

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
MANAGUA, NICARAGUA, C. A.

"ZONIFICACION ECOLOGICA DEL FRIJOL EN NICARAGUA

POP

JAVIER ICAZA GARCIA

TESIS

1971

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. LITERATURA REVISADA	3
1. Antecedentes sobre Zonificación de cultivos	3
2. Teoría de la Zonificación de cultivos	4
3. Análisis de Series Cronológicas	5
4. Caracterización Ecológica del Frijol	7
IV. METODOLOGIA	15
V. RESULTADOS	31
VI. DISCUSION	39
VII. CONCLUSIONES	52
VIII. RESUMEN	53
IX. LITERATURA CITADA	55
X. APENDICES	61

<u>CUADRO</u>		<u>Página</u>
1	Indices agroclimáticos que corresponden a la intensidad de la sequía y humedad para el frijol (<u>Phaseolus vulgaris</u>)	12
2	Texturas de suelo recomendadas como óptimas para el cultivo del frijol, según diversos autores	13
3	Valores de pH indicados por diversos autores como rango óptimo para el cultivo del frijol....	13
4	Indices térmicos considerados para los estudios de zonificación del frijol	15
5	Ecuaciones para estimación térmica mensual en Nicaragua en grados centígrados	17
6	Categorización de la variable fisio-edáfica para el cultivo del frijol	20
7	Jerarquización de las unidades identificadas en la zonificación ecológica del frijol	31
8	Ubicación y superficie en (HA) de las áreas aptas para frijol agrupadas por categorías	32
9	Proyección del número de hectáreas de frijol a sembrarse en Nicaragua en los próximos cinco años	36
10	Proyección del número de toneladas a producirse en Nicaragua para los próximos cinco años	37

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Tendencia de la producción de frijol en Nicaragua	47
2	Tendencia de la siembra de frijol en Nicaragua ..	48
3	Periodograma de los precios del frijol en Nicaragua	49
4	Precios esperados del frijol durante el año (Estimado por medio de la serie de Fourier).....	50
5	Area de las unidades identificadas en la zonifi- cación ecológica del frijol	40

En Nicaragua el consumo de granos básicos ha mostrado una tendencia creciente determinada principalmente por el crecimiento demográfico con una tasa anual del 3 por ciento (4).

El frijol constituye la principal fuente de proteínas en la dieta nicaragüense, y en los dos últimos años se ha observado un déficit en su abastecimiento; debido a esta situación, es imperativo iniciar programas que aseguren en el futuro un abastecimiento sostenido de esta leguminosa.

La localización de espacios geográficos con condiciones ecológicas adecuadas para el cultivo del frijol, desde el punto de vista de la política agropecuaria, ayuda a determinar áreas en las que se debe hacer concentración de esfuerzos en la investigación, así como para el establecimiento de los criterios relativos a la orientación de la asistencia técnica y del crédito para la promoción de dicho cultivo. De esta manera se logrará un mayor aprovechamiento del potencial de productividad de los recursos naturales del país.

Los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

1. Ubicar en el espacio geográfico de Nicaragua las diferentes áreas que por sus condiciones ecológicas presentan condiciones apropiadas para el fomento del cultivo del frijol.
2. Determinar a nivel nacional las épocas de siembra más adecuadas para el cultivo del frijol.
3. Proyectar el área de siembra y la producción de frijol para el período 1971-1975, como una justificación para la zonificación del cultivo a nivel nacional.

1. Antecedentes sobre Zonificación de Cultivos

En 1965 Aguirre y Salas (1) presentaron una primera aproximación de zonificación en Centro América empleando tres parámetros fundamentales: a) producción actual y proximidad a los mercados; b) ubicación dentro de las zonas naturales de vida (sensu Holdridge) y c) uso potencial de la tierra (sensu Plath).

Este estudio definió límites políticos y no ecológicos, que son los requeridos para la localización precisa de las zonas aptas para el cultivo del frijol.

Ortega (26) estableció una zonificación para el cultivo del frijol en Venezuela. Este autor dió un mayor énfasis a los aspectos ecológicos estableciendo límites que corresponden a los de las zonas naturales de vida del sistema de Holdridge y no a divisiones políticas. No obstante, enfatiza que no toda el área que abarca una zona de vida presenta condiciones óptimas para el cultivo y que por lo tanto debe adoptarse un criterio de zonificación basado en la topografía, suelos y competencia con otros cultivos.

Montoya (22) en su estudio sobre la zonificación del frijol en Centro América consideró dos factores: térmico e hídrico, y delimitó áreas con altas, medias y bajas probabilidades de productividad.

García (10) propuso un método para zonificación del frijol

en función de su régimen hídrico, obteniendo así isolíneas que delimitan zonas donde hay posibilidad de su cultivo, la variabilidad del régimen hídrico, el porcentaje de años negativos, y las épocas más adecuadas para la siembra.

2. Teoría de la Zonificación Ecológica de Cultivos

Según Good (12), los principales factores que determinan la distribución de las especies vegetales son: a) factores climáticos y b) factores edáficos.

El mismo autor enunció la teoría de la "tolerancia específica" que dice que, cada una y todas las especies vegetales son capaces de existir y reproducirse de manera sucesiva, y solamente dentro de los límites climáticos y edáficos bien definidos, donde la tolerancia de una especie es específica y sujeta a las mismas leyes de la evolución orgánica. Los cambios de tolerancia están acompañados por cambios morfológicos.

Shelford (34), enunció una teoría basada en los rangos de tolerancia/área geográfica que dice: "La medida que los rangos de tolerancia para el desarrollo de un cultivo se amplían el área geográfica también aumenta. Cuando los límites de tolerancia para un factor son amplios pueden afectar otros factores, es el caso de factores climáticos (lluvias abundantes y fotoperíodos), incidiendo así en el desarrollo vegetativo y causando un detrimento en el factor de producción". Después relaciona condiciones climáticas extremas indicando que cuando las

condiciones climáticas son las limitantes, se refiere siempre a los extremos tolerados y no a las medias, para los efectos de la distribución de las áreas geográficas para un cultivo.

Mason (19) indica que toda función biológica específica tiene sus límites de tolerancia definidos, de allí que para establecer los límites de cada una de las funciones del cultivo se definen los extremos tolerados.

Cafn (6), se refiere a que el medio es holocenótico y que la planta está condicionada simultáneamente por todos los factores del medio ambiente y por lo tanto estos no deberán ser considerados aisladamente. Además agrega que la tolerancia ecológica tiene base genética.

3. Análisis de Series Cronológicas

Una serie cronológica es un conjunto de observaciones hechas en momentos determinados, normalmente a intervalos iguales (37).

En la variación de una serie cronológica actúan los siguientes factores: a) la tendencia; b) las fluctuaciones estacionales; c) las fluctuaciones cíclicas y d) las fluctuaciones debidas al azar (37).

a. Análisis de tendencias

-6-

La tendencia es el sentido predominante en los valores de los términos de una serie cronológica, una vez que se han eliminado las irregularidades que puedan presentar estos valores (40).

La tendencia puede ser estimada a través de varios métodos. Los más importantes son el análisis de regresión y los promedios móviles (37).

El análisis de tendencia nos permite proyectar con algunas restricciones el comportamiento futuro de una variable.

b. Análisis de fluctuaciones estacionales

Según Lange (17) las fluctuaciones estacionales son el resultado, ya sean de variaciones climáticas o de costumbres sociales que por lo general están relacionadas con las mismas variaciones climáticas.

Nerlove (25) define las fluctuaciones estacionales en función del análisis espectral como la característica de una serie cronológica que origina picos espectrales en frecuencias estacionales.

Tradicionalmente, la herramienta principal de este análisis ha sido el método del índice estacional calculado a través de promedios móviles (17) o de ecuaciones de tendencia (43).

Recientemente ha tomado mucho auge el uso del análisis espectral (25), cuya aplicación se fundamenta en la supuesta periodicidad de las fluctuaciones estacionales, con la ventaja de que se obtiene una mejor descripción.

Según Wierer (43), las fluctuaciones estacionales de precios se encuentran en la mayoría de los productos agrícolas debido a que presentan una producción estacional. El análisis de estas fluctuaciones de precios es la base más importante para la política de estabilización de precios.

4. Caracterización Ecológica del Frijol (34)

Para una caracterización ecológica del frijol será necesario considerar los siguientes factores:

a) Características fóticas

Según Allard y Zaunmeyer (3), el aspecto de fotoperiodicidad no es tan limitante para el frijol ya que la planta tiene bastante plasticidad en relación a sus requerimientos fóticos. Hay una gran cantidad de variedades que presentan respuestas a días cortos, o son fotoneutras.

b) Características térmicas

Varios autores (30, 31, 32 y 41) coinciden en señalar

que a temperaturas que oscilen entre 18°C y 24°C sería la óptima para el cultivo del frijol en regiones tropicales.

Para variedades de latitudes más elevadas Mc Gillivray (18) estableció que de 15.5°C a 21.1°C sería la temperatura óptima.

Saénz (32) indica los siguientes valores obtenidos en experimentos de laboratorio de 48.8°C y 54.4°C como máximo de tolerancia y de 2°C y 3°C como tolerancia mínima.

Germinación

Box (5) dice que a 8°C ya no se presenta germinación.

Crecimiento

Dale (8) realizó experimentos en frijol sometiendo las plantas a temperaturas de 15°C, 25°C hasta más de 25°C; con una longitud diurna de 12 horas e intensidad de luz de 2.5 cal/cm²/hora encontrando que la relación área foliar a 25°C fue cerca del doble del área foliar a 15°C; esto sugiere que los efectos térmicos son independientes de la luz.

Luego sometió plantas de frijol a temperaturas similares al experimento anterior pero haciendo variar la longitud del día, desde una hora hasta veinticuatro horas, y encontró diferencia significativa en el área de cada hoja y el área foliar total así como una relación en un efecto cuadrático con la radiación total recibida por día.

Floración

Papadakis (28) demostró que a temperaturas comprendidas entre 21.0°C y 24.0°C el frijol florecía tanto en días cortos como largos, entre 17.0°C y 18°C floreció solo en días largos y que a 13.0°C no florecía.

Box (5) dice que a menos de 15.0°C no hay floración.

