertilizantes.

Para la aplicación de los fertilizantes se deben tomar en cuenta los factores: cuándo, cómo y dónde, bajo las condiciones de: características del cultivo, suelo, época del año y estado del tiempo; ade-

más de otros aspectos socioeconómicos y laborales (Fundora y otros, -- 1979).

2.3.1. Movimiento y reacciones de los fertilizantes en el suelo.

El fertilizante una vez solubilizado se mueve de acuerdo al tipo de suelo y contenido de humedad. Los fertilizantes nitrogenados se mueven más rápidamente que los fosfatados y potásicos; el NH_4^+ se fija en el complejo de intercambio del suelo mientras que los NO_3^- en solución se mueven hacia arriba o hacia abajo de acuerdo al movimiento de la humedad. El fósforo es casi inmóvil y generalmente queda en la parte donde se coloca aunque el fósforo hidrosoluble se mueve a corta distancia. El ión K^+ tiende a unirse al complejo de intercambio (Tisdale y Nelson 1977).

Aldrich y Leng (1974), mencionan las reacciones de los fertilizantes en el suelo. El Amoníaco (NH_3) reacciona con el ión H^+ de la solución del suelo adheriéndose a las cargas de los coloides. El Nitrato de Amonio (NO_3NH_4) al entrar en solución una parte del NH_4^+ permanece en solución, otra se adhiere a las cargas de los coloides algunos quedan atrapados en las láminas de arcilla y otros se combinan con otras iones como el Cl^- el SO_4^{2-} , etc.. Los NO_3^- pueden seguir caminos como: absorción por las raíces, desplazamiento por acción de humedad del suelo utilizado por los organismos y desnitrificación perdiéndose en forma de gas. La Urea siendo muy soluble en uno o dos días se desplaza en solución igual que la NO_3^- ; químicamente o mediante enzima (ureaza) se convierte en NH_3 comportándose como el Amoníaco Anhidro, solubilizando

se en la superficie del terreno se puede perder.

Por otro lado los NO_3^- por la oxidación del NH_4^+ son los más asimilables por las raíces, el NH_4^+ puede absorberse a fijarse en los coloides (humus y arcillas) el cual por medio de intercambio catiónico de las raíces y el suelo es asimilable por las plantas. Los superfosfatos al disolverse se forma el trifosfato (H_2PO_4^-) que es la forma más asimilable por las plantas, este puede pasar a formas insolubles lo cual va a depender del tipo del suelo tratando de que las proporciones sean mínimas, las que se fijan se puede tener una mayor disponibilidad. El Cloruro de Potasio al disolverse puede formar parte de los coloides o fijarse en ellos y en solución ser introducido por los pelos absorbentes (Bevlin, 1980) y (Ortiz, 1977).

2.3.2. Forma y Época de aplicación.

El fertilizante nitrogenado es indeseable aplicarlo en la plantación o siembra, ya que puede causar daños a la cosecha, es mejor aplicarlo cuando está en desarrollo el cultivo teniendo así una mayor producción; aunque la planta después de 60 cm de altura (maíz) disminuye la absorción de N, el rendimiento aumenta aplicando después el fertilizante nitrogenado (Tisdale y Nelson, 1977).

Para el caso de los fertilizantes fosforados como los H_2PO_4^- son los que la planta más asimila, entonces si los fertilizantes fosforados se aplican en forma de solución o sea ya solubilizado (debido a que este fertilizante tiene una lenta solubilidad) queda listo para --

que la planta lo asimile (Aldrich y Leng, 1974).

Los fertilizantes potásicos teniendo buena solubilidad y dado que la planta lo asimila en forma de ión K^+ aplicado en solución existe en el suelo más Potasio disponible (Bevlin, 1980).

2.4. El agua y los nutrientes en el suelo.

2.4.1. Movimiento del agua y los nutrientes en el suelo.

Buchanan y Brady (1977), mencionan que en el suelo suceden cuatro movimientos conjuntamente con las plantas superiores, Estos son:

- a). Intercambio entre suelo (coloidal y no coloidal) y la solución del mismo suelo.
- b). Movimiento entre raíces (pelos absorbentes) y partículas coloidales y no coloidales o sea, intercambio entre partículas del suelo y las raíces de las plantas por contacto entre ambas.
- c). Intercambio entre la solución del suelo y los pelos absorbentes.
- d). Pérdida de nutrientes por lavado y lixiviación.

Estos movimientos nos dan idea de cómo la planta puede alimentarse y la pérdida de elementos nutritivos por la misma solución del suelo.

Gavande (1973), relaciona la pérdida de nutrientes con la lixiviación de los suelos. Una excesiva lluvia o riego puede ocasionar esta pérdida especialmente los nitrogenados y menos los potásicos; el caso de los fosfatados como forman otros complejos insolubles casi no son arrastrados por solución los componentes del N y el Ca son los más li-

xiviados.

2.4.2. Los nutrientes en el suelo.

El crecimiento normal de los vegetales está determinado por la -- disponibilidad de ciertos elementos químicos los cuales son esencia-- les para el buen metabolismo, esto se ha determinado en base a la expe-- riencia de los cultivos en Hidroponia y estudios relacionados con la - nutrición vegetal (Bevlin, 1980) (Rodríguez, 1982).

2.4.2.1. El Nitrógeno en el suelo.

Según Fundora y otros (1979), las formas del N en el suelo son: - Oxido Nitroso (N_2O), Oxido Nítrico (NO), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), - Amonio (NH_4^+), Nítrito (NO_2^-) y Nitratos (NO_3^-), los cuatro primeros en - forma gaseosa y los tres restantes en solución del suelo. Más del 95% - de N total del suelo está en forma orgánica y que de esta representa - el 5-6%.

Las Pérdidas de N son Por:

- a). Lixiviación.
- b). En forma de gas: desnitrificación biológica y química, volatiliza-- ción de amoníaco y por erosión.

Las Ganancias de N son por:

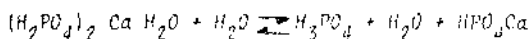
- a). Fijación asimbiótica.
- b). Fijación simbiótica.
- c). Adición de N_2 por la lluvia.
- d). Fertilización (química u orgánica).

Las formas más aprovechables del N por las plantas son los NO_3^- y NH_4^+ .

2.4.2.2. El Fósforo en el suelo.

El P se encuentra en forma orgánica (fosfolípidos, ácidos nucleicos, etc.,) e inorgánica (minerales del grupo apatita y fosfatos de Fe, Ca, Se), las formas asimilables por la planta es fosfato monobásico -- (H_2PO_4^-) y dibásico (HPO_4^{2-}), siendo más utilizado por el primero (Rodríguez, 1982).

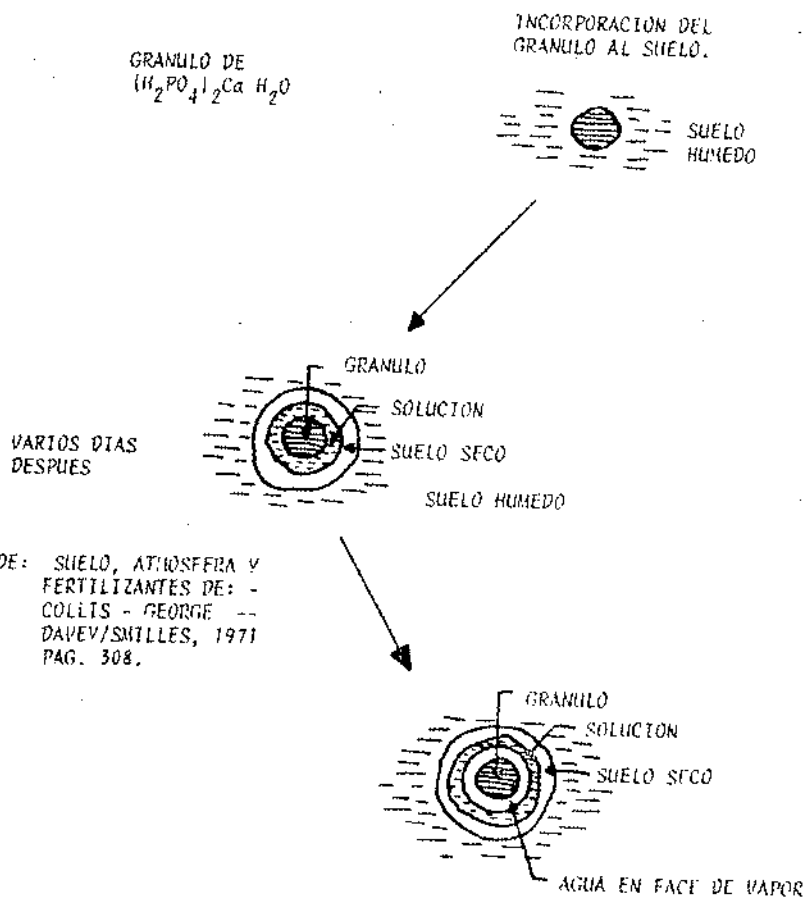
Los complejos superfosfatos compuestos de fosfatos monoceléticos -- Hidratados (H_2PO_4)₂ Ca H₂O. Estos al entrar en contacto con el agua -- forman dos etapas de reacción desprendiendo soluciones muy ácidas (pH de 1,01 a 1,48) hasta convertir el (H_2PO_4)₂ Ca H₂O en HPO_4Ca (Fosfato de Calcio Anhidro) de acuerdo a las siguientes reacciones:



Esto muestra como un gránulo de Superfosfato conforme transcurren los días se empapa de agua desprendiendo soluciones ácidas que poco a poco aumenta el pH, para mayor ejemplificación se muestra la Fig. N° 1 -- (Collis-George - Davey/Smiles, 1971).

Algunos estudios realizados en E.U.A. se puede observar que el P tiene poca movilidad, en 50 años de aplicación el P no ha ido más allá de 45 cm de profundidad; entrando en contacto con el agua en 6 horas -- a 3 días desprende una solución que puede disolver compuestos de Mn, --

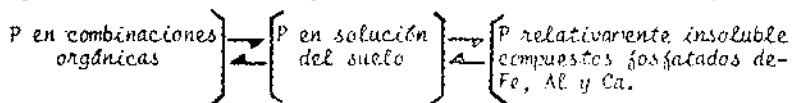
FIGURA 1. FACES DE UN GRANULO DE SUPERFOSFATO AL ENTRAR EN CONTACTO CON EL AGUA.



TOMADO DE: SUELO, ATMOSFERA Y FERTILIZANTES DE: - COLTIS - GEORGE -- DAVEV/SMILLES, 1971 PAG. 308.

Al, Fe, Ca y K, después de 3 a 7 días la solución se ha extendido a lo máximo (2.5 a 4 cm de diámetro) (Aldrich y Leng, 1974), como el Superfosfato es poco soluble el 20% de los fosfatos solubles en agua que se aplican se hacen relativamente insolubles estando en el punto de aplicación, por eso debe colocarse en la zona de mayor actividad radicular para ser aprovechado por la planta; además la relación de absorción del P está en proporción a la concentración de iones Fosfatos en solución del suelo (Collis-George-Davey/Smilles, 1977), (Rodríguez, 1982) y (Aldrich y Leng, 1974).

Black en (1957) mencionado por Tisdale y Nelson (1977), nos dice que es importante mantener una relación de P en la solución del suelo siendo mayor la renovación que la absorción, está dependiendo del suelo y el P como fertilizante y lo representa en el siguiente esquema:



2.4.2.3. Otros nutrientes necesarios para la planta.

Otros elementos esenciales para el desarrollo y/o metabolismo de la planta son: el Potasio absorbido en forma de ión (K^+); Calcio Ca^{++} Magnesio Mg^{++} , Azufre SO_4^- o SO_2 (por hojas), Boro $B_2O_7^-$, $H_2BO_3^-$, --- HBO_3^- , BO_3^- , Manganeso Mn^{++} , Cobre Cu^{++} , Zinc Z^{++} , (estos tres últimos también en complejos orgánicos de E.D.T.A.); el Hidrógeno que lo toma del H_2O ; también hay otros elementos menores que no son necesarios sólo que también la planta los necesita: Molibdeno MoO_4^- , Cloro Cl^- , Cobalto Co^{++} (Complejo B_{12}), Vanadio Va^{++} , Sodio Na^+ (que puede susti---

tuir al K) y Silicio, todos estos tomados por la raíz y lo que toma -- por las hojas son el Oxígeno y Carbono en forma de CO_2 . (Tisdale y Nelson, 1977) y (Bevlin, 1980).

2.5. Algunos aspectos relacionados con el cultivo de trigo.

El trigo requiere de 450 a 650 mm de agua dependiendo del ciclo - y duración del cultivo, el déficit de agua durante el período de forma ción de renuevos (amapollos) no afecta mucho la producción pero sí es determinante la falta de agua en las demás etapas fenológicas (FAO, -- 1980).

Rodríguez (1982), relaciona la fertilización con la disponibilidad de humedad del suelo.

La cantidad de semilla varía de acuerdo al método de siembra utilizado ya sea en hileras y al voleo, siendo mayor en el método de voleo (FAO, 1980).

Palacios y Martínez (1978), recomienda que no se deben estudiar - factores de fertilización conjuntamente con el consumo del agua, ya -- que se obtienen datos erróneos en relación al rendimiento del trigo.

Según Rodríguez (1982), la extracción de nutrientes del suelo por el cultivo del trigo se presenta en el siguiente cuadro N^o 1.

CUADRO N^o 1. Extracción de nutrientes del suelo por el trigo.

Rto. Ton/ha	Parte de la planta	Kg. de nutriente/ha				
		N	P_2O_5	K_2O	Mg	S
5	grano	170	50	30	15	5
	paja *	50	10	150	15	15

*incluyendo raíz.

