

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSGRADO**

**ESTUDIO AGROCLIMÁTICO DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO
MAIZ, FRIJOL Y SORGO EN LAS ZONAS SECAS DE
ESTELI, NICARAGUA.**

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

Magister Scientiae

por

ARIEL ESPINOZA SALINAS

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica
1992**

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

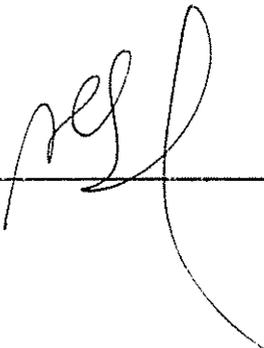


Ing. Bruno Rapidel
Profesor Consejero



Assefaw Te wolde, Ph.D.
Jefe, Area de Posgrado

Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza



Ariel Espinoza Salinas
Candidato

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo:

Al comite asesor de tesis Ing. Bruno Rapidel, Ing. Francisco Jiménez M. Sc., Dr. Ricardo Radulovich por la colaboración prestada en la revisión del original y sugerencias para mejorar el trabajo.

Al personal técnico del Departamento de Agrometeorología del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Nicaragua.

Al personal técnico de Proyecto MAG/CATIE/ACDI del departamento de Estelí, Nicaragua.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Esneñanza, CATIE, con el Proyecto "Sistemas Agrosilvopastoriles Sostenibles para Pequeños Agricultores del Trópico Seco de Centroamérica por su colaboración.

A todos los agricultores de los municipios de Estelí, Pueblo Nuevo y La Trinidad, por su información brindada, la cual significó el sentido de ser de este trabajo.

Al proyecto optimización hídrica de la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica (UCR), financiado por el PSTC de AID, por el uso del modelo AQUA.

A mi compañero y amigo Juan Adrián Rivera por sus muchas horas de estudio, trabajo y amistad que compartimos.

DEDICATORIA

A mi madre: **MODESTA ESPINOZA SALINAS** que a través de su amor materno siempre procuró mostrarme en la práctica que el verdadero camino hacia el triunfo se encuentra en la humildad, paciencia y fe. Así aprendí amarla con admiración.

A mis hijos: Yubran, Fernanda y Ariel.

BIOGRAFIA

El autor es originario del departamento de Masaya, Nicaragua. Inició sus estudios primarios en la escuela de Pacayita de este departamento en 1970, concluyéndolos en 1975.

Desarrolla sus estudios secundarios en el Instituto Nacional de Masaya "Manuel Coronel Matus" entre 1976 y 1990.

En 1982 ingresa a la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN), optando al título de Ingeniero Agrónomo en 1986.

En 1987, ingresa al servicio del Ministerio de Agricultura y Ganadería (Nicaragua), en el departamento de Managua, desempeñándose como responsable de la Campaña agrícola y director del Programa Nacional de Agrometeorología.

En septiembre de 1990, ingresa al Programa de Estudios de Posgrado de CATIE, en el departamento de Recursos Naturales Renovables, en el área de Manejo de Cuencas Hidrográficas, obteniendo en Noviembre de 1992 el grado de Magister Scientae.

ESPINOZA, S. A. 1992. Estudio Agroclimático de los sistemas de cultivo maíz, frijol y sorgo, en las zonas secas de Estelí, Nicaragua.

Palabras claves: precipitación, estrategias, siembras, maíz, frijol, sorgo, déficit hídrico, caracterización.

RESUMEN

En Nicaragua, en la zona seca del departamento de Estelí (área de influencia del proyecto MAG/ACDI/CATIE) se realizó la presente investigación que explica la problemática de la agricultura de secano con respecto a la incertidumbre y el riesgo que enfrenta a consecuencias de la variabilidad, distribución y cantidades de lluvias en las épocas de siembras primera y postrera.

Se hizo una caracterización de la estación lluviosa del departamento de Estelí y otra a los agricultores para identificar los criterios que determinan la decisión de sus siembras. La primera se hizo con el modelo de balance hídrico AQUA mediante el análisis del número de días con déficit hídrico en un cultivo de referencia (grama) y la segunda usando una encuesta, cuyos datos se sometieron a un análisis frecuencial.

Caracterizada la estación lluviosa y evaluados los criterios de los agricultores, se proponen alternativas de fechas de siembras para las épocas de primera (maíz, frijol y sorgo) y postrera (sorgo y frijol). En la primera, la propuesta considera años con sequía severa bajo el supuesto de que en estos años los criterios de siembras de los

agricultores presentan resultados diferentes y para la postrera considera la salida más temprana de las lluvias (26 de octubre) bajo el supuesto que es lo más temprano que un cultivo puede enfrentar déficit hídrico por la salida de la estación lluviosa.

En ambos casos se definieron criterios de fechas de siembras, validados después en el conjunto de años de registro de cada estación meteorológica mediante simulaciones de balance hídrico del modelo AQUA. El parámetro de análisis fue el número de días con déficit hídrico durante la floración de los cultivos.

Los resultados obtenidos indican que la fecha de siembra menos riesgosa en la época de primera es del 11 al 20 de mayo, y en la postrera las fechas límites de siembras son: hasta el 10 septiembre para el sorgo y hasta el 15 de este mismo mes el frijol. En ambos casos se recomiendan variedades precoces (75 días).