Vigliorchio y Went, citados por Stobbe et al (36) encontraron que no hubo floración en frijol cuando estaba sometido a temperaturas entre 24.0°C y 30.0°C; lo cual difiere con lo enunciado por Stobbe et al de que en el ciclo reproductivo del frijol puede existir una interrelación de la temperatura con el fotoperíodo e intensidad de la luz.

Fructificación y Maduración

La fructificación de tipo indeterminada en frijol es cíclica la cual aumenta a medida que la temperatura nocturna lo hace según Viglirchio y Went citados por Stobbe et al (36).

Otros (36) hallaron que los ciclos dependen de la temperatura y que ésta ejerce influencia en la disminución del período comprendido de la floración a cosecha y que a temperaturas comprendidas entre 15.5°C a 24.0°C y 21.0°C a 29.0°C dicho período se realizó en 11 días y 9 días respectivamente; y que cuando estuvieron sometidos a temperaturas entre 26.5°C a 35.5°C las vainas presentaron un porcentaje elevado de granos

vancos y un fruto de poca turgidez, deforme y pequeño.

Davis (9) obtiene resultados bastante parecidos, encontrando que existe una correlación negativa entre el porcentaje de granos que no llegan a cuajar en la vaina y la temperatura máxima. Así por cada grado de temperatura máxima arriba de 24.0°C, el número de semillas que cuajan disminuye en un 3.24 por ciento.

Smith y Pryor (35), considerando tres períodos de floración, (el día de la floración, el día antes de la floración y el día después de la floración) en tres variedades de frijol encontraron que la cantidad de frijol por vaina disminuyó con el incremento de temperatura comprendida entre 21.1°C y 46.6°C.

Período vegetativo

Guerrero (13), menciona que al haber un aumento de altura sobre el nivel del mar y por consiguiente una baja en la temperatura, el período vegetativo se alarga tanto para variedades precoces, como para las tardías. Así variedades precoces de zonas bajas cuyo ciclo fluctúa alrededor de 60 días, completa su ciclo en 90 días en zonas de mediana altura y a más de 2000 m de altura necesita aproximadamente 250 días.

c) Características hídricas

El frijol es muy sensible a los excesos de humedad, siendo de vital importancia una precipitación bien distribuida

durante su ciclo vegetativo, ya que también no tolera períodos de sequía prolongados en ciertas fases de su desarrollo.

Aguirre y Salas (1) establecieron que el frijol se desarrolla bien en lugares donde la precipitación oscila entre 500 y 2000 mm anuales. Salas y Echandi (33) en un ensayo realizado en Costa Rica, comprobaron que el frijol se desarrolló bien con precipitaciones que van desde 1800 a 2400 mm anuales. Mendoza (20) en Guatemala, obtuvo rendimientos satisfactorios con una precipitación de 980 mm distribuidos en cuatro meses.

Cardona (7) indica que con una precipitación de 300 a 400 mm son suficientes para la obtención de una buena cosecha.

García (10) dice que de 200 a 300 mm son necesarios durante todo el ciclo.

García (10) y Cardona et al (7) concuerdan en que el período comprendido de la siembra a la floración es necesario una precipitación comprendida entre 110 a 180 mm y en el transcurso de la floración de 20 a 70 mm que serían suficiente para la obtención de una buena cosecha. También señalan que si quince días antes de la floración y de 18 a 22 días antes que se maduren las primeras vainas y una vez que se inicie la maduración se presentan cortos períodos de sequía, los rendimientos del frijol decrecen.

García (10), por medio de balance hídrico determinó los índices agroclimáticos para el frijol, los que se pueden

Cuadro 1. Índices agroclimáticos que corresponden a la intensidad de la sequía y humedad para el frijol. (*Phaseolus vulgaris*)

Deficiencia de Agua (mm)	Exceso de Agua (mm)	Denominación
100	0	Muy seco
20 a 100	0 a 20	Sub-húmedo seco
0 a 20	0 a 20	Sub-húmedo
0 a 20	20 a 70	Sub-húmedo húmedo
0	70	Muy húmedo

Según García (10) las condiciones más adecuadas para el frijol son la sub-húmeda seca y la sub-húmeda desarrollándose también bajo las condiciones que existen en las otras sub-divisiones.

d) Características edáficas

Diversos autores han coincidido que el frijol requiere suelos fértiles con buen contenido de materia orgánica. En el Cuadro 2 se observa la opinión de algunos autores relacionada a la textura del suelo.

Cuadro 2. Texturas de suelo recomendadas como óptimas para el cultivo del frijol, según diversos autores

Autor	Textura recomendada
Sáenz (32)	areno-arcillosa
Klages (16)	mediana
Pinchinat (30)	franco arenosa, limo arenosa, franco arcillosa

Además de la textura, los suelos deben presentar buen drenaje ya que el frijol no se adapta bien en suelos compactos y mal drenados.

El frijol tolera la acidez presente en el suelo. En el Cuadro 3 se observa la opinión de algunos autores con respecto al pH.

Cuadro 3. Valores de pH indicados por diversos autores como rango óptimo para el cultivo del frijol

Autor	pH indicado
Sáenz Maroto (32)	Neutro a moderadamente ácido
Pinchinat (30)	5.8 a 6.5 en áreas húmedas y 6.0 a 7.5 en áreas semi-áridas y áridas.
Vieira (41)	6.0 a 7.5 (en algunos casos buenos rendimientos con pH hasta 5.0)
Thompson (38)	5.3 a 6.0 en Norfolk, 5.5 a 6.0 en Florida.

Thompson (38) indica que el frijol es muy sensible a la presencia de altas concentraciones de aluminio y manganeso solubles.

Sáenz (32) dice que para el cultivo del frijol es necesario que los suelos posean fósforo, potasio y calcio en suficiente cantidad.

1. Zonificación Ecológica del Cultivo del Frijol

En términos generales para la zonificación ecológica del cultivo de frijol en Nicaragua se siguió la metodología de los proyectos que el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA está realizando para los países del Istmo Centroamericano y el Caribe.

Dicha metodología en el caso específico del frijol fue presentada recientemente (23) y se resume a continuación.

2. Definición de los Índices Agroecológicos del Frijol

Para definir los índices agroecológicos fue necesario la revisión de literatura específica. Para la parte térmica se consideraron los siguientes rangos de tolerancia (Cuadro 4), que corresponden a la termofase negativa del termoperíodo anual.

Cuadro 4. Índices térmicos considerados para los estudios de zonificación del frijol

Símbolo	Denominación	Temperatura °C
1	Óptimo	20 - 23
2	Óptimo con tendencia al déficit	17 - 20
3	Óptimo con tendencia al exceso	23 - 27

En el caso de los índices hídricos, los únicos considerados en el presente estudio son los que aparecen en el Cuadro 1, excepto el valor máximo de exceso que se pasó de 70 a 100 mm debido a que en Nicaragua existen variedades de frijol con cierta tolerancia a excesos hídricos relativos.

3. Estimación de Diversos Elementos Meteorológicos

En general se puede considerar que la información climatológica que existe para Nicaragua es deficiente, la mayoría de las estaciones meteorológicas son de cuarto orden, por lo cual sólo disponen de registros de precipitación. Por otra parte el número de estaciones del país que disponen de registros termométricos también es limitado, por lo cual es necesario realizar algunas estimaciones.

El primer tipo de estimaciones realizadas es el referente a estimaciones térmicas, el método empleado fue el de establecer los gradientes alto-térmicos; como resultado de estas estimaciones se pudieron establecer ecuaciones indicadas en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Ecuaciones para estimación térmica mensual en Nicaragua en grados centígrados

Mes	Mínimas	Máximas	Promedio
Enero	-0,0084 h+21,07	-0,0104 h+33,56	-0,0102 h+27,12
Febrero	-0,0088 h+21,52	-0,0101 h+34,36	-0,0092 h+27,80
Marzo	-0,0089 h+22,00	-0,0093 h+34,98	-0,0091 h+28,61
Abril	-0,0092 h+23,22	-0,0098 h+35,82	-0,0087 h+29,38
Mayo	-0,0083 h+23,72	-0,0089 h+35,68	-0,0084 h+29,62
Junio	-0,0074 h+23,15	-0,0081 h+33,52	-0,0075 h+28,12
Julio	-0,0076 h+23,09	-0,0087 h+33,53	-0,0079 h+28,10
Agosto	-0,0078 h+22,94	-0,0090 h+34,22	-0,0083 h+28,60
Setiembre	-0,0073 h+23,03	-0,0080 h+33,79	-0,0075 h+28,09
Octubre	-0,0082 h+22,81	-0,0078 h+33,15	-0,0075 h+27,71
Noviembre	-0,0085 h+21,92	-0,0091 h+33,07	-0,0086 h+27,43
Diciembre	-0,0080 h+21,22	-0,0097 h+33,29	0,0082 h+26,88

h = altura sobre el nivel del mar en metros.

4. Cálculo del Balance Hidrológico

Por medio del balance hidrológico es posible determinar los excesos y deficiencias de agua presentes en el suelo. El procedimiento de cálculo que se siguió fue el propuesto por Thornthwaite y Mather (39), el cual se tuvo que modificar en ciertos aspectos: El cálculo de evapotranspiración potencial por medio de la fórmula de Papdakis (29) y el almacenaje de agua en el suelo, determinado según el procedimiento que

indicamos a continuación:

$$Ex = P - ETP$$

de donde:

Ex = Exceso de agua en el suelo

ETP = Evapotranspiración potencial

ETP = $0,5625 (e_{max} - e_{min} - 2)$. Fórmula propuesta por Papadakis (29).

e_{max} = Presión de saturación del vapor de agua correspondiente a la temperatura máxima diaria en milibares.

e_{min-2} = Presión de saturación del vapor de agua, correspondiente a la temperatura mínima disminuida en 2 grados.

$$Df = ETP - ETR$$

de donde:

Df = Deficiencia de agua en el suelo.

ETP = Evapotranspiración potencial

ETR = Evapotranspiración real

$$ETR = P + V$$

de donde:

P = Precipitación

V = Variación de almacenaje

Va = $A_1 - A_2$ si y sólo si $A_1 > A_2$

A_1 = Almacenaje del mes anterior

A_2 = Almacenaje del mes

El almacenaje de agua en el suelo se calculó en base a valores medios de capacidad de campo y coeficiente de marchitez, asumiendo 40 cm como la profundidad radical, donde se absorbe el noventa por ciento del agua, y la densidad aparente del suelo, resultando una capacidad de almacenaje o saturación de 125 mm.