INIA, Marco de referencia (1981), presenta rendimientos de trigo de 1,500 kg/ha bajo condiciones de riego, en promedio. Este bajo rendimiento es debido a problemas en la adquisición de agua dentro de la zona de riego del Distrito Político de Nochixtlán, sin embargo en recientes trabajos (PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLÁN, 1983) muestra rendimientos - promedios de más de 3,000 kg/ha con riego y de 1,500 kg/ha de temporal.

2.6. Conclusiones a la revisión bibliográfica.

- 1). La aplicación de fertilizantes en cualquier presentación es hoy en día importante para el incremento de la producción no sólo en cereales sino en otros cultivos importantes.
- 2). Los fertilizantes sólidos aplicados en agua de riego se viene -- realizando en algunos países debido a que aumenta la eficiencia y aprovechabilidad de los nutrientes por las plantas; además de que se reducen los costos de producción.
- 3). De los tres tipos de fertilizantes químicos (nitrogenados, fosforados y potásicos), los fosforados son los que se tienen mayor dificultad de aplicarse en agua de riego ya que se tienen una baja solubilidad.
- 4). El nutriente mayor que más se pierde es el Nitrógeno, debido a que sus compuestos son muy solubles y al entrar en solución forma gas (NH_3) el cual se volatiliza; además de que los iones en solución fácilmente se pierden por su alta movilidad en el suelo -- aunado en esto la utilización de los NO_3^- por microorganismos.
- 5). La fertilización líquida es una práctica benéfica ya que se apli

ca los elementos nutritivos tal y como la planta los absorbe además de que se aplican en la zona de mayor actividad radicular.

- 6). Las necesidades de agua, fertilizante y la cantidad de semilla para trigo van de acuerdo a la variedad, su ciclo, suelo y método de siembra; en cuanto a necesidad de agua es importante tomar en cuenta las etapas fenológicas.
- 7). Los bajos rendimientos de trigo de riego en la zona de riego del Valle de Nochistlán es debido principalmente a problemas internos y técnicos (asistencia técnica).

3. DIAGNOSTICO DE LA REGION.

3.1. Características físicas de la región.

3.1.1. Localización geográfica.

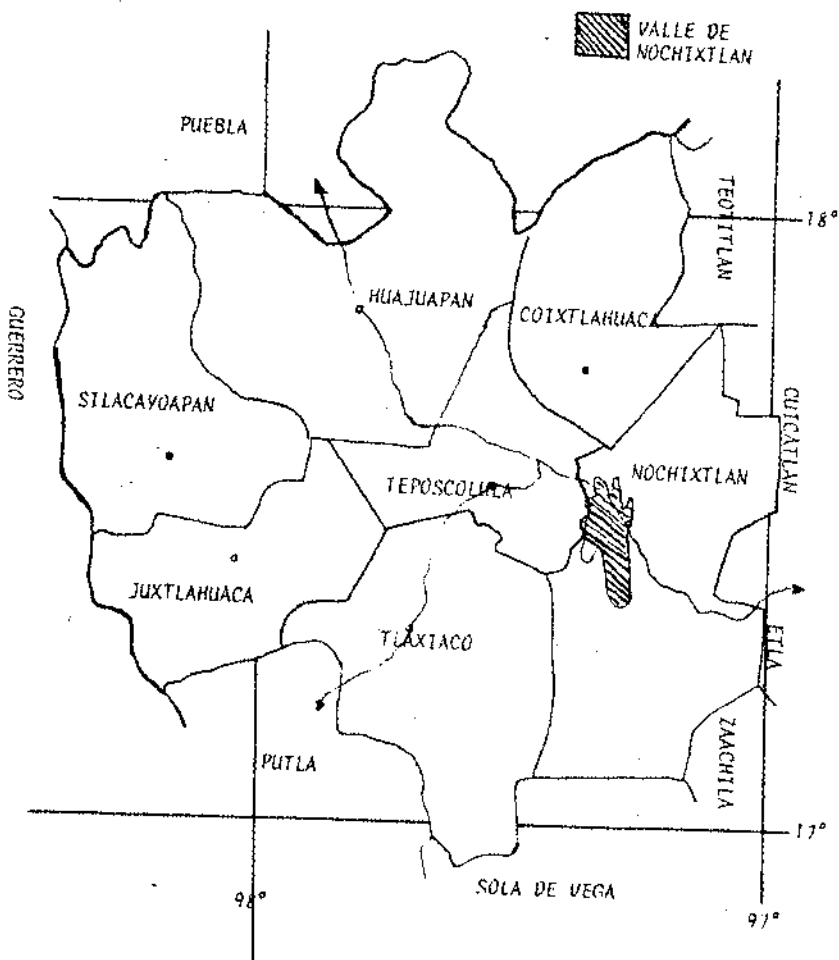
La Mixteca Oaxaqueña se encuentra en la parte Noroccidental del Estado de Oaxaca, entre los paralelos $16^{\circ} 49'$ y $18^{\circ} 25'$ Lat. N y los meridianos $97^{\circ} 00'$ y $98^{\circ} 30'$ Log. O. Limitando al Norte con el Estado de Puebla, al Sur con los Distritos de Sola de Vega y Zaachila, al Este con los Distritos de Teotitlán, Cuicatlán y Etla y al Oeste con el Estado de Guerrero, (Fig. N° 2). Teniendo una superficie de: $16,363.1\text{-km}^2$ siendo el 17.16% de la superficie del Estado (INIA, 1981, Marco de referencia).

La zona de estudio se encuentra en la parte Oriente de la Mixteca en el Valle de Nochixtlán.

3.1.2. Descripción fisiográfica.

La Mixteca se ubica en la Sierra Madre del Sur, zona montañosa, - limitada al Norte por la faja Neovolcánica y al Sur por el Istmo de Tehuantepec (PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLAN, 1983). En esta región se encuentra el Nudo formado por las Sierras Madre del Sur y Oriental, dividida por dos regiones: La Mixteca Alta que comprende los Distritos de Nochixtlán, Teposcolula, Tlaxiaco y Coixtlahuaca, teniendo de 1,500 a 3,000 m.s.n.m., La Mixteca Baja que comprende los Distritos de Huajuapán de León, Juxtlahuaca y Silacayoapan, teniendo alturas de 800 a 1,500 m.s.n.m., configuran algunos Valles importantes ubicados en No-

FIGURA 2. DISTRITOS POLITICOS DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA.



FUENTE: INIA MARCO DE REFERENCIA, 1961.

chixtlán, Teposcolula, Coixtlahuaca, Tlaxiaco, Huajuapán de León, y -- Juxtlahuaca; [INIA, 1981, Marco de referencia] y uno de los más importantes es el Valle de Nochixtlán ubicado al Este de la Mixteca [Fig. - N° 2].

En Este Valle se encuentran la mayor superficie de riego formado por la Cuenca Alta del Río Verde.

3.1.3. Descripción geológica.

Geológicamente es una de los complejos del país pertenecientes a los periodos Terciario y Cuaternario, habiéndose formado primero la -- Sierra Madre del Sur y posteriormente la Sierra Madre Oriental y del -- Pleistoceno la llamada Sierra Atravezada que surgió junto con la planicie Costera del Istmo.

El Valle de Nochixtlán está constituido por rocas sedimentarias y metamórficas, con suelos de origen aluvial.

3.1.4. Descripción hidrológica.

Dentro de la Mixteca se encuentra el partaguas de tres ríos importantes: Río Mixteco (afluente del Balsas), Río Papaloapan (desembocando en el Golfo de México) y el Río Verde (desembocando en el Pacífico) El Valle de Nochixtlán se encuentra en la Cuenca Alta del Río Verde -- comprendiendo varias sub-cuencas: cuenca del Río Vanhuatlán, cuenca -- del Río Sinaxtla, cuenca del Río Nochixtlán, cuenca del Río Vodocono. -- El Índice de circularidad de la cuenca es de 0.45 (Esto es la relación entre el área de un círculo del mismo perímetro de la cuenca). En to--

das las sub-cuencas se tiene aproximadamente 2,500 corrientes de primer orden, 700 de segundo orden, 170 de tercer orden, 30 de cuarto orden y una de séptima orden, teniendo una densidad hidrológica de 3.8 corrientes/km², lo que nos indica que existe material fácilmente desagradable. Cabe señalar que la medición de aspectos hidrológicos es importante para conocer cambios y usos de los recursos de producción de agua (mantos acuíferos) y de sedimento (PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLÁN, -- 1983).

3.2. Características climáticas.

3.2.1. Clasificación climática.

Según Koppen-García, dentro de la Mixteca existen muchos climas diferentes que van desde los templados secos hasta los cálidos húmedos, específicamente describimos la del Valle de Nochixtlán nuestra zona de trabajo, encontramos 3 climas: C(W₁) (W₁) (i')g; semifrío, semihúmedo con lluvias en verano, lluvias invernales menor del 5% anual, verano largo fresco con poca oscilación térmica (entre 5° y 7°C); C(W₀) (W₀) (i')g templado subhúmedo con lluvias en verano, lluvias invernales del 5 a 10% anual con poca oscilación térmica (entre 5° y 7°C) y el BS₁Kiv^u (W) (i')g templado semiseco, cálido y lluvias en verano, con lluvias en invierno menor del 5% anual con poca oscilación térmica (entre 5° y 7°) (DETENAL, 1970).

La estación más cercana al área de estudio es la de Nochixtlán, (con 32 años de observación) con las siguientes características:

Latitud	17° 27'
Longitud	97° 14'
Altitud	1.958 m.s.n.m.
Lluvia anual media	448.7 mm
Temperatura media	17.6°C
Tipo de clima	BS, Kw(x) (c)g

3.2.2. Precipitación.

En la Mixteca es muy variada la precipitación en cuanto al periodo de iniciación, distribución y cantidad. Se inicia entre Abril y Junio teniendo cantecula de fines de Julio y mediados de Agosto que a veces puede prolongarse.

El Valle de Nochixtlán es una de las partes con poca precipitación como podemos observar en el (Cuadro N° 2.). Suele haber perturbaciones entre Diciembre a Febrero de origen polar lo que ocasiona que se presenten algunas lluvias invernales. (INIA, Marco de referencia, 1981).

3.2.3. Temperatura.

La temperatura media anual de Nochixtlán, Oax., es de 17.6°C, la del mes más frío es de 14.7°C y del mes más cálido es de 19.7°C, temperaturas mínimas de 8°C en Enero y máximas de 38°C en Mayo y Agosto (Ver cuadro N° 2). (Esparza, 1980), (INIA, Marco de referencia, 1981), (PRONDAAT-PLAN NOCHIXTLAN, 1983).

3.2.4. Meteoros importantes.

Existen algunos meteoros con frecuencia dentro de la Mixteca Alta tenemos heladas tempranas ocurridas desde Octubre (ocasionalmente en - Septiembre) y tardías que se presentan en Marzo, en Diciembre y Enero - es común las nieblas además de escarcha y rocío. El granizo aunque es - poco común puede causar daños a los cultivos; entre los meses de Enero y Febrero suelen presentarse remolinos pequeños.

CUADRO N° 2. Precipitación y temperaturas medias en Nochixtlán, - Oax.

M e s	Precipitación	Temperatura
Enero	4.8	14.7
Febrero	2.2	16.9
Marzo	3.4	17.8
Abril	25.9	19.7
Mayo	45.7	19.6
Junio	89.4	19.3
Julio	62.8	18.2
Agosto	51.5	18.0
Septiembre	99.3	17.9
Octubre	49.0	16.9
Noviembre	7.4	16.8
Diciembre	7.1	15.1
Suma	448.7	-
Promedio	-	17.6

CUADRO N° 3. Indicadores climáticos de Nochixtlán, Oax.

Estación	Temp. °C	Precipitación		Evapotrans- piración Pot.		Den. de Humedad		Def. de Humedad	
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Promavera	16.5	76.5	17.0	230.8	29.6	0	0	154.3	45.3
Verano	17.7	220.5	49.0	220.7	28.3	0	0	0.2	0.0
Otoño	16.6	133.0	29.9	177.6	22.8	0	0	45.5	13.4
Invierno	15.5	18.7	4.1	150.0	19.3	0	0	138.3	40.8

3.3. Vegetación.

La flora de la región está comprendida dentro de los siguientes puntos:

- a) Especies maderables. - Pino (Pinus spp), encino (Quercus spp), cedro (Cupresus lindleyi), zapote (Casahuate edulis), huizache --- (Acacia spp), sauce (Salix spp), ahuehuete (Taxodium spp), enebro (Junípera spp).
- b) Especies industriales y oleaginosas. - Algunas de ellas son: Maguey (Agave spp), higuera (Ricinus comunis), mostaza (Brassica spp), Palma (Brahea dulcis), carrizo (Arundo spp), chicalote - (Argemone mexicana).
- c) Especies frutales. - Manzana (Pyrus malus), tejocote (Crataegus mexicana), durazno (Prunus persica), capulín (Prunus capuli), membrillo (Cydonia oblonga), mlspero (Briobratrya japónica), ahuate (Persea spp), nopal (Opuntia spp), etc.
- d) Especies medicinales. - Existen gran variedad de especies entre -- ellas: poleo (Mentha pulegium), árnica (Arnica montana), hierba -- buena (Mentha piperita), manzanilla (Matricaria chamomilla), laurel (Laurus nobilis), mejorana (Mentha mejorana) y muchos más.
- e) Pastos. - Andropogon spp, Digitaria decumbes, Eragrostis spp, Bouteloua spp, Cynodon dactylum.

Existen muchas otras especies que también son importantes tales como: acahual, gladiola, orquídeas, álamos. Muchas de estas especies -- antes mencionadas son utilizadas en la región por ejemplo: la palma pa

na hacer sombrero, las maderas para combustibles; según INT citado en (PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLAN, 1983) existen 134 especies distintas de acuerdo al siguiente porcentaje 4% complemento alimenticio, 13% frutas comestibles, 20% medicinales, 17% de ornato, 13% industriales y 60 rrajeros, 20% maderables y 13% de otras especies.