ESPINOZA, S. A. 1992. Agroclimatic study of corn, bean and sorghum cultivation systems in the dry zones of Esteli's , Nicaragua.

Keywords: precipitation, strategies, seedings, corn, bean, sorghum, water deficit, characterization.

SUMMARY

In Nicaragua, in the dry zone of the Department of Esteli's (area of interest of the MAG/ACDI/CATIE project) the present research was realized explaining the problems of dry agriculture with respect to the uncertainty and risk that is faced as a result of variability, distribution and rainfall in the first and second growing seasons.

A characterization was made of the Department of Esteli's rainy season as well as the farmers to identify the criteria that determine the cycles of the their seedings. The first characterization was made with the water balance of the AQUA model through the analysis of the number of days of water deficit in a referance crop (bermudagrass), and the second using a survey, the data of which was subjected to a frequency analysis.

Characterizing the rainy season and evaluating the criteria determining farmers seeding cycles, alternative seeding dates are proposed for the first growing season (corn, bean and sorghum) and the second (sorghum and bean). In the first growing season, the proposal consider years of severe dryness under assumption that in these years the farmers seeding cycle criteria presents different results. For the second growing season, the proposal considers the

earliest possible end of the rainy season (October 26 th) with the assumption it is the earliest a crop can face water deficit due to the end of this season.

In both cases criteria was defined, and then validated by the registered years of each meteorological season by means of water balance simulations using the AQUA model. The analysis parameter was the number of days of water deficit during the crop flowering.

The results obtained indicate that the most secure seeding date in the first growing season is May 11th to the 20th, and in the second growing season the date limits are: until September 10th for sorghum and until September 15th for bean. In both cases, short cycle varieties are recommended (75 days).

CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN.....	vi
SUMMARY.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
1.1. Definición del problema.....	1
1.2. Justificación del estudio.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
II. ELEMENTOS DEL CLIMA Y LA AGRICULTURA DE SECANO.....	5
2.1. La precipitación.....	5
2.1.1. Inicio de la estación lluviosa.....	6
2.1.2. La Canícula.....	8
2.1.3. Final de la estación lluviosa.....	10
2.1.4. Las fechas de siembra.....	11
2.2. Otros factores meteorológicos.....	13
III. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	14
3.1. Ubicación geográfica.....	14
3.2. Clima.....	14
3.3. Suelos.....	16
3.4. La producción agrícola.....	19

IV. MATERIALES Y METODOS.....	26
4.1. Materiales.....	26
4.2. Métodos.....	26
4.2.1. Recolección de datos.....	26
4.2.2. Organización de una base de datos meteorológicos del departamento de Estelí.....	30
4.2.3. Caracterización de la estación lluviosa del departamento de Estelí.....	31
4.2.4. Caracterización de los agricultores en relación a la siembra de maíz, frijol y sorgo...	37
4.2.5. Propuesta de una metodología para definir las estrategia de siembra.....	40
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	46
5.1. Caracterización de la estación lluviosa del departamento de Estelí.....	46
5.1.1. Epoca de primera.....	47
5.1.2. La canícula.....	53
5.1.3. Epoca de postrera.....	56
5.2. Caracterización de los agricultores en relación con la siembra de maíz, frijol y sorgo..	61
5.2.1. Decisión de las siembras.....	61
5.2.2. Factores que influyen en la decisión de las siembras.....	65
5.2.3. Resultados de los criterios de siembras de los agricultores.....	67
5.3. Resultados de las propuestas de siembras.....	76
5.3.1. Epoca de primera.....	76
5.3.2. Epoca de postrera.....	87
VI. CONCLUSIONES.....	95

VII. RECOMENDACIONES.....	88
VIII. LITERATURA CITADA.....	99
IX. ANEXOS.....	106
ANEXO A. Encuesta a agricultores.....	107
ANEXO B. Breve descripción de las herramientas informáticas utilizadas en el trabajo....	114
ANEXO C. Datos específicos, maíz, frijol y sorgo..	118
ANEXO D. Datos climáticos.....	120
ANEXO E. Días con déficit hídrico en los cultivos maíz, frijol y sorgo con relación a los períodos de siembras (pentadas).....	130
ANEXO F. Figuras de días con déficit hídrico en la floración de los cultivos frijol y sorgo en Estelí, Santa Cruz, San Isidro (La Trinidad) y Pueblo Nuevo.....	133

LISTA DE CUADROS

NUMERO	PAGINA
1. Area y producción total por cultivo del departamento de Estelí.....	20
2. Principales sistemas de cultivos, frecuencias y % de agricultores que los utilizan por municipios.....	22
3. Rendimientos promedios de los diferentes cultivos y sistemas de cultivo en los tres municipios (kg/ha).....	25
4. Fechas de siembras de postrera.....	64
5. Utilización de mano de obra y crédito con relación al área de siembra (%)......	66
6. Años que los agricultores sembraron en una fecha determinada de acuerdo a una, dos y tres lluvias.....	67
7. Número de días con DH en la floración (15 días) del frijol (75 días, de postrera).....	74
8. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo sorgo (95 días, de postrera).....	75
9. Promedio de días con DH en frijol de 75 días de acuerdo a los períodos de siembras del mes de mayo.....	77
10. Probabilidad de retiro de las lluvias durante los períodos de siembras.....	78
11. Probabilidad que no se registren lluvias en el período de siembra intermedia (con años secos).	79
12. Comparación entre los criterios de siembras de los agricultores y la propuesta de acuerdo con el número de años con diferentes grados de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de Estelí.....	83