5. Análisis de la Variable Fisio-edáfica

Se analizó un mapa de Uso Potencial de la Tierra (2) a escala 1:500.000, seleccionándose las áreas adecuadas para cultivos anuales:

Áreas IA de uso intensivo. Estas áreas presentan un relieve que va desde cero hasta ocho por ciento de pendiente, con suelos profundos, bien drenados que presentan texturas franco arenosas, franco arcillosas, arcillosas, francas y franco-arcillo-limosas. El pH va de ligeramente ácido a neutro y son fértiles. Simples prácticas de conservación son suficientes debido a que la erosión es leve.

Áreas IIA de uso extensivo. Estas áreas presentan un relieve que va desde cero hasta ocho y 15 por ciento de pendiente, con suelos profundos y medianamente profundos, bien drenados; que presentan texturas arcillosas y arcillo-limosas. Permiten el uso de maquinaria, y algunas partes de estas áreas necesitan prácticas complejas de conservación.

Áreas IP de uso intensivo. Estas áreas presentan relieves que

van desde quince hasta treinta por ciento de pendiente, con suelos profundos y medianamente profundos, bien drenados, debido al gradiente de la pendiente son necesarias prácticas complejas de conservación de suelos y no permite el uso de maquinaria.

Las categorías se establecieron de acuerdo a las necesidades de prácticas de conservación necesarias que guardan una estrecha relación con la pendiente y la textura presente en el suelo.

Cuadro 6. Categorización de la variable físico-edáfica para el cultivo del frijol

	Categoría	Denominación	Textura
IA	1	Excelente	Franco, franco arenoso, Franco Arcillo arenoso, Franco Arcilloso y Arcilloso.
IIA	2	Muy Buena	Arcilloso, Arcillo arenoso, Arcillo limoso.
IP	3	Buena	Franco, Franco arcilloso, Franco arenoso, Franco arcillo arenoso, Arcilloso, Arcillo arenoso, Arcillo limoso.

Elaboración de mapas factoriales

Expresión cartográfica de las variables ecológicas correspondientes a los valores dados por los índices agroclimáticos y

las categorías fisio-edáficas.

De acuerdo a los gradientes altitudinales calculados para Nicaragua (gradiente altotérmico para máximas y mínimas) se procedió al trazado de Isotermas de acuerdo a las isohipsas o curvas de nivel; en este mapa térmico se contemplan las isotermas de 17.0, 20.0, 23.0, y 27.0°C que corresponden a la termofase negativa del termoperíodo anual. Es necesario recordar, que los valores trazados corresponden a la termofase negativa del termoperíodo anual.

Dentro del balance hídrico se escogió la variable indicadora de la duración de la época de siembra más adecuada como la más representativa de las otras variables agroclimáticas (hídricas). La escala cartográfica del estudio (1:500000) no permite incluir gran número de variables por lo cual se limitó a esta variable.

Se elaboró un mapa de la duración del período seco. Para este fin se elaboraron climadiagramas, siguiendo el principio de Gaussen (11), que indica que un mes es seco cuando recibe una precipitación en milímetros menor al doble del valor de la temperatura promedio del mes en grados centígrados.

En el caso de las variables fisio-edáficas se cartografiaron los límites de las categorías indicadas anteriormente.

Por medio de la síntesis cartográfica, técnica empleada corrientemente en ciencias geográficas y que consiste en la superposición e integración del conjunto de variables consideradas, expresadas por mapas factoriales, y por medio de eliminaciones sucesivas es posible la localización de los espacios geográficos o áreas más adecuadas para el cultivo del frijol. Se empleó la siguiente secuencia.

Delimitación del área agroclimática

Un mapa base se sobrepuso al mapa de duración de la estación de sequía, y se asumió como límite de isolínea de 1,5 mes ecoseco como límite de separación de macro-zonas aptas y no aptas para el cultivo, eliminándose de esta manera las áreas que por no tener una pequeña estación seca no permiten la cosecha del frijol en condiciones favorables.

El mapa anterior se sobrepuso al mapa de isotermas con el objeto de eliminar las áreas no aptas para el cultivo por temperatura.

Papadakis (28) dice que la característica más importante del clima desde el punto de vista ecológico son la temperatura y sus variaciones en las diferentes estaciones.

Este mismo autor dice que hay una relación entre la humedad

disponible y lo que las plantas necesitan durante el ciclo del cultivo. Además hace hincapié en que cualquier descripción ecológica debe referirse a temperatura y humedad, siendo éstas las que deben ser resumidas en la determinación del área agroclimática.

En base a lo anterior se integró al conjunto la variable hídrica que en nuestro caso está representada por la duración del período de siembra, con esta superposición se eliminaron aquellas zonas que reunían características térmicas pero no hídricas, logrando así definir el área agroclimática.

Delimitación de las zonas ecológicas

A partir del mapa de área agroclimática para el cultivo del frijol, se definió el de zonas ecológicas. Para este fin se hizo síntesis cartográfica, superponiendo el mapa de áreas agroclimáticas al factorial de condiciones fisio-edáficas. De esta manera se logró obtener el mapa de zonificación ecológica para el cultivo del frijol en Nicaragua.

Representación cartográfica de la zonificación ecológica

En la representación cartográfica de la zonificación se consideran diversos aspectos, entre los cuales conviene señalar los siguientes: 1) El área agroclimática general se delimita por medio de líneas continuas gruesas. 2) En el interior

de ésta se pueden identificar los límites de las variables térmicas delimitadas por medio de línea fina cortada. 3) Los límites hídricos por medio de líneas finas punteada. 4) Las unidades fisiográficas se indican por medio de las líneas finas continuas.

Cada una de las unidades cartografiadas se encuentran caracterizadas por un quebrado en cuyo numerador se indican dos cifras. La primera corresponde a la característica térmica y la segunda a la característica hídrica, ambas cifras difieren a la unidad desde el punto de vista agroclimático. En el denominador se encuentra una cifra que indica la categoría de suelo y una letra que señala algunas limitantes edáficas o de manejo, que deberán ser tomadas en consideración si posteriormente se desea implantar el cultivo en dicha localidad.

Con la finalidad de hacer más accesible la utilización de este tipo de mapas, los diferentes quebrados que caracterizan cada una de las unidades, deberán ser agrupadas en categorías que indican el grado de probabilidad que se tiene para obtener buenos rendimientos.

Las categorías recomendadas en el esquema metodológico seguido son las siguientes:

- I. Muy alta probabilidad de obtener buenos rendimientos.
- II. Alta probabilidad para obtener buenos rendimientos.
- III. Mediana probabilidad de obtener buenos rendimientos.
- IV. Baja probabilidad de obtener buenos rendimientos.
- V. Muy baja probabilidad de obtener buenos rendimientos.

Determinación de épocas y fechas de siembra para el frijol

Como complemento a la zonificación ecológica de cultivos, es necesario dar indicaciones pertinentes a los usuarios sobre las épocas y fechas más apropiadas para la implantación del cultivo. Para lograr este objetivo se empleó la información analizada en la parte agroclimática de la zonificación.

En este caso se procedió de la siguiente manera, se trazaron las isolíneas analizadoras de las distintas épocas de siembra de acuerdo a la clasificación establecida para la duración del período de siembra. Si bien el análisis de este tipo de variables en función del tiempo es complicado, se le trató como un índice agroclimático más, teniendo en cuenta fundamentalmente determinadas características meso-climáticas de las áreas en estudio.

Como integrante del mapa de balance hídrico e índices derivados, se incluyó para más seguridad la isolínea de 1,5 mes ecoseco como límite a nivel de macro-zona.

Con el objeto de ilustrar la distribución en el espacio y en el tiempo de las posibilidades de siembra y cosecha en el frijol, se incluyó un mapa de isofanas de la época más adecuada de siembra; esta variable se incluye dentro del marco del balance hídrico, ya que su determinación deriva del estudio del mismo.

Este mapa factorial es selectivo ya que se va a superponer

Única y exclusivamente a las áreas seleccionadas como apropiadas para el cultivo por la zonificación.

Estimación de las Proyecciones

Para estimar las proyecciones del área sembrada y de la producción para el período 1971-75, se llevó a cabo un análisis de la tendencia de dichas variables. Además se realizó un análisis de precios del frijol, con el fin de detectar sus fluctuaciones estacionales.

La información empleada para estos análisis fue obtenida en la Dirección General de Estadística y Censos del Banco Nacional de Nicaragua.

Análisis de Tendencias

Por las características que presentaban los datos se sospechaba que se podían ajustar con un modelo lineal o con el de Cobb-Douglas. Además de los análisis anteriores se sometió a prueba el modelo geométrico. En cada caso se seleccionó el modelo que presentó un mayor coeficiente de determinación (R^2). Las proyecciones fueron estimadas en forma de un intervalo de confianza al 0.95 de probabilidad de certeza.

La representación matemática de los modelos es la siguiente:

a) Lineal: $Y_i = b_0 + b_1 x_i$

donde:

Y_i = Valor de la variable en el año x_i

x_i = Año (1960 = 1)

b_1 = Tasa de incremento anual de Y_i o pendiente de la recta.

b_0 = Punto donde la curva intercepta el eje de ordenadas.

b) Geométrico: $Y_i = b_0 \left(1 + \frac{t}{100} \right)^{x_i}$

donde:

Y_i = Valor de la variable en el año x_i

x_i = Año (1960 = 1)

t = Tasa geométrica porcentual de incremento anual de Y_i

c) Cobb-Douglas: $Y_i = b_0 x_i^{b_1}$

donde:

Y_i = Valor de la variable en el año x_i

x_i = Año (1960 = 1)

b_1 = Razón entre la variación porcentual de Y_i y el correspondiente cambio proporcional unitario de x_i .

Análisis de precios

El análisis de las fluctuaciones estacionales de los precios durante el año se hizo usando los promedios mensuales

observados durante los últimos 5 años que cubre el período de estudio.

El análisis se llevó a cabo por medio de un análisis armónico, basado en la serie de Fourier (14, 15, 25, 27).