3.4. Recurso suelo.

3.4.1. Clasificación.

Los suelos del Valle de Nochixtlán son de origen aluvial en donde existen muchos suelos sepultados por el acarreo de materiales, la formación Vanhuitlán que según los geólogos contiene hasta 300 m de profundo siendo esta arcilla cálcica semicompactada, fácilmente degradable por acción del agua, cuando una capa se expone a la intemperie esta rápidamente se disgrega lo cual forma suelo arcilloso. Esta formación permite que en partes bajas originen mantos acuíferos con un buen gasto de agua.

Según INTIA (Marco de referencia, 1981), existen 2 unidades de suelos: Luvisol Crómico y Cambisol Cálcico propuesto por FAO/UNESCO. El Luvisol Crómico se presenta en suelos de lomerío, su material geológico son Esquistos y Gneis, su color es café fuerte, con drenaje desordenado y textura media, el uso es pastizal, agricultura de temporal.

En cuanto al Cambisol Cálcico se presenta en lomerío y montaña -- siendo el material geológico del Terciario Continental, fases lacustres de Vanhuitlán, topografía quebrada o escarpada color variable, el

drenaje es subparalelo o desordenado, con textura fina, uso actual ma-
torral.

3.4.2. Descripción de algunos perfiles.

Existe buena información al respecto ya que recientemente se reali-
zò una serie de descripción de perfiles complementando lo realizado
en años anteriores. En el [Cuadro N° 4] se presentan las característi-
cas de algunos pozos descritos en el Valle de Nochixtlán (cabe mencio-
nar que no son todos los que existen en la región ya que nos llevaría-
mos mucho espacio, únicamente los más importantes del Valle de Nochix-
tlán).

3.4.3. Algunas características físicas y químicas de los sue- los.

Los suelos presentan gran heterogeneidad en sus características po-
bres en nutrientes como: Nitrógeno y Fósforo, alto contenido de Calcio
y Carbonatos pH elevado (8.0), pobres en Materia Orgánica y texturas -
medias o pesadas. En el [Cuadro N° 5] se presentan algunas caracterís-
ticas físicas y químicas de diferentes muestras de suelo del Valle de-
Nochixtlán.

3.4.4. Erosión.

Los suelos de la Mixteca están fuertemente erosionados debido a -
los factores sociales y orográficos de la región. Los materiales ero-
sionados o bien son depositados en los Valles o son arrastrados por las
fuertes corrientes pluviales, se dice que en un tiempo fue tierra fér-

CUADRO N° 4. Descripción de algunos perfiles del Valle de Nochixtlán.

Fuente: {PRONDAAT-PLAN NOCHIXTLAN, C.P. S.A.R.H. CENTRO DE EDAFOLOGIA DEL C.P. 1983}

Localidad	Altura m.s.n.m.	Material parental	Fisiografía	Pendiente	Drenaje	Erosión	Manto Freat.	Permeabi- lidad
Yucuita	1953	Aluvión	Planicie de inundación	0.5°	Bien drena do	No hay	Prof.	Muy lenta
Andaa Sayulte pec	1950	Aluvión	Valle	0.5°	Bien drena do	No hay	Prof.	lenta
Nochixtlán	1870	Aluvión	Planicie de inundación	0.5°	Bien drena do	No hay	Prof.	lenta
La Luz Etlaton go I	1970	Arcilla Sediment. Calcdrea	Lomerío	2°	Bien drena do	Moderada	Prof.	lenta
La Luz Etlaton go II	1968	Calcdrea	Lomerío (abanico aluv).	0.5°	Bien drena do	leve	Prof.	lenta
El Llano Jalte petongo	2080	Calizo	Lomerío	6°	Bien drena	leve	Prof.	Moderada
Los Angeles Etlatongo	1928	R. Sed. Arc. Calc.	Lomerío	4°	Bien drena do	leve	Prof.	lenta
Yanhuitlán	1982	Aluvión	Lomerío	2°	Bien drena do	fuerte	Prof.	lenta
Yodocono	2200	Aluvial	Valle aluv.	0.5°	Bien drena	no hay	Prof.	lenta
El Zapote	1950	Aluvión	Planicie {valle}	0.5°	Bien drena do	no hay	Prof.	lenta

Continúa CUADRO N° 4. . . .

Sales	Pedregosidad	Prof. del Horizonte	Dist. de raíces	Estructura	Consistencia	Observaciones
no hay	A y IIA sin piedras	A 0-64 IIA 64	A Abundantes IIA Comúnes	A y IIA Pol. Suban. Deb. Des.	A y IIA muy dura	A y IIA cal- careo
si hay	A, B y IIA muy pocas	A 0-40 B 40-100	A y B Abund. IIA raras	Pol. Suban. Mod. Des.	B muy dura A y IIA dura	Fuertemente Calcareo
no hay	A, B, IIC, IIIC y IV sin piedras	A 0-30, B 30- 75, IIC 75-99 IIIC 99-119 IVC 119	A Abundante B comúnes IIC, IIIC y IVC Nulas	A y B Pol. Sub. Mod. Des. IIC Pol. Sub. Deb. Des. IIIC y IVC sin es- truc.	A dura B muy dura IIC dura IIIC y IVC blanda	Calcareo
no hay	A, B, y B ₂ sin piedras	A 0-25 B ₁ 20-67 B ₂ 67	A abundantes B ₁ Comúnes B ₂ Pocas	A, B, y B ₂ Pol. Sub. Mod. Des	A dura B ₁ y - B ₂ muy dura	Calcareo
no hay	A y C no hay	A 0-26 C 26 a más	A Abundantes C sin raíces	A y C Pol. Sub. Mod. Des.	A ligera dura C muy dura	Calcareo
no hay	A Ext. Pedreg C laminas ro-	A 0-12 C 12 a más	A Abundantes C muy raras	A Gra. Fina F. Des. C sin estructura	A suelta C Ext. dura	Altam. Calcareo
no hay	A y B no hay C Dominan las R. Sed.	A 0-34 B 34-67 C 67 a más	A Abundantes B Comúnes C no hay	A Pol. Sub. Media Mod. Des B Pol. Sub. Gra. Mod. Des. C Sin Estructura	A y B dura	Calcareo
no hay	A y IIA sin piedras	A 0-25 IIA 20 a más	A Abundantes IIA Comúnes	A y IIA Pol. Sub. Mod. Des.	A Dura IIA muy dura	Altam. Calcá- reo
no hay	A, B, IIA y IIIC sin pie- dras	A 0-22, B 22- 43, IIA 43-97 y IIIC 97	A Abundantes B Comúnes IIA y IIIC muy raras	A y B Pol. Sub. Med. Mod Des. IIA Pol. Sub. Gra. Deb. Des. IIIC Sin Est.	A Dura B y IIA muy dura	Calcareo
no hay	En todos los Hor. sin pie- dras	Ap-0-22, A 22 34, IIC 34-56 IIIC 56-89 IV A89-125, VA 125 a más	Ap y A Abund. IIC Comúnes IIIC, IVA y VA no hay	Ap y A Pol. Sub. Med. Mod. Des. IIC y IIIC Pol. Sub. Gra. Deb. Des. IVA y VA Pol. Sub. Gra. Fte. Des.	Ap, A, IIC y IVA y VA muy dura	Calcareo

CUADRO N° 5. Análisis Físico y Químico de algunas muestras de suelo del Valle de Nochixtlán.

Localidad	Cttes. de Hum.*		Den. Apar. g/cc.	Comp. de Part.			Tipo de Textura
	% en base a C.C.	PSS PHP		Área %	Limo %	Arc %	
Yucuita I	-	-	-	29	29	42	Arcilloso
	-	-	-	23	27	40	Mig. Arc.
Andáa I	-	-	-	46	19	35	Mig. Arc. Arc
	-	-	-	45	19	36	Mig. Arc.
Nochixtlán I	-	-	-	39	25	36	Mig. Arc.
	-	-	-	35	28	37	Mig. Arc.
La Luz Etlatongo I	-	-	-	55	10	35	Arc. Arc.
	-	-	-	50	10	40	Arc. Arc.
La Luz Etlatongo II	-	-	-	35	13	52	Arcilloso
	-	-	-	57	10	33	Mig. Arc. Arc
Los Angeles Etlatongo	-	-	-	17	28	55	Arcilloso
	-	-	-	33	22	45	Arcilloso
Yucuita II	-	-	-	31	23	46	Arcilloso
	-	-	-	33	23	44	Arcilloso
El Zapote Etlatongo	-	-	-	19	36	45	Arcilloso
	-	-	-	17	37	46	Arcilloso
Vodocono	31.18	15.59	1.20	17	27	56	Arcilloso
	36.01	17.82	1.31	4	38	58	Arcilloso
Nochixtlán II	32.46	15.77	1.24	26	22	52	Arcilloso
	35.40	17.11	1.25	23	23	54	Arcilloso
Andáa II	31.06	15.91	1.31	31	10	49	Arcilloso
	31.56	15.50	1.26	21	20	59	Arcilloso
La Luz Etlatongo II	25.14	12.32	1.25	33	16	51	Arcilloso
	39.52	19.05	1.23	35	16	49	Arcilloso
Vanhuatlán	27.16	14.16	1.38	24	29	47	Arcilloso
	40.34	20.25	1.20	23	30	47	Arcilloso

* Resultados del horizonte.

Fuente: PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLÁN C.P. S.A.R.H. CENTRO DE EDAFOLOGÍA DEL C.P., 1983.

Continuación CUADRO N° 5. . .

Prof.	pH	C.E. nmhos/cm a 25°C	M.O. %	N %	P ppm	Ca Na K Na So ₄ Intercam. meq/100 g de suelo			
0-20	8.10	0.13	1.37	0.09	36.75	45.00	5.76	0.91	0.71
20-40	8.10	0.12	1.48	0.08	3.80	68.75	5.14	0.69	0.66
0-20	8.15	0.10	1.21	0.07	3.80	52.50	3.36	0.83	0.64
20-40	8.10	0.11	1.41	0.07	66.87	43.13	2.67	0.75	0.66
0-20	8.15	0.14	1.34	0.07	3.80	48.13	2.68	0.69	0.61
20-40	8.10	0.10	1.00	0.06	4.37	50.00	2.96	0.58	0.66
0-20	8.15	0.10	1.44	0.07	78.12	40.00	0.81	0.86	0.61
20-40	8.10	0.10	1.41	0.07	53.75	55.00	0.81	0.74	0.64
0-20	8.15	0.12	1.14	0.06	8.80	38.75	0.62	0.42	0.51
20-40	8.15	0.12	1.12	0.09	6.25	38.25	0.76	0.39	0.55
0-20	8.10	0.13	0.80	0.07	6.30	48.50	2.68	0.75	0.71
20-40	8.10	0.10	1.48	0.07	6.30	54.50	2.47	0.64	0.71
0-20	8.12	0.13	1.34	0.07	39.37	45.00	5.14	0.86	0.69
20-40	8.18	0.10	1.14	0.08	34.37	50.00	5.19	0.69	0.61
0-20	8.10	0.10	0.98	0.08	3.80	48.50	2.57	0.80	0.64
20-40	8.23	0.12	1.18	0.08	4.37	47.00	3.21	0.70	0.66
0-20	7.95	0.26	1.19	0.09	7.50	74.00	5.14	1.83	1.22
20-40	8.05	0.23	1.20	0.09	7.50	46.50	4.73	1.01	1.56
0-20	7.95	0.13	1.61	0.08	2.50	58.50	4.73	0.80	0.69
20-40	8.00	0.16	1.48	0.08	2.50	63.50	5.14	0.75	0.74
0-20	7.80	0.37	1.88	0.09	5.00	47.50	4.11	0.94	1.03
20-40	8.10	0.14	1.14	0.09	3.80	47.00	1.65	0.94	0.85
0-20	7.98	0.15	1.51	0.08	2.50	37.75	2.52	0.94	0.80
20-40	8.05	0.13	1.60	0.08	3.80	52.50	2.59	0.95	0.80
0-20	8.20	0.12	1.12	0.08	3.80	41.00	2.05	0.83	0.71
20-40	8.15	0.12	1.13	0.08	3.80	47.00	2.05	0.80	0.68



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

til con bosque, sin embargo la tala immoderada de bosques, el sistema de agricultura aunada a la fisiografía de la región causó la pérdida de esta tierra que en la actualidad aún sigue su proceso erosivo. Actualmente se están haciendo obras de conservación (Zachio, San Miguel) y estudios en áreas de exclusión para detener esta pérdida de suelo.

3.5. Recurso agua.

3.5.1. Fuentes de agua.

Como mencionamos en el Valle de Nochixtlán forma parte de la cuenca donde nace el Río Sordo y éste es un afluente del Río Verde que desemboca en el Océano Pacífico.

Herniz Lasser (mencionado por INTA, Marco de referencia, 1981), - observó que las capas de rocas calizas forman largos cordones que atraviesan el país de Norte a Sur, los cuales sirven como almacenes y conductores del agua de lluvia llegando a la conclusión que en la Mixteca había agua. De esta forma se encontró el pozo artesiano Chindúa que -- brota un chorro de 30 m de altura, así se fueron encontrando más pozos en la región (Valle de Nochixtlán), existe un manantial importante el de la Colonia Chindúa, en el resto de la Mixteca existen otros manantiales también importantes.

Se han hecho estudios para represar aguas de ríos, sin embargo la roca caliza de los suelos lo impide.

3.5.2. Infraestructura de riego.

Dentro del Valle de Nochixtlán existen 14 pozos profundos y del -

Valle de Tamaulapan 5 (Ver Cuadro N° 6). También dentro del Valle de Nochistlán existen 7 presas derivadoras y una de toma directa, (INIA, - Marco de referencia, 1981) dentro del Valle de Nochistlán en sus pozos profundos nos dan un gasto de 1,946 litros/segundo con capacidad para regar una área física de 1,664 has.