13.	Comparación entre los criterios de siembras de los agricultores y la propuesta de acuerdo con el número de años con diferentes grados de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de Santa Cruz.....	84
14.	Comparación entre los criterios de siembras de los agricultores y la propuesta de acuerdo con el número de años con diferentes grados de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de San Isidro (La Trinidad).....	85
15.	Comparación entre los criterios de siembras de los agricultores y la propuesta de acuerdo con el número de años con diferentes grados de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de Pueblo Nuevo.....	86

LISTA DE FIGURAS

NUMERO	PAGINA
1. Ubicación geográfica de los municipios de Estelí, Pueblo Nuevo y La Trinidad del departamento de Estelí, Nicaragua.....	15
2. Textura, profundidad y pendiente de los suelos del área de estudio.....	18
3. Arreglos cronológicos de los sistemas de cultivos maíz, frijol y sorgo del área de estudio..	23
4. Precipitación con un 50% de probabilidad, y las épocas de siembras de la estación de Estelí...	46
5. Fechas de inicio de la estación lluviosa, en la época de primera.....	48
6. Precipitación en la época de primera.....	50
7. Ocurrencia de 10 días consecutivos secos, Limay.....	51
8. Ocurrencia de 10 días consecutivos secos, Santa Cruz.....	52
9. Probabilidad de ocurrencia de canícula.....	54
10. Precipitación en la época de postrera.....	57
11. Ocurrencia de 10 días consecutivos secos, San Isidro.....	58
12. Finalización probable de la estación lluviosa, San Isidro.....	60
13. Finalización más probable de la estación lluviosa, Limay.....	61
14. Porcentaje de agricultores que siembran, en relación con el número de lluvias.....	61
15. Días con DH en la floración (20 días) del maíz de 90 días (criterios del agricultor).....	68
16. Días con DH en la floración (20 días) del maíz de 110 días (criterios del agricultor)...	70

17. Días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días (criterios del agricultor)...	71
18. Días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días (criterios del agricultor)..	72
19. Número de días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días en base a la propuesta, Estelí.....	89
20. Número de días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días en base a la propuesta, Santa Cruz.....	90
21. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días en base a la propuesta, San Isidro.....	92
22. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días en base a la propuesta, Pueblo Nuevo.....	94

I. INTRODUCCION

1.1. Definición del problema

El mayor problema que enfrenta la agricultura de secano en el departamento de Estelí de Nicaragua, es la incertidumbre y el riesgo de la producción agrícola ocasionada por la variabilidad, distribución y cantidad de la lluvia (MAG, 1987). Estas zonas son consideradas como las más secas de Nicaragua, y la mayoría de los años se registran pérdidas parciales o totales de los cultivos. Estas características limitan el potencial agrícola de este departamento (CATIE, 1983).

Las estrategias de los agricultores (principalmente las fechas de siembras), son fundamentales en el éxito de los cultivos de secano, ya que de su establecimiento inicial depende el aprovechamiento de las lluvias durante la época de primera. En Estelí, donde el principal factor limitante de la producción es la lluvia, es importante la selección de la estrategia que presente el menor riesgo. Sin embargo, los agricultores no sustentan el establecimiento de sus cultivos por fechas que les permita adecuarlos a la estación lluviosa, sino por criterios que dependen del número de lluvias. Generalmente la floración o el llenado de grano de sus cultivos coinciden con la canícula.

Por otra parte, no se puede obviar que existen limitantes agronómicas: uso generalizado de semilla criolla, mala calidad de la semilla, prácticas agronómicas inadecuadas, escasez de semilla mejorada, etc., que a corto y mediano plazo son condiciones, que unidas a los factores ambientales agudizan aún más la situación agrícola de la zona.

Es así, como las pérdidas constantes de los cultivos en estas zonas, convierten en incierta la producción. Esta situación es agravada por la importancia que tienen los granos básicos para la subsistencia de la población.

Aunque esta zona ha sido incluida en algunas investigaciones relacionadas al clima, el objetivo esencial de las mismas ha sido crear una herramienta para la planificación agrícola y no generar recomendaciones puntuales para los agricultores, como pretende este estudio.

Bajo este contexto el presente trabajo está enfocado en la temática de generar recomendaciones razonables y más reales en el manejo de los cultivos maíz, frijol y sorgo con respecto al déficit de lluvia.

1.2. Justificación del estudio

En Nicaragua y en particular en la zona de interés, los granos básicos (maíz, frijol y sorgo) son uno de los principales componentes de la dieta alimenticia, representando la base de subsistencia de los pequeños agricultores.

Ante esta situación, cobra vital importancia aumentar la producción y productividad de los granos básicos. Además con la creciente demanda de bienes y servicios de la población, se convierte en una necesidad inmediata plantear herramientas técnicas para optimizar y planificar la producción agrícola, con el propósito de incrementar y sostener los rendimientos de cultivos.

La presente investigación se basa en los sistemas de cultivos maíz, frijol y sorgo. En la misma se pretende

generar recomendaciones que permitan la selección e implementación de prácticas agrícolas sostenibles y adecuadas a las condiciones socio-económicas de estas zonas en relación al riesgo climático.