La siguiente ecuación nos indica la serie de Fourier:

$$Y_t = \bar{y} + \sum_{i=1}^{n/2} (A_i \cos (\frac{360}{p} it) + B_i \text{sen} (\frac{360}{p} it))$$

Y_t = Precio observado en el mes t

\bar{y} = Precio promedio anual

i = Orden del armónico ($1 \leq i \leq n/2$)

p = Período total de la función periódica

t = Tiempo

A_i y B_i = Parámetros de la función periódica

El cálculo de los coeficientes (A_i y B_i) es similar a una regresión lineal múltiple, donde los armónicos intervienen como variables independientes (14). Debido a esto la estimación se efectuó por mínimos cuadrados:

$$\beta = [x' x]^{-1} x'Y$$

donde:

β = Parámetro vector cuyos componentes son A_i y B_i

X = Matriz del modelo

Y = Vector que representa los precios mensuales observados

$[x' x]^{-1}$ = Matriz diagonal

Luego se calcularon las amplitudes y la contribución de cada armónico a la variación total (S_y^2).

$$C_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2}$$

donde:

C_i = Amplitud del iésimo armónico

$C_i^2 / 2$ = Contribución del iésimo armónico a la variancia total, excepto para el último armónico donde es C_i^2 .

Se cuantificó la contribución de cada armónico a la variancia, expresando el valor de ($C_i^2 / 2 S_y^2$).

El tiempo en que ocurre un máximo dentro de un período determinado, se puede calcular empleando la fórmula:

$$t_i = \frac{P}{360 i} \times \tan^{-1} (B_i / A_i)$$

donde:

t_i = Tiempo en el cual el iésimo armónico tiene un máximo.

La longitud de cada período (h_i) se calculó con base a la siguiente fórmula:

$$h_i = \frac{P}{i}$$

donde:

P = Período total de la función periódica.

i = Orden del armónico

Las intensidades del espectro para los distintos períodos

se trazaron gráficamente en función de h_i para la construcción del periodograma.

El cálculo se realiza así:

a) Cálculo de C_i^2 = intensidad del periodograma en

$$h_i = A_i^2 + B_i^2$$

b) Cálculo de las intensidades alrededor de h_i por medio de la siguiente fórmula:

$$h_i = \frac{C_i^2 \cos^2 m\pi}{(m\pi)}$$

donde:

C_i^2 = Intensidad del periodograma alrededor de h_i .

m = Distancia alrededor de h_i (1/2, 3/2, 5/2, etc.)

Así en h_i el periodograma tendrá un pico de amplitud C_i^2 , y este estará rodeado por picos menores a ambos lados, disminuyendo su intensidad a distancias (m) 1/2, 3/2, 5/2, etc. de él (14).

En el mapa de zonificación ecológica para el cultivo del frijol en Nicaragua están representadas las áreas que presentan las mejores características ecológicas para la producción comercial de frijol.

Las unidades por los diversos índices compuestos fueron agrupados en cinco categorías, como se indica en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Jerarquización de las unidades indentificadas en la zonificación ecológica del frijol

Unidades	Clasificación	Símbolos
I	Muy Alta	1 1/1; 1 1/2; 1 2/1; 1 2/2
II	Alta	1 1/3; 1 3/1; 3 1/1; 1 2/3; 2 1/1
III	Mediana	1 3/2; 3 1/2; 3 2/2; 2 2/1; 2 2/2; 2 1/2; 3 2/1
IV	Baja	2 1/3; 3 3/2; 3 3/1; 2 2/3; 2 3/1; 1 3/3; 3 2/3; 3 1/3
V	Muy Baja	2 3/3; 2 3/2; 3 3/3

En el Cuadro 8 se observa la ubicación y superficie de las áreas zonificadas para frijol agrupadas en sus correspondientes categorías.

Cuadro 8

Ubicación y superficie en (Ha) de las áreas aptas para frijol agrupadas por categorías

Departamento de Boaco	V		IV						III				II				I		
	3.3 3e	2.3 3e	3.2 3e	3.3 1	1.3 3e	2.2 3e	2.1 3e	3.1 3e	3.2 1	1.3 2	2.2 2	3.1 2	2.1 1	1.2 3e	1.1 3e	1.3 1	2.1 1	1.1 1	1.2 1
Municipios																			
1 Boaco			175																
2 Comapa			4375																
Departamento de Carazo																			
Municipios																			
7 Jinetepe	2900			1250															
8 La Conquista	1875																		
9 Oriamba	3750																		
11 La Paz de Oriente	3125																		
12 El Rosario	1250			750															
13 San Marcos	900			1875	525														
14 Santa Teresa	5825																		
Departamento de Chontales																			
Municipios																			
30 Conzuega			625																
35 Villa Somoto				2500															
Departamento de Estelí																			
Municipios																			
36 Estelí											880	14875							
37 Condega											1250							3780	
38 Pueblo Nuevo														475					

Departamento de Matagalpa	V		IV						III				II					I	
	$\frac{3.3}{5a}$	$\frac{1.3}{5a}$	$\frac{3.2}{3a}$	$\frac{3.3}{1}$	$\frac{1.3}{5a}$	$\frac{2.2}{3a}$	$\frac{2.1}{5a}$	$\frac{3.3}{2}$	$\frac{3.2}{1}$	$\frac{1.3}{2}$	$\frac{3.2}{2}$	$\frac{3.1}{2}$	$\frac{1.2}{3}$	$\frac{1.1}{3}$	$\frac{1.3}{1}$	$\frac{3.1}{1}$	$\frac{2.1}{1}$	$\frac{1.1}{1}$	$\frac{1.2}{1}$
84 Matagalpa						2500	1250												
87 Mellges			100																
88 Muy Muy			5625																
92 San Ramón			250			200													
Depto. Nueva Segovia																			
Municipios																			
95 Ciudad Antigua							4375							5250					
97 Jempes													2325	1350				10625	
99 El Jicaro													2225						
101 Murro			475										1250						
102 Quilici	1250		11875			6875													
103 San Fernando													1875	1075					
Depto. De Rio San Juan																			
Municipios																			
106 Morillo				8125				4375							1250				
108 San Miguelito								1875											
Depto. De Zelaya																			
Municipios																			
124 Roma				1875	2500			4	3125	11280					6875				

Las variables que se analizaron en el estudio de tendencia fueron: el número de manzanas sembradas y la cantidad de toneladas producidas.

En el caso del número de hectáreas sembradas se obtuvo el mejor ajuste con el modelo lineal ($R^2 = 0,90$). La ecuación estimada es la siguiente:

$$y = 51772,8000 + 36078181 x$$

En el Cuadro 9 se pueden observar las proyecciones estimadas por medio de dicha ecuación, habiéndose estimado un intervalo de confianza al 0,95 de probabilidad de certeza. Es de notar que se espera una tasa de incremento de 3,8 por ciento anual, pasando de 55792 - 80021 hectáreas en 1971 a 63421 - 93007 hectáreas en 1975.

Cuadro 9. Proyección del número de hectáreas de frijol a sembrarse en Nicaragua en los próximos cinco años

Año	Area Mínima (Ha)	Area Máxima (Ha)
1971	55792	80021
1972	57700	83264
1973	59607	86514
1974	61514	89757
1975	63421	93007

En el caso de la producción el mayor ajuste se consiguió

con el modelo Cobb-Douglas ($R^2 = 0.92$). La ecuación estimada es la siguiente:

$$\text{Log } Y = 56930,630000 + 0,303128 \text{ Log } X$$

En el Cuadro 10 se observan las proyecciones calculadas para la producción en base a esta ecuación, habiéndose estimado un intervalo de confianza al 0,95 de probabilidad de certeza. Se espera que la producción en toneladas pasará de 35952- en 1971- a 38478 en 1975.

Cuadro 10. Proyección del número de toneladas a producirse en Nicaragua para los próximos cinco años

Año	Producción Mínima (Ton.)	Producción Máxima (Ton.)
1971	35952	63068
1972	36579	64963
1973	37284	66772
1974	37958	68677
1975	38478	70059

Análisis de las fluctuaciones estacionales de los precios

Se calculó el periodograma para la serie de precios promedios mensuales de 5 años (1965-1969) y se consideró que la longitud del período de fluctuación estacional está dado por el pico más alto del periodograma, o sea que el período correspondiente a dicho pico es el que presenta la fluctuación estacional.

La Figura 3 muestra el periodograma de los precios promedio mensuales del periodo 1965-69. Se nota que el pico mayor corresponde a un periodo de 12 meses, lo cual indica que los precios del frijol tienen una fluctuación anual. Este comportamiento es originado por el tipo de producción del frijol, que también es anual, presentándose los menores precios en la época de cosecha y los mayores precios, en la época que abarca el periodo vegetativo del cultivo.

De los dos elementos componentes de los índices agroclimáticos el que más contribuyó en el recorte del área total fue el factor hídrico, principalmente en la Zona Atlántica del país, sometida a altas precipitaciones, distribuidas a lo largo del año sin presentar período seco.

El otro índice agroclimático, temperatura cuyos efectos son imposibles de modificar, con prácticas culturales en forma económica, en muy pocos casos se presenta como elemento limitante.

Al analizar la Figura 5 se observa que aproximadamente 60 por ciento del área zonificada con condiciones para el cultivo del frijol presenta una corta duración del período de siembra y la posibilidad de éxito con el cultivo se ve marginada por dichas condiciones, salvo que dichas unidades presenten condiciones de suelo ideales no solo desde el punto de vista edáfico sino también de características topográficas.

Las áreas con clase I para el cultivo del frijol presentan aproximadamente el 5 por ciento del área total zonificada, éstas se localizan en el norte del país; en este caso el área se ve recortada por el factor suelo debido al relieve quebrado característica propia de esta región.