Sin embargo dichas obras están siendo sub-utilizadas, ya que existen anomalías, casos en que se pierden cultivos de Primavera/Verano -- por sequía; también en el ciclo O.T. 81/82 se sembraron únicamente 403 has (PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLÁN, 1983). Los problemas detectados entre otros son: ausentismo de los usuarios, falta de mejoramiento territorial, división de grupos, infraestructura hidráulica y poca superficie por usuario.

El costo de agua es muy variado dentro de la Región que va desde \$100.00 hasta \$500.00 dependiendo del tipo de bombeo o de toma, el mantenimiento de los canales es por cuenta de los usuarios.

3.5.3. Calidad de aguas.

Se ha encontrado que el agua de algunos pozos contiene muchas sales; sin embargo, los resultados de algunos análisis nos muestran que no es un factor limitante para su uso bajo manejo adecuado. En el (cuadro N° 7) se observan algunos análisis de muestras de agua de los pozos del Valle de Nochistlán.

3.6. Características socio-económicas.

3.6.1. Población.

CUADRO N^o 6. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Distrito y Unidades de Temporal
 N^o 11. Huajuapán de León, Oax.
 Relación de pozos en operación en el Valle de Nochistlán.

Pozo	Sup. $\frac{6l}{sica}$	N ^o de usua rios	Gasto Q 1/4	Susceptibles a regar Has.	Sup. que requie re de mejoras = territoriales	Sup. Sembrada 0/1 81/82
*Chocani I	58-00	31	53	30-00	28-00	3-00
*Las Pílas	36-00	16	36	20-00	16-00	20-00
*Teotongo I	100-00	59	120	100-00	-	30-00
*Teotongo II	90-00	44	100	90-00	-	14-00
*La Luz Teotongo	58-00	31	55	20-00	38-00	23-00
Yodocono	53-00	37	55	20-00	33-00	18-00
Tillo	87-00	38	80	40-00	47-00	31-00
Chindúa	89-00	150	170	89-00	-	16-00
Andúa	121-00	76	320	70-00	51-00	72-00
Tecomatlán	97-00	64	100	50-00	47-00	23-00
Los Angeles I	116-00	25	110	40-00	76-00	39-00
La Luz I	95-00	26	110	40-00	55-00	-
Etlatongo I	142-00	88	150	142-00	-	66-00
Sinaxtla I	151-00	34	142	130-00	21-00	5-00
Sinaxtla II	147-00	52	120	100-00	47-00	7-00
Chachoapan I	26-00	10	25	18-00	8-00	1-00
Chachoapan II	122-00	47	120	122-00	-	25-00
Chachoapan III	24-00	11	25	20-00	4-00	6-00
Vucuita	52-00	22	55	52-00	-	4-00

* Pertenecen al Valle de Tamazulapan.

CUADRO N° 7. Análisis de aguas de algunos pozos y manantiales del Valle de Nochistlán.

Concepto	Rodada de Etlatongo	Manant. La Colonia	Artesia no Andía	Pozo N° 2 Andía	Artesia no Chín-día	Pozo N° 3 Chín-día
pH	8.10	7.90	-	7.80	7.90	8.00
C.E. (mmhos/cm)	1.60	0.63	3.35	2.54	2.55	2.68
Cationes totales en meq/l	15.34	5.58	34.45	32.52	24.07	27.05
Ca + Mg (meq/l)	13.70	5.40	30.40	30.61	23.30	26.50
Ca (meq/l)	13.00	5.20	16.90	23.32	22.80	23.50
Mg (meq/l)	0.70	0.20	13.50	7.29	0.50	3.00
K (meq/l)	0.12	0.05	0.05	0.89	0.10	0.10
Na (meq/l)	1.52	0.13	3.80	1.02	0.67	0.45
RAS	0.60	0.20	1.00	0.24	0.40	1.06
Aniones Tot. (meq/l)	16.24	6.18	27.87	28.25	23.89	26.45
Cl ⁻ (meq/l)	1.04	0.58	0.87	1.19	1.39	1.45
SO ₄ ⁻ (meq/l)	12.40	0.60	20.20	21.56	16.10	19.00
CO ₃ ⁻ (meq/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	2.80	5.00	6.80	5.50	6.40	6.00
OH ⁻ (meq/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₃ ⁻ + HCO ₃ ⁻ (meq/l)	2.80	5.00	6.80	-	6.40	6.00
CO ₃ Na ₂ Rest. (meq/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B (ppm)	-	-	-	-	-	-
Clasificación	C ₃ S ₁	C ₂ S ₁	C ₄ S ₁	C ₄ S ₁	C ₄ S ₁	C ₄ S ₁

Fuente: PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLAN C.P. S.A.R.H. (1978).

La población que cuenta el área del Distrito de Nochixtlán (con excepción de algunos Municipios que forman parte de la Comisión del Pa paloapan) es de 46,880 habitantes de los cuales 22,936 son mujeres y - 23,944 hombres, siendo el 27% económicamente activos. (PRONDAAT - PLAN NOCHIXTLAN, 1983).

3.6.2. Educación.

La región cuenta con educación Primaria en todas sus cabeceras mu nicipales al igual que en la mayoría de las agencias.; en algunas comu nidades importantes existen albergues donde se les da alimentación y - cobijo costado por el INT. Hay Escuelas Secundarias en Teozacoalcos, - Vodocono, Sta. Inés Zaragoza, Vanhuitlán, Nochixtlán y Jaltepec; a nivel bachiller se cuenta con un C.B.T.A. (Nº 51) en Vanhuitlán y un C.E T.I.S. (Nº 102) en Nochixtlán.

Existe gran ausentismo escolar debido a la dispersión de la po- blación; además de diferencias culturales y geográficas conjuntamente con problemas familiares.

3.6.3. Tenencia de la tierra.

Existen tipos de tenencia tales como pequeña propiedad, ejidal y - comunal, predominando esta última en la cual los derechos son determi- nados por la autoridad comunal que en algunos lugares existen divisio- nes sociales, dando acceso a quienes tienen ganado a pastorear en zo- nas boscosas y pastoreo.

3.6.4. Vías de comunicación.

La Carretera Internacional Cristóbal Colón atravieza el Valle de Noroeste a Sureste, comunicando las poblaciones de Vanhuatlán, San Mateo Vucucul, Sinaxtla y Nochixtlán. De esta carretera parten ramales - que comunican a la mayoría de los pueblos o comunidades y la mayoría - de ellos son transitables todo el año.

Existen agencias de Teléfonos de México en Vanhuatlán y Nochixtlán, en este último existe casa móvil lo cual tiene servicio de Lada.

En cuanto a telégrafos se cuenta en Nochixtlán y Vanhuatlán y lo que respecta a correos se tiene agencia en Nochixtlán de donde se distribuyen a los distintos pueblos.

3.6.5. Servicios institucionales.

Dentro de la zona existe servicio de banco BANCOMER, S. A. y Sucursal B de BANCRISA proporcionando créditos de avío y refaccionario, - se cuenta además con una oficina del Instituto Nacional Indigenista -- (INI) en Nochixtlán el cual proporciona crédito a las zonas marginadas de la región entre otros servicios.

Se cuenta con almacenes de fertilizantes de Oaxaca, el cual proporciona los principales fertilizantes. Los almacenes CONASUPO juegan un papel importante en la comercialización (principalmente trigo).

En lo referente a Asistencia Técnica la proporciona: BANRURAL, -- INI, INIA, PLAN NOCHIXTLAN y URDERAL.

Para la cuestión electricidad la mayoría de los poblados y comu-ndades tienen este servicio.

Drenaje únicamente Nochixtlán cuenta con este servicio.

Servicios Médicos Asistenciales se cuenta en los principales centros de población a través de Clínicas IMSS-COPLAMAR, con los principales servicios médicos: inyecciones, educación higiénica, planificación familiar, etc., únicamente en Asunción Nochixtlán (cabecera distrital) se cuenta con servicios de partos, farmacia y ambulancia.

3.7. Sistemas de producción agrícola.

3.7.1. Maíz temporal.

Se siembra entre mayo y junio, una vez estableciéndose el temporal se utiliza semilla criolla regional (que es muy variada), una vez barbechado, rastreado y después surcado (con junta o tractor) se siembra en el fondo del surco y se tapa con el pil; dando 2 labores (labra y cajón). Toda la producción es de autoconsumo (el grano) y el rastrojo se utiliza para alimentación de sus animales.

3.7.2. Maíz asociado con frijol.

Sistema muy común en la región, ya que estos granos son la base de la alimentación familiar. El sistema es similar al de maíz temporal la variación es el frijol asociado.

3.7.3. Maíz riego.

Se emplea en las zonas o unidades de riego, la semilla que se utiliza en este sistema es criolla y el híbrido H-133 (que supera en ganancia medida al criollo regional). Los riegos generalmente son de auxilio ya que se siembra a fines de marzo hasta mayo, por lo que una vez entrado

el temporal no lo riegan; en algunas zonas se está empleando sembradora mecánica teniendo muy buena producción.

3.7.4. Malz cajete o de humedad.

Este malz es de ciclo largo (11 ó 12 meses), se utiliza en terrenos de "Año en vez" (un año se siembra y el siguiente se descansa). El sistema de preparación es similar a los demás, la diferencia es que en la siembra se "Cajetea" (que significa "Buscar humedad") y deposita la semilla ahí; la siembra se realiza en Febrero para cosechar en Diciembre o Enero. El destino de la producción es igual que los anteriores.

3.7.5. Trigo temporal.

Es otro sistema más importante, ya que la zona tiene buena disponibilidad para este cultivo; todo se siembra desde Junio hasta Julio, a voleo y tapado con rastra de tractor utilizando la mayoría semilla mejorada (Cajeme, Anáhuac, Pavón y Zacatecas).

Para el control de malezas en algunas zonas se aplica herbicida (generalmente Esterón 50). La cosecha se realiza cortando y haciendo manojos para después trillararlo con paso de animales o bien se realiza con segadoras mecánicas. La producción tiene 2 fines: de alimentación en la región (tortillas, pan) y venta a CONASUPO o comerciantes (la mayoría), generalmente no se aprovecha el esquímno.

3.7.6. Trigo riego.

Este sistema de ciclo Otoño/Invierno empezando a sembrar desde Noviembre hasta Diciembre, la preparación de siembra y semilla es igual-

que el anterior. En los riegos no se tiene control de láminas son riegos la mayoría pesados y se aplica cuando se detecta la escasez de humedad en el suelo, no se tiene un calendario de riegos, el agua es proporcionada por orden de solicitud a las Autoridades Comunales a excepción claro de aquellos que tienen su propia bomba y toman agua de río. Existen a veces problemas serios (pérdida de cultivos) cuando se escasea el agua y la falta de calendarización.

3.7.7. Trigo humedad.

Este sistema se emplea para utilizar la humedad residual de aquellos terrenos que no tienen acceso al riego, la semilla utilizada es la criolla regional (trigo "Pelón") y esta es exclusivamente de autoconsumo o comercialización interna (trueque). Este cultivo no se fertiliza.

3.7.8. Frijol mata temporal.

Este cultivo se siembra de dos formas: al voleo y en hileras (sistema que no se conocía en la región) hasta hace poco tiempo se viene realizando. Al igual que el maíz también es de autoconsumo y comercio interno de la región, en algunas partes no se fertiliza; los deshierbes son manuales y en caso de hilera se le da una labra con junta.

3.7.9. Alpiste temporal.

Otro de los sistemas de producción que les deja más ganancias en la región, este tiene las características del trigo únicamente que se siembra desde Mayo y Junio por el método de al voleo, utilizando semi-

lla criolla. Toda la producción se comercializa por medio de los acaparadores a Puebla y otros lugares, únicamente se deja para semilla.

3.7.10. Alpiste riego.

Al igual que el trigo de riego se siembra desde Octubre (ya que es de un ciclo más largo), la producción tiene el mismo destino que el anterior.

3.7.11. Alfalfa.

Empleada para la alimentación del poco ganado que hay en la región, se siembra en hileras o al voleo en la zona de riego, se fertiliza y en algunos casos se le aplica estircol.

3.7.12. Otros sistemas.

Se siembra haba asociada con maíz temporal, en algunas partes cebada para forraje; también (aunque no significativo rabanos, cebollas, papas, chiles, zanahorias, etc.)

4. OBJETIVOS, HIPOTESIS V SUPUESTOS.

4.1. Objetivos.

El siguiente trabajo tiene los siguientes objetivos generales y -
específicos.

4.1.1. General.

Establecer un manejo más simple de los fertilizantes y su aplicación en riego.

4.1.2. Específicos.

4.1.2.1. Medir el efecto en la producción de trigo, aplicando el fertilizante en el agua de riego.

4.1.2.2. Reducir los costos de la producción en trigo bajo condiciones de riego.

4.2. Hipótesis.

4.2.1. La fertilización en agua de riego es mejor aprovechada que cuando se hace al voleo.

4.2.2. Los costos de producción se reducen aplicando el fertilizante en el agua de riego.

4.3. Supuestos.

4.3.1. El buen manejo de fertilizantes sólidos aumenta la producción de grano en trigo.

4.3.2. Las fuentes y dosis de fertilizante utilizados son los ade

cuados para el cumplimiento de los objetivos.

4.3.3. La cantidad y semilla variedad Pavón F-76 son suficientes y adecuada para una buena producción.

4.3.4. El sitio localizado para el trabajo reúne las condiciones adecuadas para este trabajo.

4.3.5. El riego se distribuye uniformemente en todo el terreno.

5. MATERIALES Y METODOS.

5.1. Características del sitio experimental.

5.1.1. Localización y condiciones.

El sitio se encuentra a unos 4 km de la población de Asunción Nochixtlán, cerca de la carretera Internacional Cristóbal Colón, dentro del Municipio de Sinaxtla. Con una pendiente menor del 0.5% en Valle; suelos profundos de aluvión, la toma de agua es por una bomba de 6 pulgadas en el Río Sinaxtla llevada al sitio por canales rústicos ver --- (Fig. N° 3).