El análisis integral del riesgo climático con respecto a los sistemas de cultivo, puede permitir crear una herramienta de ayuda en la toma de decisiones de los agricultores y planificadores de la agricultura regional y nacional.

Aunque los resultados de esta investigación solo tendrán validez en las zonas donde se realizó el estudio, éstas se podrán inferir a otras zonas que presenten características similares.

Esta investigación también aporta elementos técnicos que explican el funcionamiento de la agricultura de estas zonas desde el punto de vista agroclimático.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Generar recomendaciones agronómicas que integren el análisis del clima en relación a la producción agrícola.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estudiar las condiciones agroclimáticas determinantes del potencial agrícola de los sistemas de cultivos maíz,

frijol y sorgo en las zonas de La Trinidad, Estelí y Pueblo Nuevo del departamento de Estelí.

- Evaluar los criterios de las estrategias de siembras de los agricultores en los sistemas de cultivos maíz, frijol y sorgo en las zonas de La Trinidad, Estelí y Pueblo Nuevo del departamento de Estelí.

- Proponer alternativas de manejo de los cultivos maíz, frijol y sorgo que tomen en consideración las prácticas culturales de los agricultores y las condiciones climáticas de las zonas.

1.4. Hipótesis

- El clima, principalmente el agua, limita las prácticas tradicionales de los agricultores en los sistemas de cultivo maíz, frijol y sorgo de las zonas, La Trinidad, Estelí y Pueblo Nuevo.

- Las estrategias agrónomicas, limitan el potencial agrícola de los sistemas de cultivos maíz, frijol y sorgo de las zonas La Trinidad, Estelí y Pueblo Nuevo.

- Los agricultores no siempre tienen la mejor decisión en cuanto a la estrategia de siembra.

- Existe posibilidad, a través del análisis de los datos climáticos, de identificar elementos que ayuden a los agricultores en su toma de decisión.

II. ELEMENTOS DEL CLIMA Y LA AGRICULTURA DE SECANO

En Estelí, el elemento del clima de mayor importancia para la agricultura de secano es la precipitación, dada su variabilidad (cantidades y distribución), causa de las pérdidas constantes de los cultivos (MAG, 1987). Esto motiva a un estudio centrado en la precipitación, ya que los otros elementos climáticos presentan poca variabilidad.

2.1. La precipitación

La lluvia es la principal fuente que provee a los suelos la humedad necesaria para satisfacer las demandas hídricas de los cultivos en las diferentes etapas fenológicas del período vegetativo, principalmente en las más críticas (floración y llenado de grano) (Marín, 1990).

Carmona y Radulovich (1988) afirman que en los trópicos el factor climático más limitante es el agua tanto en carestía como en exceso, debido a su variabilidad y distribución.

Heuvelop, et al. (1988) también consideran que en las condiciones de secano, la reposición de las reservas de agua de la humedad del suelo se efectúa a expensas de las precipitaciones atmosféricas. La insuficiencia de precipitación conduce al resecaamiento del suelo y dificulta la disponibilidad de agua para los cultivos establecidos.

La distribución de las lluvias en el departamento de Estelí determina el grado de seguridad del abastecimiento de agua para los cultivos. Esta seguridad no sólo depende del número de lluvias, de su intensidad y duración, sino también

de la evaporación potencial, del carácter y el estado de la superficie del suelo, de la humedad antecedente y de la fase del cultivo.

Cuando se investiga la variabilidad de la lluvia y la estimación de probabilidades para su aplicación en la agricultura, se trata de saber con qué frecuencia se recibirá determinada cantidad de precipitación y la frecuencia con que se recibirá una cantidad superior o inferior a ella con el objetivo de evaluar los riesgos de establecer dicho cultivo en una región.

Maraux y Rapidel (1990) consideran que un simple estudio de la distribución de las precipitaciones no permite razonar los problemas de la relación agua - cultivos, ya que el suelo interviene de manera importante, éste sirve de reservorio de agua, y la restituye a las plantas en función de la demanda, por lo que requiere de una integración de los factores agua - cultivo - suelo.

2.1.1. Inicio de la estación lluviosa

En las regiones en que la estación de cultivo está definida por la estación lluviosa, el inicio de ésta es una variable agroclimática importante.

El inicio de las lluvias es un evento que ocurre cada año, de manera que es posible estimar la distribución de frecuencias de la fecha de inicio y establecer probabilidades para diferentes fechas, pero de previo debe definirse el evento.

Diferentes investigadores han dado criterios para definir el inicio de la estación lluviosa.

Walter, citado por Stern (1981) define el inicio de las lluvias a partir del momento en que se acumulan, por primera vez en la estación, 2 pulgadas (50 mm) de lluvia.

Davey et al (1976) lo definen como el primer período de diez días en que ocurren 20 mm o más de precipitación. Para Dale et al (1981) es cuando se acumulan diez mm en uno o dos días sucesivos. El inicio de las lluvias, como variable agroclimática que determina la siembra, ha sido definida por Cocheme y Franquin (1968) como el momento en que la precipitación excede un valor umbral igual a la mitad de la evapotranspiración.