Las áreas con clase II representan el 23 por ciento del área total, la mayoría de estas áreas se localizan en suelos

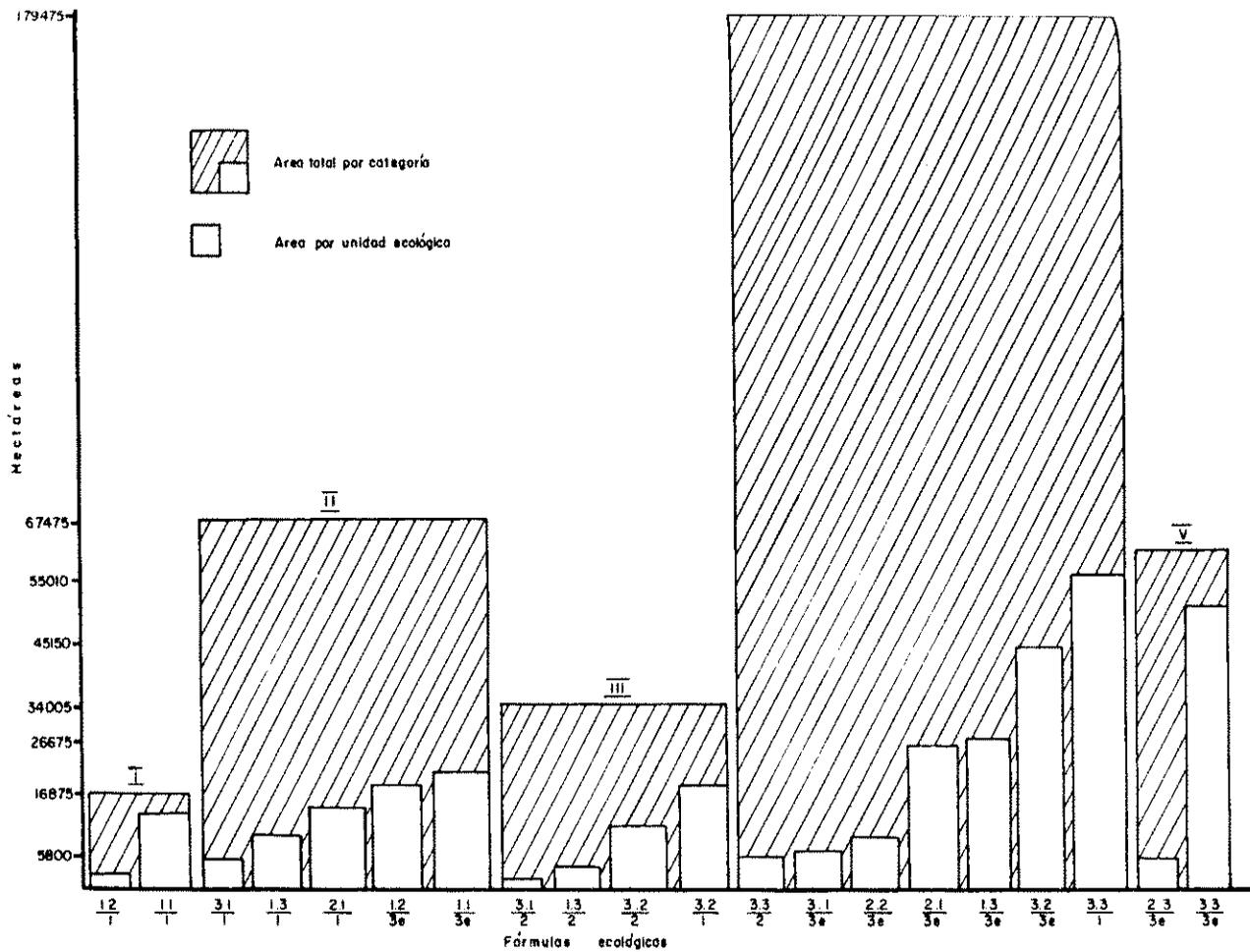


Fig. 5 Area de las unidades identificadas en la zonificación ecológica del frijol

de clase I y II.

Como se podrá observar en la Figura 5, las áreas clasificadas en esta categoría presentan las siguientes fórmulas ecológicas: $2 \frac{1}{1}$; $3 \frac{1}{2}$; $1 \frac{1}{3c}$; $3 \frac{2}{1}$; $1 \frac{3}{1}$; notándose que en ninguna se presentan simultáneamente condiciones óptimas agroclimáticas y físico-edáficas, sino que están combinadas de tal manera que la deficiencia de una variable es suplida con la condición óptima de otra, sin embargo, llama la atención la fórmula ecológica $1 \frac{1}{3}$ que presenta condiciones ideales en lo concerniente a clima, pero hay una limitación en lo que se refiere al factor edáfico, que implicaría una inversión de capital para la realización de ciertas prácticas de conservación necesarias no sólo para protección del suelo sino que también para el cultivo.

Las áreas con clase III representan el 9 por ciento aproximadamente del área total zonificada, por lo general tienen limitaciones agroclimáticas, dichas áreas están sometidas a temperaturas excesivas u óptimas y con duración del período de siembra de 30-60 días, localizadas en suelos de clase I y clase II; las condiciones enumeradas anteriormente no imposibilitan el establecimiento del cultivo; pero la duración del período de siembra es más limitado que en las clases I y II.

Las áreas con clase IV representan el 42 por ciento del área total zonificada. Se caracterizan por estar sometidas a temperaturas con tendencia al exceso y duración del período de

siembra reducida de 1 a 30 días, localizadas en suelos clase I, II y III.

En este caso es más limitante la condición climática ya que la menor duración de la época de siembra implica que hay un mayor número de años en que no se puede implantar el cultivo por condiciones extremas bien de deficiencias o excesos.

Las áreas con clase V, representa el 20 por ciento aproximadamente del área total zonificada. Presentan condiciones climáticas semejantes a la clase anterior, con la diferencia de que están localizadas en suelos de clase 3a, equivalente a IP según la clasificación de Uso Potencial de la tierra.

Las condiciones limitantes de suelo desde el punto de vista económico añadido a condiciones climáticas extremas que reducen la posibilidad para el establecimiento del cultivo.

Las áreas con categoría IV y V no significan que no se pueda cultivar frijol, sino que las probabilidades de éxito se ven marginadas ya que estas áreas se encuentran sometidas a condiciones climáticas extremas, tanto en lo referente a temperatura como a condición hídrica y en nuestro caso la condición hídrica se expresó como duración del período de siembra; en estas áreas el período de siembra oscila entre 1 y 30 días mientras que en las otras categorías oscilan entre 30 y más de 60 días.

En total se han seleccionado 118,350 hectáreas, factibles

de ser cultivadas con frijol dentro de las características enunciadas anteriormente. Dicha área representa la agrupación de las categorías I, II, III.

Por lo general Nicaragua presenta dos ciclos estacionales, período seco y lluvioso, esta particularidad hace variar las fechas de siembra de un lugar a otro del país.

El hecho de que un lugar presente una o varias fechas propicias para la siembra se debe al régimen pluviométrico a que se encuentra sometido, iniciación del período lluvioso y determinado período seco dentro del período lluvioso.

El área correspondiente al Pacífico de Nicaragua que comprende los municipios de Quezalguaque, Telica, Posoltepa, Chinandega, La Paz Centro y los Departamentos de Managua, Carazo, Masaya y Granada, delimitados por el límite agroclimático, tendrían una fecha de siembra que oscila entre el 1º y 15 de junio determinadas por medio de balance hídrico, estas fechas de siembra temprana se deben a la temprana iniciación del período lluvioso.

En estos lugares solo sería posible realizar una siembra que sería la de primera debido a la buena distribución de la precipitación; en cambio para la de postrera se presentan deficiencias hídricas que hacen más arriesgado la obtención de una buena cosecha de frijol, se consideraron como buena un rendimiento de 1.3 toneladas por hectárea.

La parte central y norte del país está sometida a un régimen de precipitación bien distribuido lo que hace posible la obtención de dos cosechas al año y las fechas de siembra oscilarían entre el 15 de junio y el 15 de julio y luego desde el 1° de setiembre hasta el 15 de octubre, dichas fechas se determinaron por medio de balance hídrico.

La parte correspondiente a la Zona Atlántica del país es la menos apropiada, ya que aquí el régimen de precipitación es mayor que en otros lugares del país y está distribuida casi a lo largo de todo el año presentándose un corto período de sequía, que sería el aprovechable para la cosecha. En esta zona la fecha más apropiada para la siembra está entre el 1° de noviembre y el 1° de diciembre, siempre determinadas por medio de balance hídrico.

En la Figura 1 se presenta la tendencia del número de hectáreas sembradas durante el período 1960-1969, observándose un incremento promedio-anual de 6.5 por ciento, pasando de 54,169 hectáreas para el año 1960 a 85855 hectáreas para el año 1969. Presenta una tendencia creciente y relativamente uniforme sin cambios bruscos a lo largo del período.

En la Figura 2, se presenta la tendencia del número de toneladas producidas durante el período 1960-1969, observándose un incremento promedio anual de 11,6 por ciento pasando de 483709 toneladas para el año 1960 a 937566 para el año 1969. Presenta una tendencia creciente y relativamente uniforme, sin

cambios abruptos a lo largo del período.

Los resultados encontrados con las proyecciones relativas al incremento de nuevas áreas para el cultivo del frijol en Nicaragua, así como las relativas al aumento progresivo de la producción de esta leguminosa, aunque de pequeña magnitud, son suficientes para que las autoridades del sector agropecuario nacional, tengan que tomar las medidas necesarias para identificar nuevas áreas para el cultivo, así como identificar las áreas que tengan las mejores condiciones para poder mejorar sus rendimientos. Estas consideraciones son las que justifican ampliamente la zonificación ecológica del cultivo para Nicaragua, ya que delimita áreas no tradicionales, con características óptimas para el cultivo; además de indicar las áreas con un alto potencial ecológico de productividad donde sería posible aumentar la producción con el uso de variedades mejoradas y siguiendo las técnicas modernas para su cultivo.

Dentro de las variedades mejoradas podemos citar Honduras 46 de grano rojo que alcanza rendimientos de 1.3 toneladas por hectárea (21)

Estas variedades se han adaptado bien en los Departamentos de Estelí y Nueva Segovia que es donde existen las mejores condiciones ecológicas para el cultivo del frijol.

Las variedades de grano negro como Jamapa, 510-51 y 510-52 alcanzan rendimientos que oscilan entre 1.5 y 1.80 toneladas

por hectárea en los departamentos de Estelí y Nueva Segovia (21).

Comparando los resultados obtenidos a partir de las proyecciones con el total del área zonificada se observa que no solo basta para cubrir con las necesidades sino que el remanente se podría utilizar para la siembra de exportación.