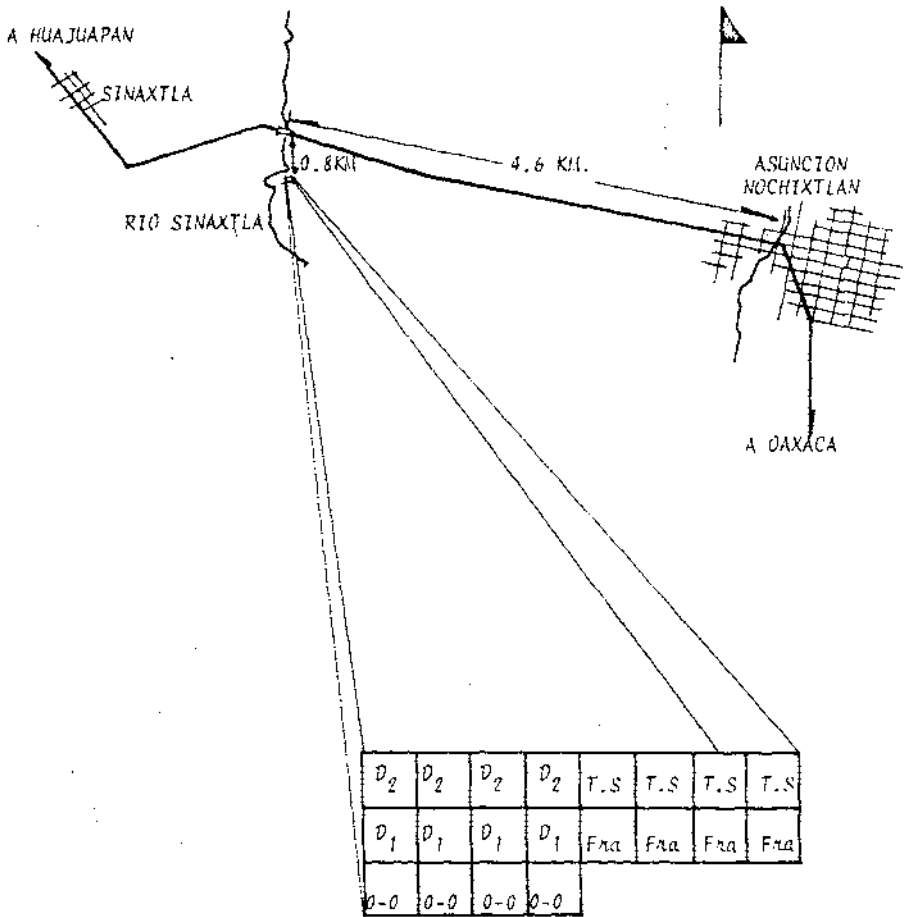
5.1.2. Características físicas y químicas del sitio.

En el (Cuadro N° 8) se presentan los resultados de los análisis de las muestras de 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad, el cual nos muestra un pH elevado, poca materia orgánica, Nitrogeno y Fósforo, pero un alto contenido de Calcio soluble, problemas de Sodio no se tiene; con una Capacidad de Campo (CC) de 26% en base a peso de suelo seco y 13% de Punto de Marchitez Permanente (PHP). El análisis mecánico nos muestra que es un suelo arcilloso y una densidad aparente del suelo de 1.2 g/cc.

5.2. Factores de estudio.

Para lograr los objetivos de este trabajo se tomaron en cuenta varios factores de la producción.

FIGURA 3. LOCALIZACION DEL SITIO EXPERIMENTAL EN SUS TRATAMIENTOS.



CUADRO N° 8. Análisis de la muestra del suelo donde se estableció el experimento.

Concepto	Profundidad (cm)		UNIDAD
	0-20	20-40	
<u>Químicas:</u>			
Reacción al suelo (pH)	8.1	8.0	-
Conductividad Eléctrica	0.2	0.16	mmhos/cm a 25°C
Materia Orgánica	1.89	1.88	%
Nitrógeno	0.11	0.11	%
Fósforo	6.25	6.87	ppm
Calcio (soluble)	49.50	51.00	meq/100 g de suelo
Magnesio (intercambiable)	4.11	4.11	meq/100 g de suelo
Potasio (intercambiable)	1.15	0.92	m/100 g de suelo
Sodio (intercambiable)	0.90	0.87	m/100 g de suelo
<u>Físicas:</u>			
Capacidad de campo (0.3 atm)	25.58	26.22	%
Punto de marchitamiento permanente (15 atm)	13.07	13.41	%
Densidad aparente	1.24	1.20	g/cc.
Textura arena	25	25	%
lomo	32	33	%
arcilla	43	42	%
Tipo de textura	arc.	arc.	

Análisis realizados en los laboratorios de Fertilidad de Física de Suelos - del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. (1983).

5.2.1. Factores constantes.

Variedad de trigo: Pavón F-76.

Densidad de siembra: 135 kg de semilla/ha.

Fecha de siembra: (Ciclo O.I. 82/83).

Método de siembra: Al voleo.

Humedad del suelo: Según la requerida por el cultivo.

Fuente del fertilizante: Urea y Superfosfato de Calcio Triple.

5.2.2. Factores variables.

Método de fertilización: Voleo y diluido en agua de riego.

Oportunidad de aplicación: Todo en siembra y fraccionado (N).

Nitrógeno: 0, 50 y 120 kg/ha.

Fósforo (P_2O_5): 0, 50 y 90 kg/ha.

5.3: Listado de tratamientos.

El trabajo consiste de 5 tratamientos, los cuales se distribuyen de acuerdo al (Cuadro N° 9). Podemos observar que existen tres testigos, Estos son con las tres formas de fertilizar el trigo (o no fertilizar) en la región.

CUADRO N° 9. Lista de tratamientos del experimento en trigo.

N°	Tratamiento			Forma y oportunidad de aplicación del fertilizante
	N	P_2O_5	D	
	kg/ha			
1	80	50	135	Diluido en agua del riego fraccionado en 4 partes, aplicando una en cada riego.
2	120	90	135	Diluido en agua del riego fraccionado en 4 partes, aplicando una en cada riego.
3	120	90	135	Al voleo aplicando todo al momento de la siembra.
4	120	90	135	Al voleo aplicando todo el P_2O_5 y mitad de N en la siembra y 1/2 de N en anacollo.
5	0	0	135	Sin fertilizante.

Se tomó 3 testigos tomando en cuenta que: 1) La aplicación normal que se viene haciendo en la región es aplicado todo el P_2O_5 y una parte del N en la siembra y el resto de N en el anacollo; 2) En experien-

cias de investigaciones anteriores se ha observado que no hay diferencias aplicando todo el N y P_2O_5 en la siembra que el método anterior y

3) El tratamiento sin fertilizante para observar y graficar los rendimientos a diferentes dosis de fertilizantes.

5.3.1. Tamaño de Unidad Experimental.

En cada unidad experimental la superficie fue de $16 m^2$ (un cuadro de $4 \times 4 m$) separados un metro una de otra.

5.3.2. Repeticiones.

Se tomaron 4 repeticiones dándonos un total de 20 unidades experimentales.

5.4. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de Bloques al Azar tomado en cuenta que este diseño nos permite tomar la variabilidad del suelo reduciendo el coeficiente de variación.

5.5. Establecimiento y conducción del experimento.

5.5.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno en las prácticas comunes en la región para tal fin se le proporcionó: barbecho, rastra y además una cruz para quedar bien nivelado el terreno y eliminar grandes terrones, dichas actividades se realizan con tracción mecánica.

5.5.2. Siembra.

Marcando con cal los límites de cada unidad experimental se proce

dió a la siembra realizada al voleo (igual como se realiza en la región), en cada unidad experimental calculando la cantidad de semilla - en los 16 m² según la propuesta por hectárea. Esta actividad se realizó estando el terreno seco para luego tapar con paso de rastra.

5.5.3. Fertilización.

Esta actividad se realizó de varias formas, los cuales van de acuerdo al tratamiento. Para los tratamientos N° 1 y 2 la cantidad de cada fuente de fertilizante se fraccionó en 4 partes mismas que se aplicaron una en cada riego en forma diluida en el agua, (Este caso se discute más adelante). En el tratamiento N° 3 todo el fertilizante se aplicó al momento de la siembra al voleo tanto la Urea como el Superfosfato de Calcio Triple (S.T.) El tratamiento N° 4 el cual fue fraccionado de la siguiente forma: Todo el Superfosfato y 1/2 de Urea (todo el P₂O₅ y 1/2 N) al momento de la siembra, al voleo y la otra mitad de la Urea (1/2 N) cuando estaba en la formación de renuevos (nacollo), también al voleo después del segundo riego (aprox. 24 hrs).

5.5.4. Labores de cultivo.

Se controló las malezas que se presentaron sobre todo las de hoja ancha y la avena loca (Avena fatua L). Esta actividad se realizó en forma manual. No se presentaron plagas de importancia durante el desarrollo del cultivo.

5.5.5. Cosecha.

La cosecha se realizó en forma manual cuando tenía la madurez fi-

siológica y la planta estaba seca, rozando la planta desde el suelo para tomar datos de peso de esquilmo y de grano. Para tal fin se tomó como "parcela útil" un cuadro de 2 x 2 m (4 m²). Amarrando y posteriormente pesando el manojito (paja + grano), después se llevó al almacén para su trilla realizada en una trilladora mecánica eliminando la paja del grano tomando éste último en bolsas de papel, se pesó este grano y tomando muestras para determinar el contenido de humedad en un aparato digital; para obtener el peso de la paja se restó del peso del manojito del grano, se ajustó al 14% de humedad el grano y llevando el rendimiento de grano y de paja a kg/ha.

5.5.6. Toma de observaciones.

Durante el desarrollo del cultivo se hacían visitas las cuales consistían en tomar observaciones al cultivo y etapas en desarrollo; además de otros factores como: plagas, enfermedades, respuesta a los factores de estudio y su diferenciación, etc. También se tomaron muestras del suelo para determinar humedad por gravimetría.

5.6. Riegos.

5.6.1. Equipo de riego.

Para la toma de agua se utilizó una bomba de 6 pulgadas con un gasto proporcionado de 15 litros por segundo y un caballaje de 8 HP, llevando el agua por canales.

5.6.2. Determinación de las constantes de humedad.

Utilizando la metodología para determinar en campo la capacidad -

de Campo (CC) antes de sembrar se determinó esta constante, se aplicó agua a una porción del terreno después de 24 hrs, se empezó a determinar humedad en el suelo, al cabo de las 48 hrs la humedad empezó a ser constante siendo de 26%, determinaciones en base a peso de suelo seco utilizando la fórmula:

$$\%H = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

H= Humedad. PSH= Peso de Suelo Húmedo. PSS= Peso de Suelo Seco

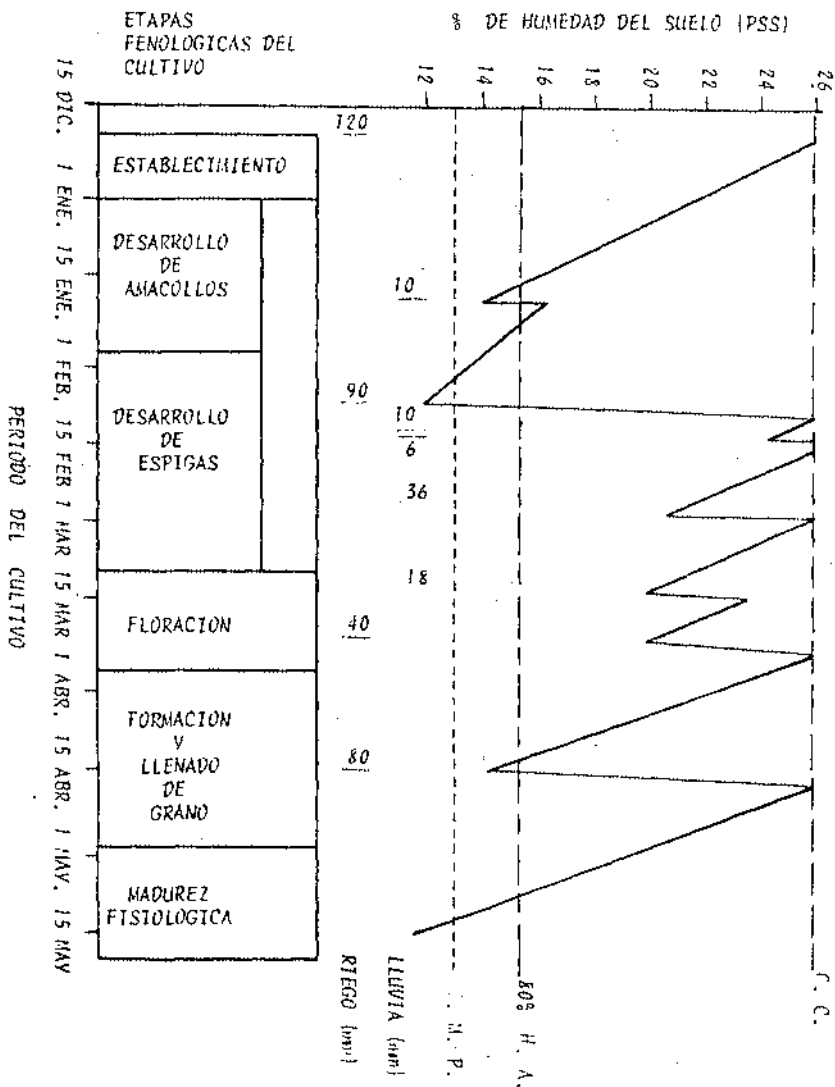
Para no determinar en ese momento el Punto de Marchitez Permanente (PMP) se empleó lo que cita la bibliografía de que: $PMP \approx 1/2CC$ -- (caso que después se comprobó en los análisis de muestras de suelo realizados en Chapingo, Méx. Ver (Cuadro N° 8) Esto es con el fin de determinar la Humedad Aprovechable (HA) la cual nos dice que $HA = CC - PMP$ expresado en %, se determinó un mínimo de 80% de HA para establecer el riego según nos muestra la (Gráfica N° 1).