Las definiciones que consideran sólo un valor umbral, no son capaces de separar los falsos inicios causados por lluvias aisladas, que acumulan determinada cantidad aún cuando son seguidas por períodos secos. Algunas definiciones incluyen criterios adicionales para eliminar de la estadística los falsos inicios.

Virmani citado por Stern (1980), define el inicio de las lluvias como la primera semana en que se acumulan 20 mm o más en uno o dos días consecutivos, siempre que la probabilidad de obtener al menos 10 mm en la semana siguiente exceda a 70%.

Benoit (1977) lo define como la fecha a partir de la cual la lluvia acumulada excede la mitad de la evapotranspiración potencial (por pentada) para el resto de la estación, siempre que no haya un período seco de más de cinco días inmediatamente después de esta fecha.

Para Darnet et al (1983) la estación lluviosa se inicia cuando se acumulan 20 mm en un período de cinco días, siempre que no haya un período de diez o más días secos consecutivos que empiece en los cinco días siguientes.

El valor inicial de la precipitación a partir del cual se considera iniciado el período apto para cultivar, depende de las condiciones del lugar y del tipo de cultivo. La definición del "inicio de las lluvias" como criterio para definir la época de siembra, debe tomar en cuenta características del sitio, como capacidad de retención de humedad del suelo, la pendiente, así como el tipo de cultivo y la forma de manejo.

Idealmente los valores umbrales debían ser particulares para cada lugar. El uso de esos umbrales impone limitaciones cuando se trata de desarrollar métodos que puedan aplicarse a zonas extensas, donde la información básica sobre los suelos pueda ser escasa.

2.1.2. La canícula (veranillo)

La estación lluviosa que normalmente se extiende de mayo a mediados de noviembre, tiene un receso en los meses de julio y agosto que se conoce como veranillo. Este veranillo o canícula se define como un período anormalmente seco, lo suficientemente prolongado para que la falta de agua cause serios desequilibrios hidrológicos que agotan la humedad del suelo causando estrés en los cultivos, generalmente en sus períodos más susceptibles.

Este período puede durar desde unos pocos días hasta varias semanas, varía de un año a otro tanto en su fecha de aparición como en su duración. Esto hace que se haya convertido en un elemento de incertidumbre para los agricultores.

A estos períodos de disminución o falta de precipitación se les atribuye severas pérdidas en las cosechas. Dado el

escaso desarrollo del riego y lo oneroso de su implementación a gran escala, el primer paso para desarrollar una estrategia para disminuir los efectos de los veranillos consiste en la apropiada caracterización de los mismos (Radulovich, 1989).

La coincidencia de la floración de los cultivos con el período seco (canícula), constituye un riesgo para el rendimiento de los cultivos. El riesgo puede disminuirse manejando las fechas de siembra, de manera que el período de floración esperado no coincida con aquellas fechas en que es probable tener este período seco (Virmani, 1979).

Estos períodos pueden durar más de treinta días consecutivos y convertirse en verdaderas catástrofes para los agricultores. A su vez son favorecidos por la poca capacidad de retención de agua en el suelo y las altos valores de evapotranspiración potencial, aumentada por la intensa radiación y altas temperaturas (INSIVUMEH, 1985).

En la última década se han desarrollado métodos para evaluar el fenómeno de la canícula, desde el punto de vista agroclimático.

En Nicaragua, estudios de Rapidel y Rodríguez (1990) hacen énfasis en el período canicular y definen grandes zonas con indicadores de la intensidad de la canícula. Estos elementos han permitido referenciar la adecuación de los cultivos de acuerdo a las épocas de siembras.

Radulovich (1989), utilizando herramienta parecida a las de Rapidel y Rodríguez, evaluó este tipo de fenómeno utilizando el número de días con déficit hídrico. Este método consiste en un balance hídrico diario, derivado del modelo AQUA, el cual considera carestía de agua en la forma de días con déficit hídrico, únicamente después de que el reservorio

de agua disponible en el suelo ha sido agotado por la evapotranspiración.

Otros estudios son los realizados por Rojas (1988), utilizando el criterio $P < ETP/2$ (con períodos de cinco días). Aunque este método presenta un aporte para identificar este período, no considera la evolución de las reservas en agua del suelo.

Igual sucede con los estudios enmarcados en umbrales de precipitación, a partir de los cuales se infiere sobre las secuencias de días secos para caracterizar la canícula, que similar al caso anterior no considera la evolución de la reserva del suelo.

2.1.3. Final de la estación lluviosa

En el trópico seco de Centroamérica la finalización de la estación lluviosa se presenta generalmente en el mes de noviembre, en estas fechas los vientos son más fuertes desplazándose del norte, por lo que los sistemas de baja presión son empujados por masas de aire frío hacia el sur (INSIVUMEH, 1985).

En las zonas del Atlántico de Centroamérica las precipitaciones al final de la estación lluviosa sufren una disminución sensible pero no un retiro total, lo que beneficia a los cultivos de esas zonas, principalmente los perennes. Sin embargo, en las zonas del interior y del pacífico, las lluvias tienen una alta variabilidad en cuanto a su retiro, causa de los problemas por déficit de agua en los cultivos sembrados después del 15 de septiembre. En las

P = Precipitación

zonas secas este fenómeno es aún más riguroso, dada las características climáticas.