En la Figura 4 se presentan los valores estimados por medio de la serie de Fourier. En general se observan precios menores que la media en los primeros meses del año (enero a mayo). A partir de mayo se observa un incremento progresivo que culmina en julio, para descender posteriormente hasta setiembre donde alcanza el valor mínimo.;

Entre octubre y diciembre el precio vuelve nuevamente a subir a niveles superiores que la media. Este comportamiento puede explicarse en función de las épocas de cosecha. En efecto, la cosecha del frijol se lleva a cabo en setiembre y diciembre. En años en que se presentan condiciones climáticas adecuadas para su normal desarrollo vegetativo, la oferta aumenta considerablemente en las épocas de cosecha y el precio tiende a bajar. Por esta razón se presentan fuertes descensos en el precio en los meses de setiembre y diciembre.

El precio bajo en el período enero-mayo es resultado del gran volumen de producción obtenido en la cosecha de diciembre que es la mayor del año.

En un cultivo de producción estacional, como el frijol, es

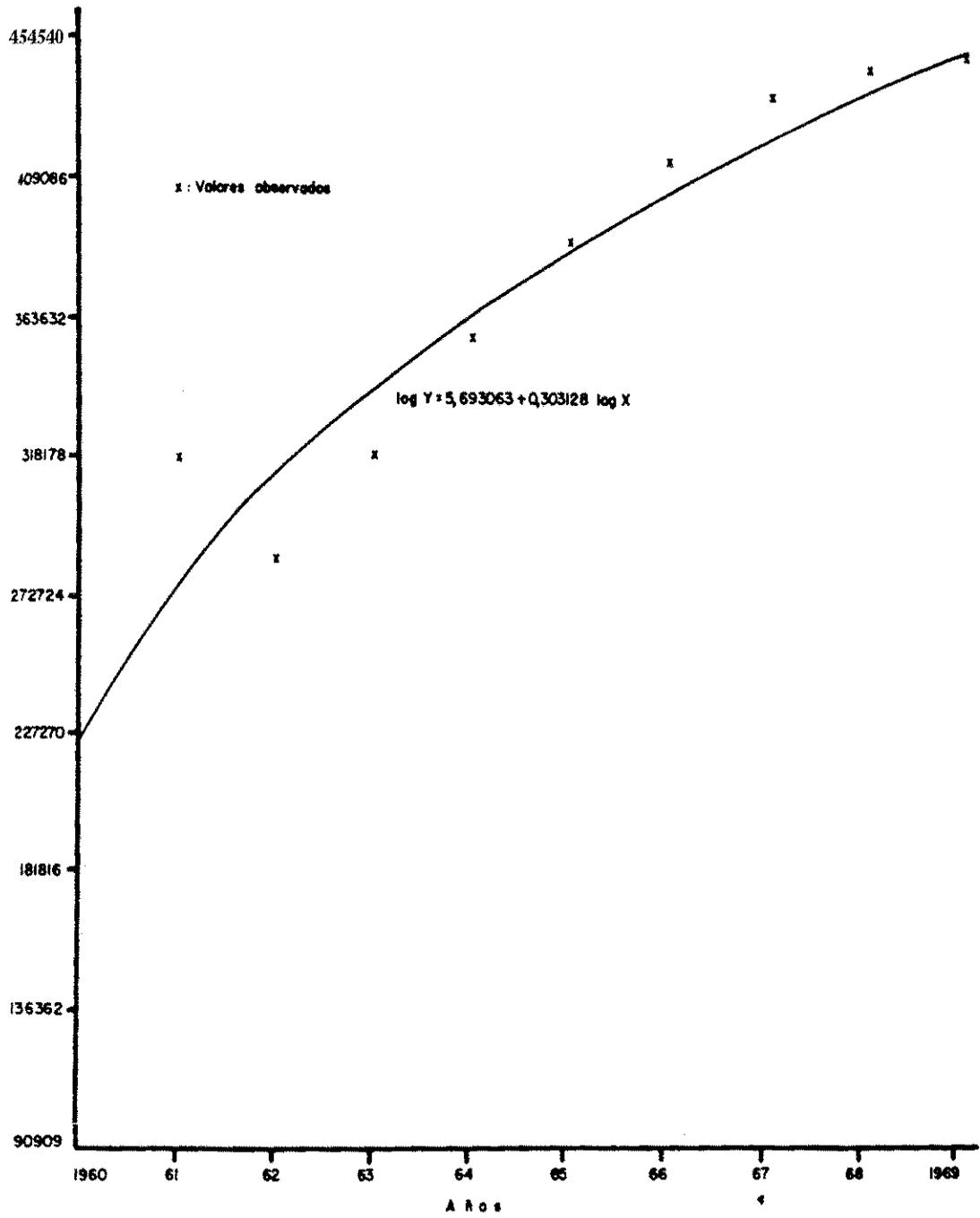


Fig.1 Tendencia de la producción de frijol en Nicaragua

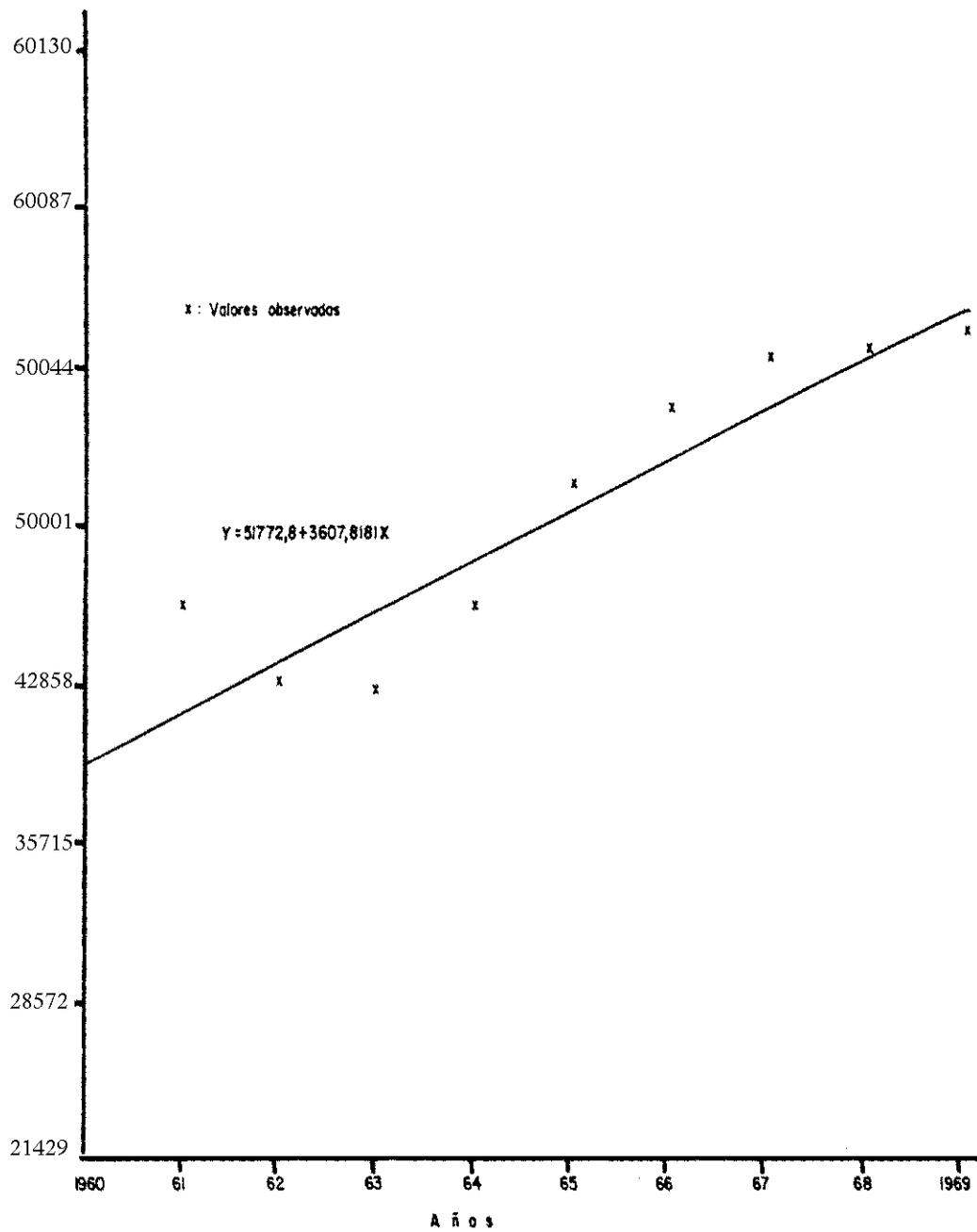


Fig 2 Tendencia de la siembra de frijol en Nicaragua

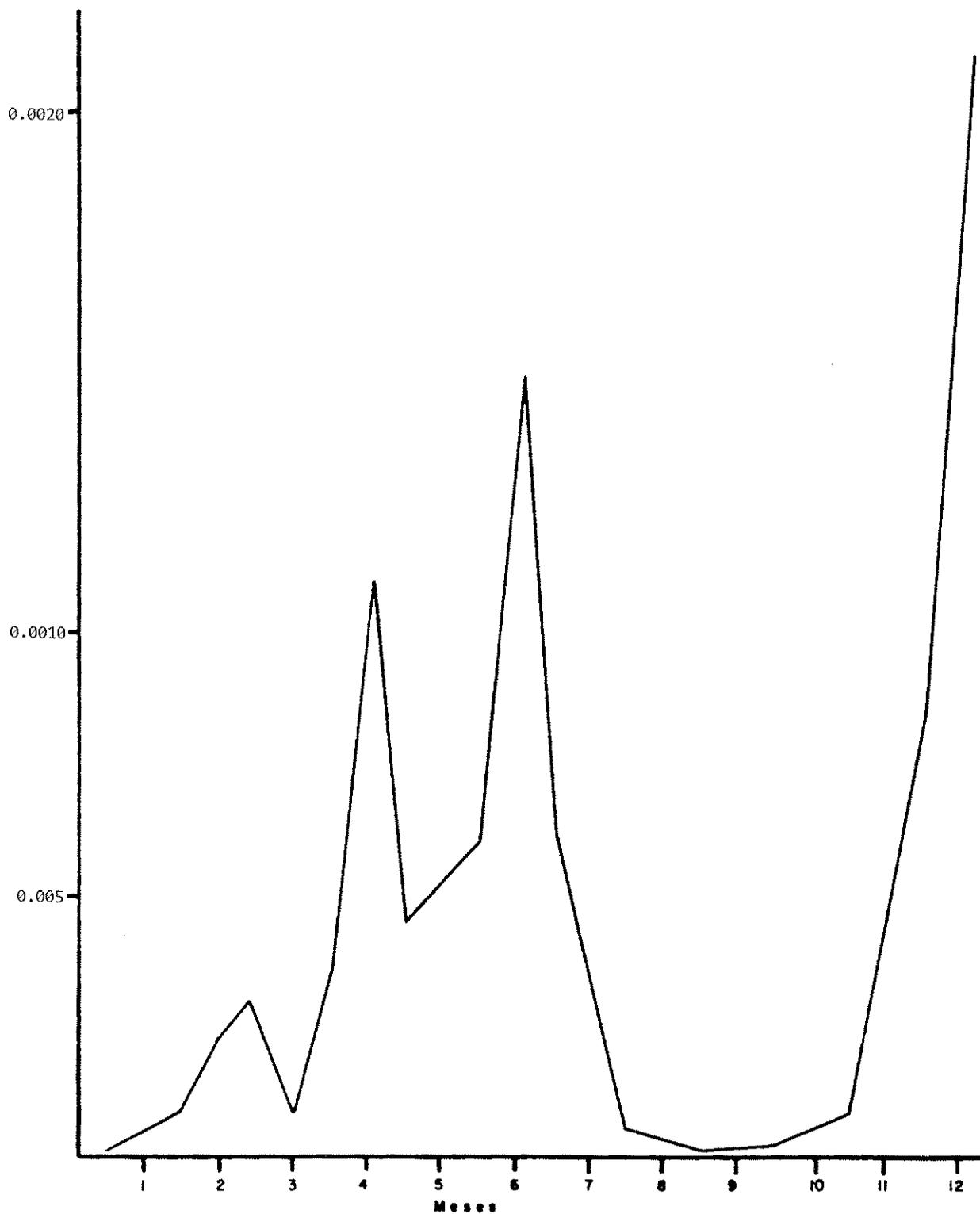


Fig. 3 Periodograma de los precios del frijol en Nicaragua

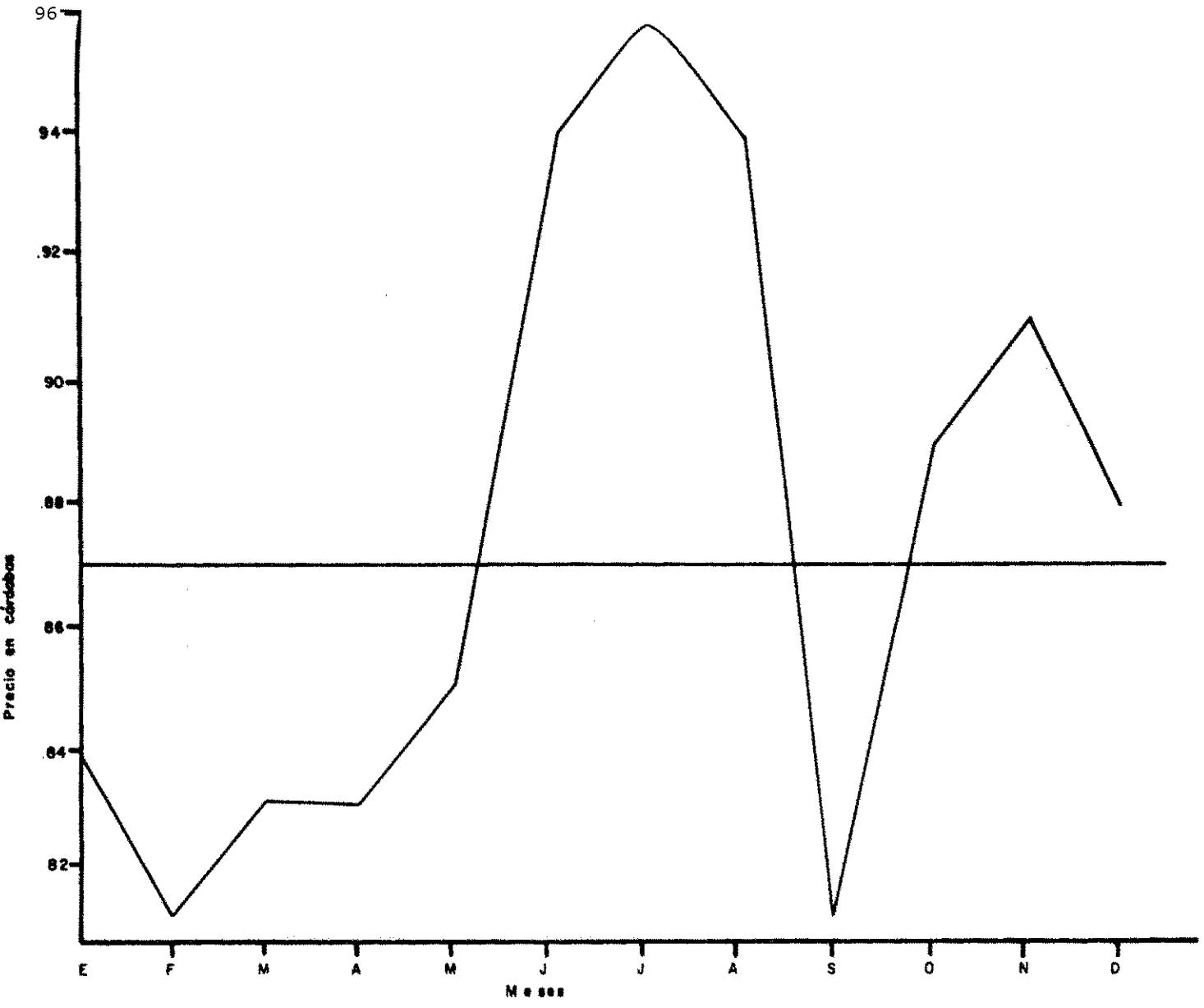


Fig. 4 Precios esperados del frijol durante el año. (Estimado por medio de la serie de Fourier)

normal la presencia de fluctuaciones de precio, en el año. Una política de estabilización acertada, puede disminuir y uniformar las fluctuaciones, en beneficio del productor y del consumidor.

- 1) Las áreas con alto potencial para el establecimiento del cultivo de frijol se encuentran en el norte del país, que abarca los departamentos de Estelí, Nueva Segovia, Jinotega y Madriz, donde imperan las condiciones óptimas necesarias para obtener una buena producción.
- 2) La determinación de las épocas de siembra reveló que en el norte del país es posible realizar dos siembras al año con posibilidades de éxito, debido a una mejor distribución del período lluvioso a lo largo del año.
- 3) El área zonificada es mayor que el área máxima proyectada para el año 1975, quedando un remanente que podría ser utilizado para la siembra de exportación.
- 4) Los precios del frijol a lo largo del año presentan una fluctuación estacional, cuyo máximo coincide con la época en que el cultivo está en el campo.

En los dos últimos años Nicaragua ha sufrido un déficit en el abastecimiento de frijol, siendo necesario iniciar programas que aseguren el suministro continuo de esta leguminosa.

En base a este problema se plantearon los siguientes objetivos:

- a) Ubicar en el espacio geográfico de Nicaragua las diferentes áreas que por sus condiciones ecológicas presenten las condiciones apropiadas para el fomento del cultivo de frijol.
- b) Determinar a nivel nacional las épocas de siembra más adecuadas para el cultivo del frijol.