5.6.3. Aplicación de agua.

En la (Gráf. N° 1) se muestra el balance de humedad del suelo, en el primer riego se le proporcionó una lámina de 12 cm (20 de Dic.), el 19 de Enero llovió 10 mm, el 2° riego se proporcionó una lámina de 9 cm (17 de Feb.), el 13, 15 y 25 de Feb. cae una precipitación de 10, 6 y -36 mm respectivamente, el 13 de Marzo llueve 18 mm, el 3er. riego se le da 4 cm (22 de Marzo) y por último el 15 de Abril se le da el 4° riego de 8 cm.

Cabe mencionar que en la (Gráf. N° 1) se está dejando 24 hrs después para que el suelo se ponga a CC.

GRAFICA 1. BALANCE DE HUMEDAD DEL SUELO RELACIONADAS CON LAS ETAPAS FENOLOGICAS DEL CULTIVO.



5.6.4. Problemas con la aplicación del agua.

Como podemos observar en la misma Graf. N° 1 entre el 1er. y 2º riego la humedad desciende hasta abajo de P1P, el problema fue el desperfecto de la bomba la cual no se proporcionó el 2º riego cuando lo requería; después entre el 2º y 3er. riego se viene una serie de lluvias no muy fuertes lo que proporcionó humedad al suelo, para el 3er. riego se le proporcionó ya que había problemas ahora con la luz eléctrica estando en la etapa de floración y llenado de grano, etapa crítica para este cultivo. Por problemas de electricidad el 4º riego debió de dársele antes y posteriormente aplicarle un 5º riego o bien en el 4º darle más agua para que guardara humedad el suelo y el grano completara su madurez fisiológica.

5.7. Aplicación del fertilizante en los tratamientos de forma diluida.

Para cumplir con los objetivos de este trabajo en los tratamientos de aplicación en forma diluida en agua de riego se procedió de una manera diferente en cuanto a la fertilización, dicha fertilización se realizó en cuatro partes durante el ciclo del cultivo aplicando una parte en cada riego.

5.7.1. Determinación del coeficiente de dilución de los fertilizantes.

Esta práctica se realizó en el laboratorio mediante la aplicación de agua a muestras de los diferentes tipos de fertilizantes sólidos, -

observando cuanto fertilizante se diluía con la aplicación de determinados volúmenes de agua; para obtener este coeficiente se fabricó un recipiente que tiene la forma de la (Figura N° 4) (corte transversal)- aplicando un gasto de agua medido a una muestra de suelo también con peso determinado, midiendo el tiempo en que tarda en disolverse el fertilizante, posteriormente se calcula el agua mediante el gasto y tiempo de acuerdo a la fórmula siguiente: $Q = V/t$ $V = Qt$ donde:

$V =$ Volumen $Q =$ Gasto $t =$ tiempo

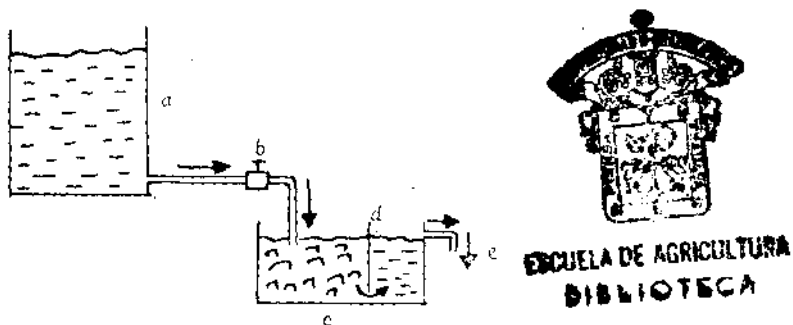
Esta práctica se realizó varias veces para ver la variación y poder sacar una media.

No hay que olvidar que para la dilución de materiales sólidos pueden influir otros factores entre ellos: temperatura del agua, grado de pureza de la misma; los resultados encontrados en algunos fertilizantes son:

Fertilizante	Coeef. de Dilución
Superfosfato de Calcio Triple (0 - 46 - 0)	1 - 1.5 g/litro
Urea (46 - 0 - 0)	9 - 11 g/litro
Sulfato de Amonio (20.5 - 0 - 0)	8 - 12 g/litro
Cloruro de Potasio (0 - 0 - 60)	4 - 5 g/litro

También se hicieron prácticas midiendo únicamente el volumen de agua desalojado, o sea el que contenía la dilución del fertilizante obteniendo resultados similares al anterior. Cabe mencionar que esta técnica no es aplicable a fertilizantes complejos (por ejem. Fosfato Diamonio, 18 - 46 - 0)

FIGURA 4. ESQUEMA DEL APARATO EMPLEADO EN LA DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE DILUCION Y APLICACION DE FERTILIZANTES EN AGUA DE RIEGO.



- a) DEPOSITO DE AGUA.
- b) REGULADOR DEL GASTO DE AGUA.
- c) RECIPIENTE CON FERTILIZANTE.
- d) SEPARADOR IMPERMEABLE CON SALIDA EN LA PARTE EN LA PARTE INFERIOR PARA QUE ESTE MAS EN CONTACTO EL AGUA Y EL FERTILIZANTE.
- e) SALIDA DE AGUA CONTENIENDO EL FERTILIZANTE - DILUIDO.

5.7.2. Aplicación del fertilizante en el riego.

Utilizando el mismo recipiente de la (Fig. N° 4), colocándolo en la entrada de agua de cada unidad experimental (estas parcelas estaban aisladas una de otra para que no influyera el agua y el fertilizante entre sí) aplicándole agua hasta que se terminara el fertilizante; como no había fugas de agua el agua proporcionada quedaba en forma extendida entre la superficie de la unidad experimental, lo que nos beneficiaba ya que se le aplicó más rápido el fertilizante diluido. Esto en la práctica es un poco más difícil ya que el terreno estando más grande tiene pequeñas desnivelaciones (aún dándole una buena nivelación) y la uniformidad del agua es menor y para este método de fertilización se requiere de buena nivelación de tal forma que el fertilizante diluido en agua se aplique lo más uniforme posible.

La aplicación de cada fuente de fertilizante se hizo por separado y para esto se utilizó dos recipientes (uno por cada fuente) ya mencionados, esto debido a la diferente solubilidad de cada fertilizante. La Urea es más soluble que el Superfosfato de Calcio Triple.

5.8. Análisis.

Una vez cosechado, trillado, pesado, determinar humedad y ajustar a rendimiento por hectárea se realizó los correspondientes análisis de varianza (prueba de F) y prueba de t (de Student) utilizando Diferencias Mínimas Significativas; además se realizó análisis de Correlación entre el rendimiento de grano y el de paja.

5.9. Costos.

Para sacar los costos y valor de la producción se empleó la siguiente lista de precios:

Semilla de trigo: Pavón	\$	32.00	Kg.
Fertilizante: Urea	"	752.00	bulto.
Supertriple	"	846.00	bulto.
Acarreo de fertilizante	"	50.00	bulto.
Agua	"	150.00	hora.
Jornal	"	300.00	c/u.
Barbecho	"	2,500.00	Ha.
Rastreo	"	2,000.00	Ha.
Melguco	"	1,500.00	Ha.
Tapa de semilla	"	2,000.00	Ha.
Herbicida (Esterón 50)	"	500.00	litro
Segadora de trigo	"	3,000.00	Ha.
Limpia (2 jorn.)	"	600.00	Ton.
Precio de garantía	"	14,000.00	Ton.

Estos costos es para agricultores que no toman crédito en bancos, ya que no se está considerando los intereses y prima de seguro agrícola.

6. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados obtenidos son muy alentadores en cuanto a los objetivos planteados, sin embargo cabe señalar que los rendimientos son bajos si comparamos los rendimientos medios en riego (aunque en la región son buenos ya que pocos agricultores obtienen rendimientos mayores a las 3 Ton/ha), Estos bajos rendimientos son a causa de los problemas que se tuvieron en la adquisición del agua de riego en el lugar donde se estableció el experimento.

Como a todos los tratamientos fueron afectados por igual en la aplicación del agua y en consecuencia al rendimiento (especialmente en grano), por lo tanto creo que son buenos para los objetivos planteados ya que hay respuesta al factor aplicación de fertilizante en agua de riego, los rendimientos fueron mayores y sobre todo en el tratamiento más alto.

6.1. Rendimientos obtenidos.

Los resultados obtenidos de grano de trigo se presentan en el siguiente (Cuadro N° 10) por tratamiento y repetición:

CUADRO N° 10. Rendimientos de grano (kg/ha).

N°	Tratamiento			Forma de aplicac.	REPETICION			
	N	P ₂ O ₅	D		I	II	III	IV
	kg/ha							
1	80	50	135	diluido	3060	3002	4209	3340
2	120	90	135	"	4110	4017	5093	3923
3	120	90	135	Nor. T.S.	2915	2462	3420	2373
4	120	90	135	Nor. Fracc.	2864	2631	3098	2582
5	0	0	135	- - -	862	783	835	550

El rendimiento obtenido de materia seca de paja se muestra en el siguiente (Cuadro N° 11).

CUADRO N° 11. Rendimiento de paja en kg/ha.

N°	Tratamiento			Forma de aplicac.	REPETICION			
	N	P ₂ O ₅	D		I	II	III	IV
	kg/ha							
1	80	50	135	diluido	5802	5627	7205	6225
2	120	90	135	"	8010	7105	8645	8105
3	120	90	135	Nor. T.S.	9452	5142	8225	6727
4	120	90	135	Nor. Fracc.	9435	6662	8760	9132
5	0	0	135	- - -	4157	3922	4080	3972

6.2. Pruebas de F y de t.

6.2.1. Análisis de varianza.

El análisis de varianza (prueba de F) nos muestra una muy alta significancia en tratamientos, por lo que nuestra hipótesis es significativa. Este análisis lo podemos observar en el siguiente (Cuadro N° 12).

CUADRO N° 12. Análisis de varianza del rendimiento en grano (Prueba de F).

F. Var.	G.L.	S.C.	C.H.	F Cal.	F Tablas	
					5%	1%
Totales	15	8'593,622				
Repeticiones	3	2'234,679	744,893	15.51**	3.86	6.99
Tratamientos	3	5'926,811	1'975,603	41.15***	3.86	6.99
Error	9	432,131	48,014			

** Altamente significativo.

*** Muy altamente significativo.

Es importante señalar que en este análisis no se está tomando en cuenta el testigo sin fertilizante (0 - 0 - 135), ya que la hipótesis --

planeada es una comparación de método de fertilización.

6.2.2. Diferencias mínimas significativas.

Esta es otra prueba, la de t (de Student) para ver si hay diferencias mínimas entre los rendimientos medios de los tratamientos que se probaron; para darle mayor importancia se tomó un límite de confianza (alfa) de 5% y de 0.1%, los resultados los podemos observar en el Cuadro N° 13) siguiente:

CUADRO N° 13. Diferencia Mínima Significativa de Medias (prueba - de t).

N°	Tratamiento			Forma de aplicac.	Rtos. Totales (kg/ha)	Rto. Medio (kg/ha)
	N	P ₂ O ₅	D			
1	80	50	135	diluido	13,611	3,402*
2	120	90	135	"	17,143	4,285*
3	120	90	135	Nor. Fracc.	11,225	2,806
4	120	90	135	Nor. T.S.	11,170	2,792
5	0	0	135	- - -	3,030	757

DMS 5% = 350 kg.

DMS 0.1% = 741 kg.

Como podemos observar en el cuadro anterior existe una alta diferencia entre los dos tratamientos del método de fertilización propuesto y las dos formas más comunes de fertilizar el trigo; comparando notamos que en la forma diluida con el nivel más bajo de fertilización - supera en rendimiento al fraccionado y todo en siembra, incluso supera a la DMS 0.1% de 741 kg. Esto es importante ya que tenemos un 99.9% de confianza.

6.3. Discusión de resultados.

6.3.1. Distribución del fertilizante y su aprovechamiento por la planta.

La bibliografía nos cita que los fertilizantes para que sean aprovechados por la planta es necesario que éstos se solubilizan con la humedad una vez incorporados al suelo; además nos dicen que la misma planta está tomando poco a poco los nutrientes del suelo en pequeñas cantidades cada día y de acuerdo a la etapa fenológica.

En base a estos supuestos podemos explicar el porqué del incremento en el rendimiento cuando se aplica el fertilizante en agua de riego.

6.3.1.1. Distribución del fertilizante en el suelo.

En el caso de cultivo del trigo al voleo esta distribución con este método de fertilización (en forma diluida) se distribuye más uniformemente en el suelo, conforme va penetrando la humedad en el mismo a todas partes donde se encuentran las raíces; teniendo un buen control de la humedad del suelo se puede mantener el suelo bien fertilizado -- sin pérdidas por lixiviación e incluso por volatilización, además como este método se aplica el fertilizante en partes o sea que se divide de acuerdo a los riegos planeados de tal forma que en todo tiempo la planta tenga disponible el fertilizante ya disuelto.