2.1.4. Las fechas de siembra

En las zonas secas donde ocurren sequía con frecuencia y donde las lluvias presentan alta irregularidad, los agricultores han desarrollado sistemas de cultivos que a su criterio pretenden prioritariamente superar o evitar estos problemas. Sin embargo, esto no ha sido posible, ya que es necesario identificar el riesgo que presentan los cultivos en determinada zona para definir medidas que permitan disminuir estos efectos.

Carmona y Radulovich (1988), consideran que las condiciones óptimas de las siembras iniciales son las siguientes: los cultivos deben contar con el agua necesaria para su germinación y debe haber seguidamente suficiente precipitación para asegurar el crecimiento posterior de los cultivos. Ellos consideran que debe caer una mínima precipitación antes de sembrar y debe existir una alta probabilidad de que esa mínima precipitación será seguida del inicio estable de las lluvias.

Esto significa que las siembras de la época de Primera deben realizarse cuando el suelo ha alcanzado un nivel de humedad que permita la germinación, así, las siembras deben realizarse con base en las lluvias que provean esa humedad.

Carmona y Radulovich (1988) utilizando un método de balance hídrico diario, derivado del modelo AQUA, definieron la fecha más temprana de siembra de los cultivos (arroz, maíz, etc) a través de días con déficit hídrico, los resultados indican que las grandes pérdidas que se atribuyen

a los veranillos son principalmente debidas a que las siembras se hacen con poca antelación, por ello los cultivos tradicionalmente enfrentan la escasez de agua en estadios poco desarrollados y susceptibles al déficit hídrico. Consideran que para determinar las fechas de siembra, se necesitan criterios, para aplicarlos como una alternativa a la solución de un problema poco tratado hasta ahora.

Maraux y Rapidel (1990), en trabajo sobre fechas de siembras, indican que para la definición de una estrategia acorde a los problemas reales de agricultura, es necesario la reinterpretación, el análisis y la integración de las estrategias de los campesinos en función de diversos factores (climáticos, suelos y técnico - económico, etc), para definir la estrategia mayoritaria de los agricultores en estas condiciones.

En Estelí se realizaron diversas caracterizaciones de los sistemas de cultivos, de las cuales se han identificado parámetros totalmente agronómicos. Así, el CATIE (1983, 1989) y MAG/CATIE/ACDI (1991), muestran que las siembras de primera se realizan a partir de la segunda quincena de mayo y las de postrera entre el 1 y el 20 de septiembre. Los criterios utilizados son las frecuencias en que los agricultores dicen sembrar en determinada fecha.

Para esta misma zona, y utilizando simulaciones de balance hídrico, el MIDINRA (1988) determinó que las fechas de siembra para la zona de Estelí, deben ser lo más temprano posible (a partir del 10 de mayo) con el objeto de aprovechar las primeras lluvias y no enfrentar el período seco de la canícula en fases que los cultivos son susceptibles al déficit hídrico (floración y llenado de grano).

2.2. Otros factores meteorológicos

Factores como la humedad relativa, temperatura, radiación solar y viento no fueron analizados como la precipitación por que son poco limitantes de la producción de esta región. Sin embargo, se utilizaron para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP).

III. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación geográfica

El estudio se realizó en el departamento de Estelí que es parte de la zona seca de la región interior de Nicaragua. Comprende los municipios de Estelí, La Trinidad, Pueblo Nuevo y San Juan de Limay. Abarca una superficie territorial de 2,173 km².

El departamento de Estelí presenta un paisaje de topografía accidentada, con relieve que va de ondulado a quebrado. El relieve comprende altitudes desde los 200 a 500 msnm en su parte occidental, de 500 a 1000 msnm en las estribaciones del macizo montañoso y más de 1000 msnm en dichos macizos (CATIE, 1983).

El área de interés del estudio es específicamente los municipios de Estelí, La Trinidad y Pueblo Nuevo, zonas de influencia del Proyecto MAG/CATIE/ACDI. Comprende un área de 1296 km² (CATIE, 1983), (Figura 1).

3.2. Clima

Según Moncada (1990) precipitación promedio anual varían de 750 a 1300 mm, los valores menores (de 750 a 800 mm), se presentan en Estelí, Pueblo Nuevo, La Trinidad, Somoto y Yalagüina.