- c) Proyectar el área de siembra y la producción de frijol para el período 1971 - 1975 como una justificación del cultivo a nivel nacional.

La zonificación se realizó en función de la revisión de literatura y se consideraron factores térmicos, hídricos y edáficos. El factor hídrico se expresó como duración del período de siembra, dicha variable se origina al determinar las magnitudes y excesos por medio del balance hídrico en función de los índices específicos agroclimáticos para el frijol. Las épocas de siembra más adecuadas se establecieron en función de los excesos y deficiencias determinadas por medio del balance hidrológico.

La localización de espacios geográficos con condiciones apropiadas para el cultivo del frijol se realizó por medio de Síntesis Cartográfica sucesiva.

Las áreas encontradas con un alto potencial para el establecimiento del cultivo se encuentran localizadas en la parte Central y Norte del país, siendo posible en estas áreas efectuar dos siembras al año. En total se han seleccionado 118.350 hectáreas factibles de ser cultivadas con frijol, dicha área representa la agrupación de las categorías I, II y III, donde es posible obtener buenos rendimientos y estos dependerán no solo de la variedad o semilla mejorada que se use, sino que también de las prácticas agronómicas que se usen.

Las proyecciones para el área a sembrarse y la producción se calcularon por medio de un análisis de tendencias. Se encontró que el área a sembrarse se tiene que incrementar en un 3.8 por ciento cada año y la producción tendrá un incremento de 2.4 por ciento cada año.

Se realizó un análisis de fluctuaciones estacionales de los precios en base al análisis espectral por medio de una serie de Fourier.

Como resultado del análisis de precios para el período 1965 - 1969 se encontró que tienen una fluctuación estacional y que estos suben cuando el cultivo se encuentra en el campo, la mejor manera de regular los precios sería por medio de su estabilización que se podría conseguir al realizar programas de siembra.

1. AGUIPPE, J. A. y SALAS. 1965. Zonificación del cultivo del frijol en Centroamérica y Panamá. Turrialba 15(4): 300-306.
2. AGUIRRE, J. A., PLANCO, E. e ICAZA, J. 1971. Mapa de uso potencial de Nicaragua. In Planco, E. Regionalización Agrícola de Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 513 p.
3. ALLARD, R. W. y ZAUMEYER, W. J. 1944. Responses of beans (Phaseolus) and other legumes to length of day. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin N°867. 24 p.
4. BANCO NACIONAL DE NICARAGUA. 1969. Informe anual de la Sección de Estadística y Censos.
5. BOX, J. M. M. 1961. Leguminosas de grano. Barcelona, España, Salvat. 550 p.
6. CAIN, S. A. The climax and its complexities. 1939. Amer. Midland Nat. 21:146-181.
7. CARDONA, C., CAMACHO, L. H. y OPOZCO, S. H. 1959. Diacol-Nima, variedad mejorada de frijol. Ministerio de Agricultura, Colombia. Boletín de divulgación N° 8:1-24.