En comparación con los otros métodos podemos relacionar este método, en los métodos tradicionales ya sea todo el fertilizante en la siembra o también cuando se aplica en aracollo se dispersa el fertili-

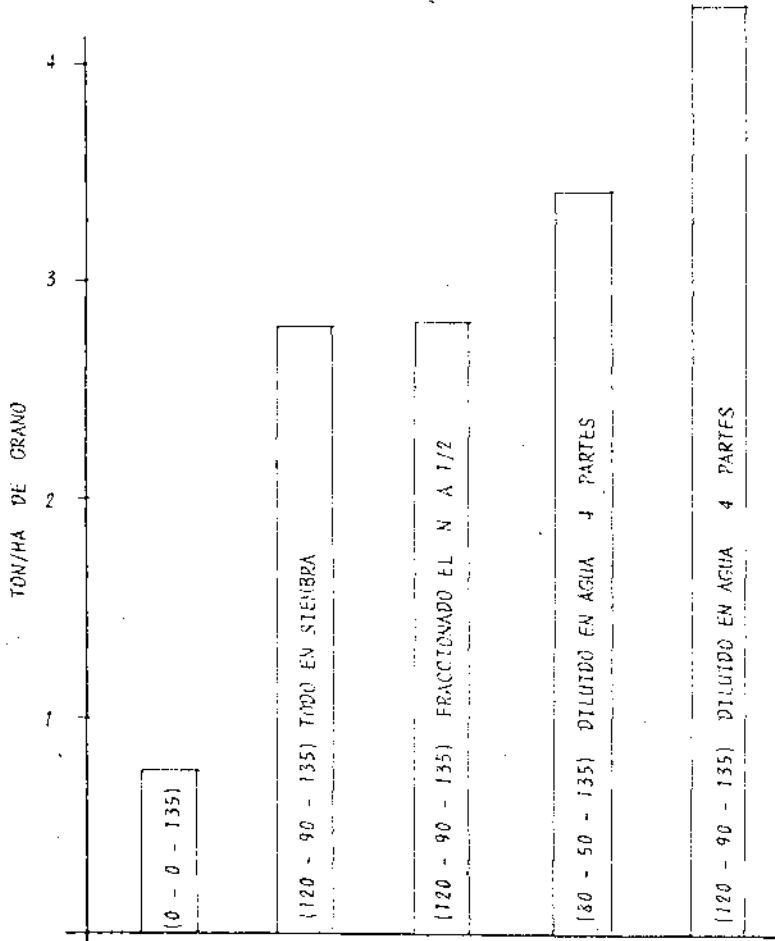
zante sólido, la planta tiene que esperar a que éste entre en contacto con el agua para que se disuelva y los pueda aprovechar; el caso de los fertilizantes nitrogenados por su alta solubilidad tienden a perderse o ser utilizados por microorganismos. Cuando se fraccionan estos fertilizantes (nitrogenados) ya sea a $1/3$ o $1/2$ la primera aplicación se en tierra con la siembra, mientras que en la segunda aplicación como se esperece al voleo éste queda en la superficie, al entrar en contacto -- con la humedad se forma NH_3 el cual se pierde en forma de gas por estar en la superficie; en recientes investigaciones dentro del "Plan Nochi tldn" nos mide estas pérdidas tapando con tierra la segunda aplicación de fertilizantes, se obtienen rendimientos más altos debido a que estando tapado el fertilizante con tierra hay menos pérdidas.

Para el caso del fertilizante Fosforado con éste no hay problemas de pérdidas, ya que es casi inmóvil en el suelo; además tiene una lenta y poca solubilidad pero también el que se va solubilizando una parte se pasa a compuestos complejos insolubles, con el método de fertilización propuesto tiene ventajas con el tradicional, se aplica ya solubilizado y en partes en cada etapa fenológica cuando lo necesite disminuendo la probabilidad de que forme otros compuestos.

6.3.1.2. Aprovechamiento del fertilizante por la planta.

En la (Graf. N° 2) observamos que los dos métodos tradicionales de fertilización tienen menos rendimientos medios comparados con el método de fertilización en agua de riego. Si comparamos los dos métodos tradicionales de fertilización con la misma cantidad de fertilizante -

GRAFICA 2. RENDIMIENTOS MEDIOS DE CADA TRATAMIENTO.



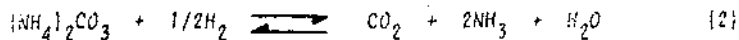
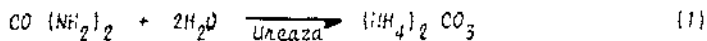
(120 - 90) pero aplicado en 4 partes (una en cada riego) los rendimientos se nos disparan en más de una tonelada por hectárea. Ahora si los comparamos con el tratamiento de menor fertilización (80 - 50) observamos que todavía se nos incrementa el rendimiento en más de 0.5 ton/ha con 40 kg de N y 40 kg de P_2O_5 menos de los métodos tradicionales y -- sin embargo los supera en rendimiento.

6.3.2. Bases químicas en la fertilización diluida en agua de riego.

La explicación al incremento en el rendimiento aplicando el fertilizante en agua de riego se presenta en base a varias fuentes bibliográficas consultadas para este tema.

6.3.2.1. Aplicación de la Urea.

La fuente de Nitrógeno utilizada en este trabajo fue la Urea (46-00-00) siendo muy soluble en agua. Aplicando al suelo la Urea se solubiliza de acuerdo a las siguientes reacciones:



El H^+ lo toma de la solución del suelo. El CO_2 (Bóxido de Carbono) pasa a formar parte de la fase gaseosa del suelo o bien se volatiliza a la atmósfera, el NH_3 (amoníaco) rápidamente pasa a Hidróxido de Amonio (NH_4OH) conforme a la siguiente fórmula:



y posteriormente se ioniza en Amonio (NH_4^+) e Hidroxilo (OH^-)



Ahora bien cuando la Urea entra directamente en solución con el agua la reacción es la siguiente:



Estos dos compuestos Bóxido de Carbono (CO_2) y Amoníaco (NH_3) son gases los cuales si no se tiene precaución se pueden perder, sin embargo incorporando al suelo la disolución el CO_2 pasa a formar parte de la fase gaseosa, el NH_3 reacciona con el ión H^+ del suelo produciendo el NH_4^+ .



El NH_4^+ producido en las reacciones (4) y (6) la planta los puede aprovechar, ser adherido a la parte coloidal del suelo, seguir el proceso de nitrificación por microorganismos o bien formar NH_3 el cual se volatiliza.

El incremento en Los rendimientos en la aplicación de Urea en agua de riego debido a dos razones fundamentales:

- 1) Aplicando la Urea al voleo directamente al terreno ya sea todo en siembra o fraccionándola, al entrar en contacto con la humedad del suelo se forma NH_4^+ (como ya se mencionó) el cual sigue los procesos antes mencionados. Sin embargo, llega el momento en que-

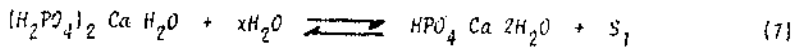
se termina ese NH_4^+ en el suelo aún cuando la planta no ha terminado su ciclo, por lo que presenta deficiencias sobre todo en el llenado de grano.

- 2) Aplicando la Urea en agua de riego fraccionando la aplicación en cada riego se corre el riesgo de que no se pierda tan rápido el Nitrógeno, además de que se está aplicando en todas las etapas del cultivo presentando que todo el tiempo esté disponible el elemento.

6.3.2.2. Aplicación del fertilizante fosforado.

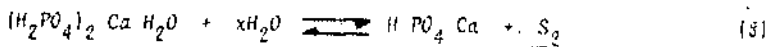
La mayoría de los fertilizantes fosforados son de una solubilidad lenta, tal es el caso de la fuente utilizada en este trabajo; el Super fosfato de Calcio Triple (0 - 46 - 0) el componente más importante de estos fertilizantes es el Fosfato Monocalcico Monohidratado $(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}$; este compuesto al entrar en contacto con el agua sufre hidrólisis desprendiendo Acido Fosfórico (H_3PO_4) y Fosfato Monocalcico Dihidratado $(\text{H} \text{PO}_4 \text{ Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ presentando estas reacciones en 2 etapas:

Primera Etapa:



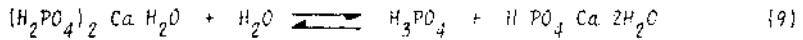
S_1 es una solución que tiene un pH de 1.48, 3.98 moles de P, 1.34 moles de Ca , 22% de P_2O_5 y 6.3% de CaO .

Segunda Etapa:

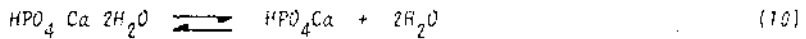


S_2 es otra solución que tiene un pH de 1.01, 4.5 moles de P, 1.44 moles de Ca, 24.5% P_2O_5 y 5.19% de CaO. Esta reacción persiste hasta - convertirse el Fosfato Monocálcico Monohidratado en H_2PO_4Ca (Fosfato Dicalcico Anhidro).

Estas dos soluciones S_1 y S_2 estando el gránulo de Superfosfato - en el suelo pueden disolver compuestos del suelo de K^+ , Mn^{2+} , Al^{3+} , -- Mg^{2+} , lo mismo que presentan PO_4^{3-} y Ca^{2+} del mismo fertilizante. Resumiendo las reacciones tenemos que:



inmediatamente:



Los compuestos que se están desprendiendo de estas reacciones inmediatamente se ionizan formando el Ortofosfato Primario ($H_2PO_4^-$) el -- cual es la forma más asimilable por la planta.

En base a estas reacciones podemos señalar los puntos más importantes del porqué se incrementaron los rendimientos aplicando el fertilizante fosfórico en agua de riego:

- 1) Como observamos en las reacciones (7) y (8) si colocamos un gránulo de Superfosfato en el suelo desprende una solución ácida (S_1 y S_2) las cuales solubilizan otros compuestos dejando que los Ortofosfatos desprendidos formen compuestos prácticamente insolubles - y dejando pocos Ortofosfatos para la planta disponibles aún cuando se están desprendiendo lentamente.

2) Aplicando el Superfosfato en agua de riego estamos aplicando los $H_2PO_4^-$ listos para que los aproveche la planta, disminuyendo la -- probabilidad de formar otros compuestos insolubles ya que se aplicó en 4 partes (de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo), -- por lo tanto en todo tiempo tenía el nutriente.

3) El trabajo fue establecido en un suelo con pH 8.9 o sea alcalino. -- En este tipo de suelos los Ortofosfatos forman los compuestos ori-- ginales y precipitando $CaCO_3$ (Carbonato de Calcio), como la Apatita o hidroxiapatita los cuales no son aprovechados por la planta.

Se puede seguir presentando otros factores que influyen en la fija-- ción de pérdida del Nitrógeno y del Fósforo y la inaprovechabili-- dad de los mismos por parte de la planta, sin embargo con estos -- procesos son suficientes para explicar el incremento del rendimien-- to de grano en trigo aplicando el fertilizante en agua de riego.

6.3.3. Ventajas y desventajas del Método de Fertilización Pro-- puesto.

En comparación con el método tradicional y el propuesto en este -- trabajo podemos mencionar que: las ventajas que tiene el método propues-- to de fertilizar en cada riego en el caso del trigo son más que en los -- tradicionales, esto es debido a que se reducen los gastos y a que se -- elimina el jornal o jornales para aplicarlo en forma de voleo y con el -- mismo personal que se necesita para regar se aplica también el fertili-- zante (cabe señalar que de acuerdo a la superficie por fertilizar es el

tipo de recipiente a utilizar, quedando éste para futuras aplicaciones); el aprovechamiento de los fertilizantes es mayor aumentando los rendimientos. Las desventajas que se presentan en este método de fertilización son: de que el terreno debe de estar lo mejor nivelado posible para que haya una mejor distribución del fertilizante y que se tenga un riego superficial altamente eficiente, esto es con el fin de tener un control más estricto de la cantidad de fertilizante aplicado con el agua de riego; además algo muy importante, los fertilizantes que se apliquen con este método deben de ser unitarios, o sea que los fertilizantes complejos no deben aplicarse con este método ya que los componentes que los constituyen presentan diferentes grados de dilución; caso en que es muy usado el Fosfato Diamónico (18 - 46 - 0), el componente del Nitrógeno se disolvería más pronto que el de Fósforo, lo que ocasionaría diferencias en la fertilización y distribución en el terreno.

6.3.4. Costos de producción.

En el apéndice se presentan los costos de producción de cada uno de los tratamientos; además de un análisis económico para observar el comportamiento en los costos variables con los ingresos netos y las tasas de retorno al capital variable.

7. RESUMEN Y CONCLUSIONES.

7.1. Resumen.

Los objetivos de este trabajo han sido la de establecer un manejo más simple de los fertilizantes y su aplicación en riego, su efecto en la producción aplicado en el agua de riego y la de reducir los costos de producción en el cultivo de trigo de riego comparado con los métodos de fertilización más comunes.

El método de fertilización en agua de riego es una práctica que se viene realizando en algunos países. En el presente trabajo se realizó fraccionando la fertilización en 4 partes, aplicando una en cada riego del cultivo.

Según los resultados obtenidos el aplicar fertilizante sólido en agua de riego fraccionado se aumentan los rendimientos en más de una tonelada por hectárea de grano, con la misma cantidad de fertilizante que el método de voleo; incluso si se aplica menos fertilizante en agua de riego aumenta en un poco más de 0.5 Ton/ha pudiendo reducir la cantidad de fertilizante, esto es debido a que hay una mayor aprovechabilidad del fertilizante ya que se aplica de una forma en que la planta los asimile mejor.

En la aplicación del agua de riego se presentaron algunos problemas, causa por la cual los rendimientos disminuyeron; sin embargo como todos los trabajos fueron afectados por igual los resultados obtenidos son aceptables.

La aplicación de fertilizante en agua de riego únicamente con un dispositivo en el canal de riego que provea de agua al terreno, regulando el gasto de acuerdo al tipo de fertilizante y al tiempo programado de riego para aplicar las cantidades adecuadas de fertilizante conforme se va diluyendo el mismo.

En cuanto a los costos de producción se puede reducir, ya que con el mismo personal que se utilice para el riego se puede fertilizar ahorrándose mano de obra; además de que se podría reducir la cantidad de fertilizante. Esto se logra con una buena nivelación del terreno y con buena eficiencia de riego para una mejor distribución del fertilizante además de que deben de ser fertilizantes unitarios (no complejos).