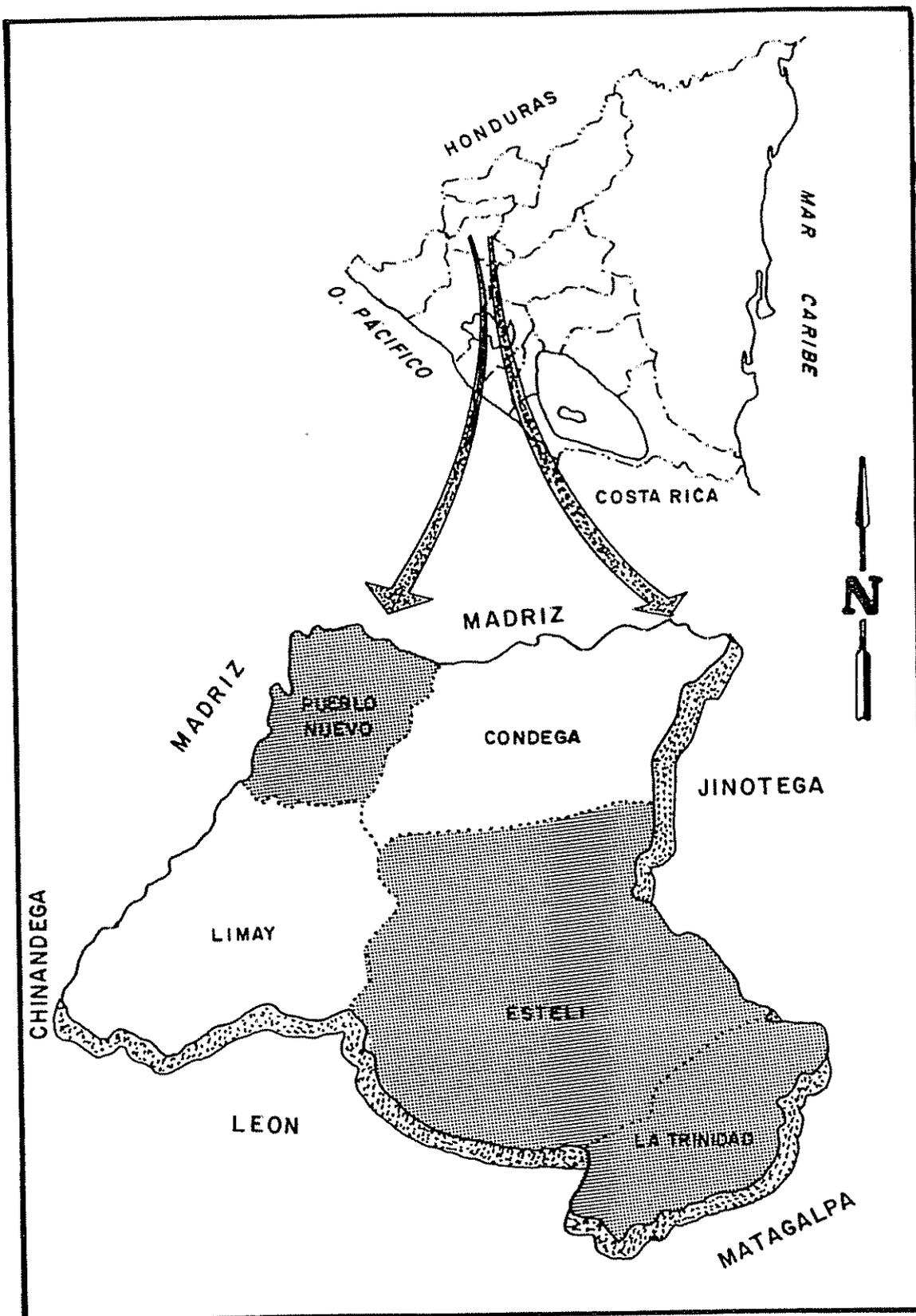


Fig. 1 Ubicación geográfica de los municipios de Estelí, Pueblo Nuevo y La Trinidad, departamento de Estelí, Nicaragua

El período lluvioso comprende desde mayo a octubre con alto riesgo de sequía, y un período seco de un mes entre Julio y Agosto conocido como canícula, el verano es muy seco (noviembre - abril) con graves problemas en la población y alimentación del ganado por la escasez de agua.

La temperatura media anual entre los 560 y 800 msnm es de 22 °C a 23 °C (Espinoza, 1990). INETER (1987) en estudios realizados indican que el gradiente altitudinal de la temperatura es de 0.67 °C por cada 100 m.

3.3. Suelos

CATIE (1984) agrupó los suelos del departamento de Esteli en cuatro categorías.

- Suelos profundos bien drenados: planos, de textura arcillosa, franco arcillosa y arcillosa, ubicados en los valles y mesetas con pendientes de hasta 15%.

- Suelos profundos mal drenados: de textura arcillosa, ubicados en los valles y planicies con pendientes no mayores al 8%.

- Suelos pocos profundos: de textura media a pesada, distribuidos uniformemente en todo el departamento, con pendiente de hasta 50%.

- Suelos muy pocos profundos: con profundidades menores a 30 cm, en pendientes mayores del 50%. Estos presentan severas limitaciones al trabajo por su pedregosidad y susceptibilidad a la erosión.

Lo antes indicado representa una discriminación importante para la agricultura de la zona. Sin embargo, no especifica con más detalle los aspectos de textura, profundidad y pendiente, por lo que se efectuó un estudio sobre esos aspectos para cada municipio (Figura 2).

A continuación se menciona la información obtenida.

Estelí

- Textura: las clases texturales predominantes son: arcilloso arenoso, arcillo limoso y arcilloso.

- Profundidad (cm): generalmente entre 40 y 60, y poco frecuente más de 90 cm.

- Pendiente (%): varía de 1.5 hasta de 75%, predominan los suelos con pendiente entre 30 y 50%.

Pueblo Nuevo

- Textura: las más predominantes son franco arenoso muy fina, franco limoso, limoso y arcilloso pesado con más del 60 % de arcilla.

- Profundidad (cm): predominan entre 60 y 90 cm poco frecuente entre 25 y 60, y más de 90 cm.

Pendiente (%): en la mayoría de la zona predominan los suelos con pendiente entre 30 y 75%, aunque existen algunas áreas con pendiente entre 1.5 y 4.