8. DALE, J. E. 1965. Leaf growth in Phaseolus vulgaris *Annals of Botany* (n.s) 29(114):293-302.
9. DAVIS, J. F. 1945. The effect of some environmental factors on the set pods and yield of white pea beans. *Journal of Agricultural Research* 70:237-249.
10. GARCIA B, J. 1969. Zonificación del Phaseolus vulgaris en función de su régimen hídrico. *Agronomía Tropical* 19(3):197-203.
11. GAUSSEN, H. 1954. Theories et classification des climats et des microclimats. Paris, Francia. *Proceedings, Sth. Int Bot Congress* 78:125-130.
12. GOOD, P. D'O. A theory of plant geography. *New Phytologist*, 30:149-171.
13. GUERPEPO, R. R. 1968. Relación entre el ciclo vegetativo del frijol con la altura y la temperatura media. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. *Curso de Cultivos Tropicales Anuales*. 1 p.
14. JORGE, M. 1969. Una contribución al conocimiento de la dinámica del clima de la Isla de Santo Domingo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 166 p.
15. KENDALL, M. G. y STUART, A. 1966. The advanced theory of statistics. New York, Hafner. v. 3. 552 p.

16. KLAGES, K. H. W. 1953. Ecological crop geography. New York, McMillan Company. 397 p.
17. LANGE, C. 1968. Introducción a la econometría. Trad. por Francisco Postro. 2ª ed. México, D.F., Fondo de Cultura Económica. 348 p.
18. MAC GILLIVRAY, J. H. 1953. Vegetable production. New York, Blakiston Company. 397 p.
19. MASON, H. L. 1934. The principles of geographic distribution as applied to floral analysis. Madroño 415:81-179.
20. MENDOZA, M. D. 1965. Informe de Proyecto Cooperativo de frijol en 1964. In: Peunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Panamá, Panamá, marzo. Informe. Librería Indígena. I. f. pp. 79-83.
21. MIRANDA, H. Prueba de variedades de frijol en América Central; PCCMCA 1969-1970. Guatemala. IICA, Dirección Regional para la Zona Norte. Publicación ZN/103-71. 1971. 30 p.
22. MONTOYA, J. M. 1969. Zonas ecológicas para frijol en América Central, una metodología. In: Reunión Técnica sobre Programación de Investigación y Extensión en frijol y otras leguminosas de grano para América Central. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. PP. 26-34.

23. MONTOYA, J. M. y GARCIA B, J. 1971. Comparación de dos técnicas para estimar temperaturas medias con fines agroecológicos, en localidades carentes de registros. Turrialba, Costa Rica. Turrialba 21(1):112-115.
24. _____, GARCIA B, J. e ICAZA, J. 1971. Metodología para la Zonificación ecológica del frijol (Phaseolus vulgaris) en Centro América. In: Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, Panamá, Panamá. 31 p. (Mimeografiado).
25. MERLOVE, M. 1964. Spectral analysis of seasonal adjustment procedures *Econometría* 3(3):241-286.
26. ORTEGA, S. 1967. Zonificación del frijol en Venezuela. *Agronomía Tropical* 17(3):153-161.
27. PANOFKY, H. A. y BRIEP, G. W. 1963. Some applications of statistics to meteorology. University Park, Pennsylvania State University. 224 p.
28. PAPADAKIS, J. 1954. *Ecología de los cultivos*. Traducida del inglés por Alberto Soriano. Buenos Aires, Argentina, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 461 p.
29. _____. 1966. *Climates of the world and their agricultural potencialities*. Buenos Aires, Argentina, Juna Papadakis. 170 p.

30. PINCHINAT, A. M. 1965. Factores limitantes en el cultivo del frijol en Centro América. In: Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Panamá, Panamá. 69 p.
31. _____. 1966. El cultivo del frijol en Centro América. Extensión de las Américas. 11(2):27-32.
32. SAENZ, A. 1962. El frijol común. San José, Universidad de Costa Rica. 108 p.
33. SALAS, J. A. y ECHANDI, E. 1964. Informe del ensayo uniforme del PCCMCA en Costa Rica durante el año 1964. In Reunión anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11a, Panamá, Marzo 17-19, 1965. Informe. Guatemala, Librería Indígena, s.f. pp. 77-79.
34. SHELFORD, V:E. 1913. Animal communities in temperate North America. University of Chicago. Press, Chicago.
35. SMITH, F. L. y PRYOR, P. E. Effects of maximum temperature on flowering and seed production in three bean varieties. Hilgardia 33(12):669-689.
36. STOBBE, E. H., OMROD, D. L. y WOOLLEY, C. J. 1966. Blossoming and fruit set patterns in Phaseolus vulgaris L. as influenced by temperature. Canadian Journal of Botany. 44(6):813-819.

37. SPIEGEL, M. R. 1969. Estadística. Traducido por José Luis Gómez Espadas y Alberto Lozada Villasante. Bogotá, Colombia. Mc Graw-Hill. 357 p.
38. THOMPSON, H. y KELLY, W. 1957. Vegetable crops. New York, Mc Graw-Hill Company. 611 p.
39. THORNTAWITE, C. W. y MATHER, J. R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspirations and the water balance. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Publication in Climatology 10(3):184-311.
40. TRUCCO, S. E. 1950. Análisis estadístico. 2ª ed. Buenos Aires, Argentina. Editorial "El Ateneo" 287 p.
41. VIEIRA, C. 1959. O feijao común e sua lavoura. Boletín de Agricultura (Brasil) 8(1/2):19-31.
42. _____. 1961. A cultura de feijao. Boletín de Agricultura (Brasil) 10(1/6):19-45.
43. WIERER, K. 1970. El mercadeo agrícola en América Latina. Versión prel: Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 399 p. (Mimeografiado).

LEYENDA DE ISOETANAS PARA LA SIEMBRA

<u>CLAVE</u>	<u>FECHA</u>
1	1° de Junio
2	15 de Junio
3	1° de Julio
4	15 de Julio
5	1° de Setiembre
6	15 de Setiembre
7	1° de Octubre
8	15 de Octubre
9	1° de Noviembre
10	15 de Noviembre

DIVISION POLITICA ADMINISTRATIVA DE NICARAGUA

Departamento de Boaco

Municipios:

1. Boaco
2. Camoapa
3. San José
4. San Lorenzo
5. Santa Lucía
6. Teustepe

Departamento de Carazo

Municipios:

7. Jinotepe
8. La Conquista
9. Diriamba
10. Dolores
11. La Paz de Oriente
12. El Posario
13. San Marcos
14. Santa Teresa

Departamento de Chinandega

Municipios:

15. Chinandega
16. Chichigalpa
17. Cinco Pinos
18. Corinto

19. Puerto Morazán

20. Posoltega

21. El Realejo

22. San Francisco

23. San Pedro

24. Santo Tomás

25. Somotillo

26. El Viejo

27. Villa Nueva

Departamento de Chontales

Municipios:

28. Juigalpa

29. Accoyapa

30. Comalapa

31. La Libertad

32. San Pedro de Lévago

33. Santo Domingo

34. Santo Tomás

35. Villa Somoza

Departamento de Estelí

Municipios:

36. Estelí
37. Condega
38. Pueblo Nuevo
39. San Juan de Limay
40. La Trinidad

Departamento de Granada

Municipios:

41. Granada
42. Diriá
43. Diriomo
44. Nandaime

Departamento de Jinotega

Municipios:

45. Jinotega
46. La Concordia
47. San Rafael del Norte
48. San Sebastián de Yalí

Departamento de León

Municipios:

49. León
50. Achuapa
51. El Jicaral
52. Larreynaga

53. Nagarote

54. La Paz Central

55. Quezalguaque

56. El Sauce

57. San Nicolás

58. Santa Rosa del Peñón

59. Telica

Departamento de Madriz

Municipios:

60. Semoto

61. Palacaguina

62. Las Sébanas

63. San José de Cusmapa

64. San Juan de Pfo Coco

65. San Lucas

66. Telpaneca

67. Totogalpa

68. Yalaguina

Departamento de Managua

Municipios:

- 69. Managua
- 70. El Carmen
- 71. Mateare
- 72. San Fco. del Carnicero
- 73. San Rafael del Sur
- 74. Tipitapa

Departamento de Masaya

Municipios:

- 75. Masaya
- 76. Catarina
- 77. La Concepción
- 78. Masatepe
- 79. Nandasmo
- 80. Nindirí
- 81. Niquinohomo
- 82. San Juan de Oriente
- 83. Tisma

Departamento de Matagalpa

Municipios:

- 84. Matagalpa
- 85. Ciudad Darío
- 86. Esquipulas
- 87. Matiguás
- 88. Muy Muy

89. Sébaco

90. San Dionisio

91. San Isidro

92. San Ramón

93. Terrabona

Departamento de Nueva Segovia

Municipios:

- 94. Ocotal
- 95. Ciudad Antigua
- 96. Dipilto
- 97. Jalapa
- 98. Macuelizo
- 99. El Jicaro
- 100. Mozonte
- 101. Murra
- 102. Quilalí
- 103. San Fernando
- 104. Santa María

Departamento de Pío San Juan

Municipios:

- 105. San Carlos
- 106. Morrito
- 107. San Juan del Norte
- 108. San Miguelito

Departamento de Rivas

Departamento de Zelaya

Municipios:

Municipios:

- 109. Rivas
- 110. Altagracia
- 111. Belén
- 112. Buenos Aires
- 113. Cárdenas
- 114. Moyogalpa
- 115. Potosí
- 116. San Jorge
- 117. San Juan del Sur
- 118. Tola

- 119. Bluefields
- 120. Corn Island
- 121. La Cruz de Pío Grande
- 122. Prinzapolka
- 123. Puerto Cabezas
- 124. Rama
- 125. Cabo Gracias a Dios
- 126. Waspán