7.2. Conclusiones y recomendaciones.

Después de haber analizado y discutido los resultados obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 1.- La primera hipótesis planteada de que la fertilización en agua de riego es mejor aprovechada, resulta significativa dado los análisis de los resultados, por lo tanto es aceptada como buena.
- 2.- La segunda hipótesis planteada en los costos de producción en trigo de riego se reducen, también es aceptada ya que su costo por aplicar el fertilizante se reduce utilizando el mismo personal. Aunado a esto se puede reducir la cantidad de fertilizante.
- 3.- La aplicación de fertilizante en agua de riego fraccionándolo en cada riego se tiene un mejor aprovechamiento de los fertilizan-

tes en comparación con los métodos tradicionales de al voleo.

- 4.- Con un buen manejo y control de la humedad en el suelo la distribución de los fertilizantes es más uniforme llevándose en la zona de mayor actividad radicular; además los nutrientes son aplicados en la forma que la planta los asimila más rápidamente.
- 5.- Con este método propuesto se incrementan los rendimientos en el cultivo de trigo en comparación con los métodos tradicionales de al voleo.
- 6.- La aplicación de fertilizantes en agua de riego deben de ser unitarios, no complejos, ya que la diferencia de solubilidad de los compuestos que lo constituyen puede ocasionar una mala distribución de los nutrientes en el terreno.
- 7.- La buena nivelación del terreno ayuda a la buena distribución -- del agua y por ende los fertilizantes.
- 8.- La necesidad de investigar más sobre este tema nos podría definir y optimizar la cantidad de fertilizante y su etapa de aplicación relacionada con la fenología del cultivo, la cantidad de se milla y el método de siembra empleado (voleo e hileras).

8. BIBLIOGRAFIA.

1960. Núñez E. Roberto, Laird R. J., Hernández S. Rafael y Arvizol R.-- Serafín. Variaciones en la humedad del suelo durante el ciclo -- del trigo en el Bajío y su influencia en varias características del cultivo. SAG. México, D. F.
1970. DETENAL. Cartas de climas de DETENAL S.P.P. México, D.F.
1971. Collis-George-Davey/Smiles. Fundamentos de Agricultura Moderna. Vol. I. Primera Edición. Edit. AEDOS. Barcelona, España.
1971. GUANOHEX. Guanos y Fertilizantes de México, S. A. Porqué difieren las necesidades de fertilizantes y la composición mineral de las plantas. Boletín 65 y 66. México, D. F.
1973. Gavande, Sampat A. Física de Suelos, Principios y Aplicaciones.- Primera Edición. Edit. Limusa-Wiley, S. A. México, D. F.
1974. Aldrich, Samuel R. y Leng, Earl R. Producción Moderna del Maíz.- Primera Edición. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
1977. Buckman y Brady. Naturaleza y Propiedades del Suelo. Primera Edición. Edit. Montaner y Simons, S. A. Barcelona, España.
1977. Ortiz Villanueva, B. Fertilidad de Suelos. Edit. Patena. UACH. - Chapingo, Méx.
1977. Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Segunda Edición. Edit. Montaner y Simón, S. A. Barcelona, España.
1978. National Plant. Food Institute. Manual de fertilizantes. Segunda Edición. Edit. Limusa. México, D. F.
1978. Palacios Vélez, Enrique y Martínez Garza, Angel. Respuesta de -- los cultivos a diferentes humedades del suelo. Colegio de Post-- graduados. Chapingo, Méx.
1978. SARH. Métodos para el análisis físico y químico de los suelos, -- agua y plantas. Segunda Edición. México, D. F.
1979. Fundora Herrera, O. Anzola P. N. y Machado de Armas, J. Agroquímica. Primera Edición. Edit. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba
1980. Bevin, Roberto H. Fisiología Vegetal. Tercera Edición. Edit. -- Omega, S. A. Barcelona, España.

1980. Esparza Soto, J. R. Determinación de DOE de Fertilización (Nitrogenada y Fosforada en Maíz, trigo y frijol en el Ex-Distrito Político de Nochistlán, Oaxaca). Tesis Profesional. Escuela de --- Agricultura, Universidad de Guadalajara.
1980. FAO. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Riego y Drenaje Estudios FAO N° 33. Organización de las Naciones -- Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia.
1980. Guzmán Estrada, Camerino. Estudio de solubilización de dos rocas Fosfóricas Nacionales, mediante mezclas con azufre, fertilizante Nitrogenado y estiércol de bovino bajo fermentación Aerobia y Anaerobia. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
1981. FERTIMEX. Memoria 1980. Fertilizantes Mexicanos, S. A. México, D. F.
1981. FERTIMEX. Avances en productividad. Fertilizantes Mexicanos, S.A. México, D. F.
1981. INIA. Marco de referencia para la planeación y Evaluación de la Investigación Agrícola en la Mixteca Oaxaqueña. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH. Yanhuitlán, Oax. México.
1981. INIA. Resúmenes de las ponencias del Simposio Nacional de la Investigación Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH. México, D. F.
1981. Reyes Castañeda, Pedro. Diseños Experimentales Aplicados. Segunda Edición. Edit. Trillas, S. A. México, D. F.
1981. Silva Machorro, Carlos. Unidades de Suelo: Interpretados para su uso en Ingeniería Civil y Aprovechados por el Campesino en Usos-Agropecuarios. Segunda Edición. Edit. C.E.C.S.A.
1982. Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados. Apuntes de -- Química de Suelos.
1982. INIA Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el -- cultivo del trigo. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas SARH. México, D. F.
1982. INIA. Diagnóstico de la Investigación realizada por el INIA en -- Instituto Nacional de la Investigación Agrícolas SARH. México, -- D. F.
1982. Martínez Fernández, F. Braulio. Algunos Aspectos Tecnológicos de

- la producción de trigo en el Distrito de Riego N° II de Guanajuato. En Agricultura Técnica en México Vol. 8, N° 1, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH. México, D. F.
1982. Rodríguez Suppo, Florancio, Fertilizantes. Nutrición Vegetal. -- Primera Edición. Edit. A.G.T. Editor S. A. México, D. F.
1982. Volke Haller, Vكتور. Optimización de Insumos de la producción - en la agricultura. Primera Edición. Colegio de Postgraduados. -- Chapingo, México.
1983. PRONDAAT - "PLAN NOCHIXTLAN" - C.P. - SARH. Programa y Marco de Referencia, 1983. Nochixtlán, Oaxaca.

9. APENDICE.

En esta sección presentamos algunos cuadros de interés para el -- trabajo, dándose explicación más a detalle; algunos fueron discutidos -- en el texto.

(Cuadro N^o 14). Se presenta el análisis de varianza, aunque ya -- fue discutido observamos que hay alta significancia a tratamientos y -- repeticiones obteniéndose un coeficiente de variación de 6.59%.

(Cuadro N^o 15). En este cuadro nos muestra los costos de produc-- ción por tratamiento y por hectárea. Cabe mencionar que en los trata-- mientos diluidos no se tiene aplicación de fertilizante lo cual ya se -- discutió en el texto, pero el tratamiento 3 se tomaron 1 1/2 jornales. Para la aplicación de agua se tomaron 4 horas/riego y 1 jornal/riego.

(Cuadro N^o 16). Nos muestra el Análisis Económico para cada trata-- miento. En costos variables se está tomando únicamente: fertilizante, -- su aplicación y su acarreo ya que los demás son costos fijos, el de ma-- yor Ingreso Neto (IN) es diluido con 120 - 90 - 135; el que tiene ma-- yor Taza de Retorno al Capital Variable (TRCV) es el Diluido con 50 -- 50 - 135. Los otros tratamientos de fertilización normal quedan muy -- abajo de los primeros.

(Cuadro N^o 17). Pensamos hacer un análisis de Correlación y Regre-- sión lineal entre Paja (X) y Grano (Y), observamos que el coeficiente -- de determinación (r) es altamente significativo al 0.1% (0.001 de Prob)

(Cuadro N^o 18). El análisis de Varianza de la Regresión lineal en

tre paja (x) y grano (y). Existe alta significancia al modelo -----
($y = -386.5 + 0.47x$), por lo que se concluye que hay una alta correlaci
ción entre resultado de paja y de grano.

CUADRO N° 14. Análisis de Varianza de los Rendimientos de Grano.

	Tratamiento			Forma de aplicac.	REPETICIONES				Suma (Trat)	Media
	DOSIS/Ha.		D		I	II	III	IV		
	N	P ₂ O ₅								
1	80	50	135	Diluido	3060	3002	4209	3340	13611	3402.75
2	120	90	135	"	4110	4017	5093	3923	17143	4285.75
3	120	90	135	Nor. Fracc.	2864	2681	3098	2582	11225	2806.25
4	120	90	135	Nor. T.S.	2915	2462	3420	2373	11170	2792.50
Suma (Rep.)					12949	12162	15820	12218	53149	757.50
5	0	0	135		862	783	835	550	3030	

$$Ex^2 = 185'144,635$$

$$\bar{X} = 3321,8125 \text{ kg/ha.}$$

Análisis de Varianza (Prueba de F)

F. Var.	G.L.	S.C.	C.M.	F Cal.	F Tablas	
					5%	1%
Totales	15	8'593,622.4				
Repeticiones	3	2'234,679.65	744,893.217	15.51**	3.86	6.99
Tratamientos	3	5'926,811.15	1'975,603.717	41.15***	3.86	6.99
Error	9	432,131.6	48,014.622			

**Altamente Significativo.

***Muy altamente significativo.

Factor de Corrección	=	176'551,012.60
S.C. Totales	=	8'593,622.40
S.C. Repeticiones	=	2'234,679.65
S.C. Tratamientos	=	5'926,811.15
S.C. Error	=	432,131.60

Coeficiente de Varianción.

$$C.V. = \sqrt{\frac{CME}{\bar{X}}} \times 100$$

$$C.V. = 6.5969$$

CUADRO N° 15. Costos de Producción del trigo por cada tratamiento por hectárea.

Insumo o Actividad	T R A T A M I E N T O S			
	80-50-135 Diluido	120-90-135 Diluido	120-90-135 Fracciona- nado	120-90-135 Yodo en -- siembra
Barbecho	2,500	2,500	2,500	2,500
Rastro	2,000	2,000	2,000	2,000
Melguelo	1,500	1,500	1,500	1,500
Tapa de semilla	2,000	2,000	2,000	2,000
Semilla	4,320	4,320	4,320	4,320
Siembra	300	300	300	300
Fertilizante	4,455	7,234	7,234	7,234
Aplic. de Fert.	- - -	- - -	450	300
Acarreo	283	457	457	457
Riego (agua)	2,400	2,400	2,400	2,400
(Jornales)	1,200	1,200	1,200	1,200
Herbicida	500	500	500	500
Aplicación de herb.	300	300	300	300
Trilla	3,000	3,000	3,000	3,000
Limpia	600	600	600	600
Total	\$/ha 25,358	28,311	28,761	28,611

Precio de garantía \$14,000.00/ton.

CUADRO N° 16. Análisis Económico de trigo de riego para cada tratamiento.

N°	Tratamiento			Forma de Aplicac.	Rtos. Tots..	Rtos. Medios	Costos Variabls.	Ingreso Neto + Costos Fijos IN + CV	Incremento en Rto.	Incremento en Ingreso Neto	T. RCV $\Delta n/$
	N	P ₂ O ₅	D		kg	(kg/ha)	C.V. (\$/ha)	(\$/ha)	(kg/ha)	to	
1	80	50	135	Diluido	13611	3403*	4738	42904	2645	32292	6.51
2	120	90	135	"	17143	4286*	7691	52313	3528	41701	5.42
3	120	90	135	Nor. Frac.	11225	2806	8141	31143	2048	20531	2.52
4	120	90	135	Nor. T.S.	11170	2793	7997	31111	2035	20499	2.56
5	0	0	135	- - -	3030	758	0				

Recomendación:

Capital Limitado 80 50 135 Diluido.
 Capital Ilimitado 120 90 135 Diluido

DMS 5% = 350

DMS 0.1% = 741

DMS $\alpha = t$ G.L. Error $\sqrt{\frac{2CME}{n}}$

DMS 5% = 2.262 $\sqrt{\frac{2(48014.622)}{4}} = 350$ kg.

DMS 0.1% = 4.781 $\sqrt{\frac{2(48014.622)}{4}} = 741$ kg.

CUADRO N° 17. Análisis de Correlación y regresión lineal entre paja y grano para los 5 tratamientos.

N°	Tratamiento			Forma de Aplicac.	Rep.	Rto. Paja (kg/ha)	Rto. Grano (kg/ha)
	N	P ₂ O ₅ kg/ha	D				
1	80	50	135	Diluido	I	5802	3060
					II	5627	3002
					III	7205	4209
					IV	6225	3340
2	120	90	135	Diluido	I	8010	4110
					II	7105	4017
					III	8645	5093
					IV	8105	5923
3	120	90	135	Nor. Fracc.	I	9452	2915
					II	5142	2462
					III	8225	3420
					IV	6727	2373
4	120	90	135	Nor. T.S.	I	9485	2864
					II	6662	2681
					III	8760	3098
					IV	9132	2582
5	0	0	135	---	I	4157	862
					II	3922	783
					III	4080	835
					IV	3972	550
Sumas						136440	56179

Coefficiente de Determinación (r²)= 0,71

**Altamente Significativo al 0,1%

CUADRO N° 18. Análisis de Varianza del Modelo de Regresión lineal entre paja y grano.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F cal.	F Tablas	
					1%	5%
Totales	19	$\sum EY^2$ 29'696,490.95				
Regresión	1	$r^2 \sum EY^2$ 15'031,566.19	15'031,566.19	18.45 **	8.28	4.41
Desv. de la regresión	18	$(1-r^2) \sum EY^2$ 14'664,924.76	814,718.04			

**Altamente Significativo.

Ecuación de Regresión Lineal

$$y = (\bar{y} - b\bar{x}) + bx$$

$$\bar{y} = 2808.95$$

$$\bar{x} = 6822.0$$

$$b = \frac{\sum XY}{\sum X^2} = 0.468403732$$

$$y = -386.5 + 0.47x$$