La Trinidad

- Textura: arcillo arenoso, arcillo-limoso y arcilloso.
- Profundidad (cm): predominan los suelos cuya profundidad oscila entre 60 y 90 cm.
- Pendiente (%): predominan los suelos con pendiente entre 30 y 75%.

3.4. La producción agrícola

La principal actividad agropecuaria en estos municipios es la agricultura, se caracteriza por la predominancia de los cultivos de granos básicos (maíz, frijol, sorgo y millón), manejados en monocultivos o en asociaciones y con diferentes combinaciones cronológicas y espaciales. Estos se siembran en la época de primera y postrera (MAG, 1990).

En estos municipios, las características biofísicas y climáticas condicionan en general un potencial agrícola relativamente reducido. Sin embargo, existen algunos pequeños valles aluviales e intramontañosos, con un relieve plano o ligeramente ondulado, con un potencial agrícola alto como son los valles de Pueblo Nuevo y Estelí (CATIE, 1989).

El CATIE (1983) determinó para el departamento de Estelí, que el mayor volumen de área y producción de maíz y

frijol se maneja en el municipio de Estelí, seguido de Pueblo Nuevo y Condega. El sorgo tiene predominancia en los municipios de Estelí, San Juan de Limay y La Trinidad.

El aporte que presenta la actividad agrícola del departamento de Estelí en la producción nacional se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Area y producción total por cultivo, en el departatamento de Estelí

Cultivo	Area (ha)	Producción (Tm)	Productividad (Tm/ha)	Aporte, producción nac. (%)
Maíz	8700	8500	1,0	4,3
Frijol	9900	7400	0,8	12,6
Sorgo	1100	1200	1,1	1,3

Fuente: Caracterización ambiental y los principales sistemas de cultivos en fincas pequeñas, Estelí-Nicaragua (CATIE, 1983)

Según este estudio la producción de granos básicos del departamento de Estelí recae sobre los sistemas de cultivos maíz y frijol como monocultivo, maíz - frijol en relevo, frijol y millón en asocio, maíz y millón en asocio y maíz y frijol en asocio. Sin embargo, los sistemas de cultivos responsables de la producción en toda la zona seca son: maíz (monocultivo), maíz y millón, maíz y frijol - frijol, sorgo y millón CATIE - PRONORTE (1989).

El cultivo de maíz es el más generalizado en el departamento de Estelí, recayendo el mayor peso en la siembra durante la época de Primera. Sin embargo, estadísticas del CIERA (1984) indican que la asociación maíz y frijol es la

más importante para la zona. Este sistema de siembra presenta ventajas y desventajas, dependiendo de la zona donde se establezca y de la intensidad del invierno. Es más frecuente en las zonas altas y con temperaturas adecuadas (Estelí, Condega y Pueblo Nuevo) y menos frecuente en las zonas bajas y calurosas como Limay, Somoto y Ocotal.

De las asociaciones de maíz, las más importantes en orden descendente son: maíz y frijol, maíz y millón. Esta última predomina en las áreas más secas de la zona, estableciéndose con énfasis en una faja territorial que cubre las zonas con relieves quebrados de Cusmapa, Limay y el extremo Suroeste de Estelí.

El cultivo de frijol, al igual que el maíz, es un componente importante de la dieta alimenticia. Además, es el principal producto para la venta, ocupando un lugar relevante como generador de ingresos para la familia campesina. Según el CIERA (1984) el 75% de los productores de la zona seca de Estelí siembran frijol en diversas cantidades y formas, con una amplia cobertura en todo el trópico de la región I. El sistema frijol - frijol predomina en las zonas de Estelí, Somoto, Ocotal, Pueblo Nuevo, Condega y San Juan de Limay.

Los sistemas de cultivos

Se presentan los sistemas de cultivos encontrados en la caracterización realizada por el proyecto MAG/CATIE/ACDI (1991) en seis municipios de la zona seca.

Para los municipios de Estelí, La Trinidad y Pueblo Nuevo los datos corresponden a 58 visitas a fincas e igual cantidad de productores entrevistados. Estas visitas fueron

distribuidas de la siguiente forma: 15 en Estelí, 21 en La Trinidad y 22 en Pueblo Nuevo.

a) Principales sistemas

En esta caracterización se encontraron 17 sistemas de cultivos, los más importantes por su frecuencia se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Principales sistemas de cultivo, frecuencias y % de agricultores que los utilizan, por municipio.

Sistemas	La Trinidad		Estelí		Pueb. Nuevo	
	Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Frijol-frijol (sucesión)	19	90,4	13	86,6	19	86,0
Maíz (monocultivo)	15	71,0	10	66,6	18	81,8
Frijol-sorgo (sucesión)	5	23,8	3	20,0	10	45,5
Maíz+millón (asocio)	6	28,6	7	46,6	1	4,6
Frijol+millón (asocio)	6	28,6	3	20,0	2	9,1
Maíz+frijol (asocio)	1	4,7	1	6,6	2	9,1
Millón (monocultivo)	3	14,3	-	-	-	-

Fuente: Proyecto MAG/CATIE/ACDI, Región I. Estelí, Mayo, 1991.

En la Figura 3 se muestra el arreglo cronológico de los sistemas de cultivos en los meses que comprende las siembras de primera y postrera.

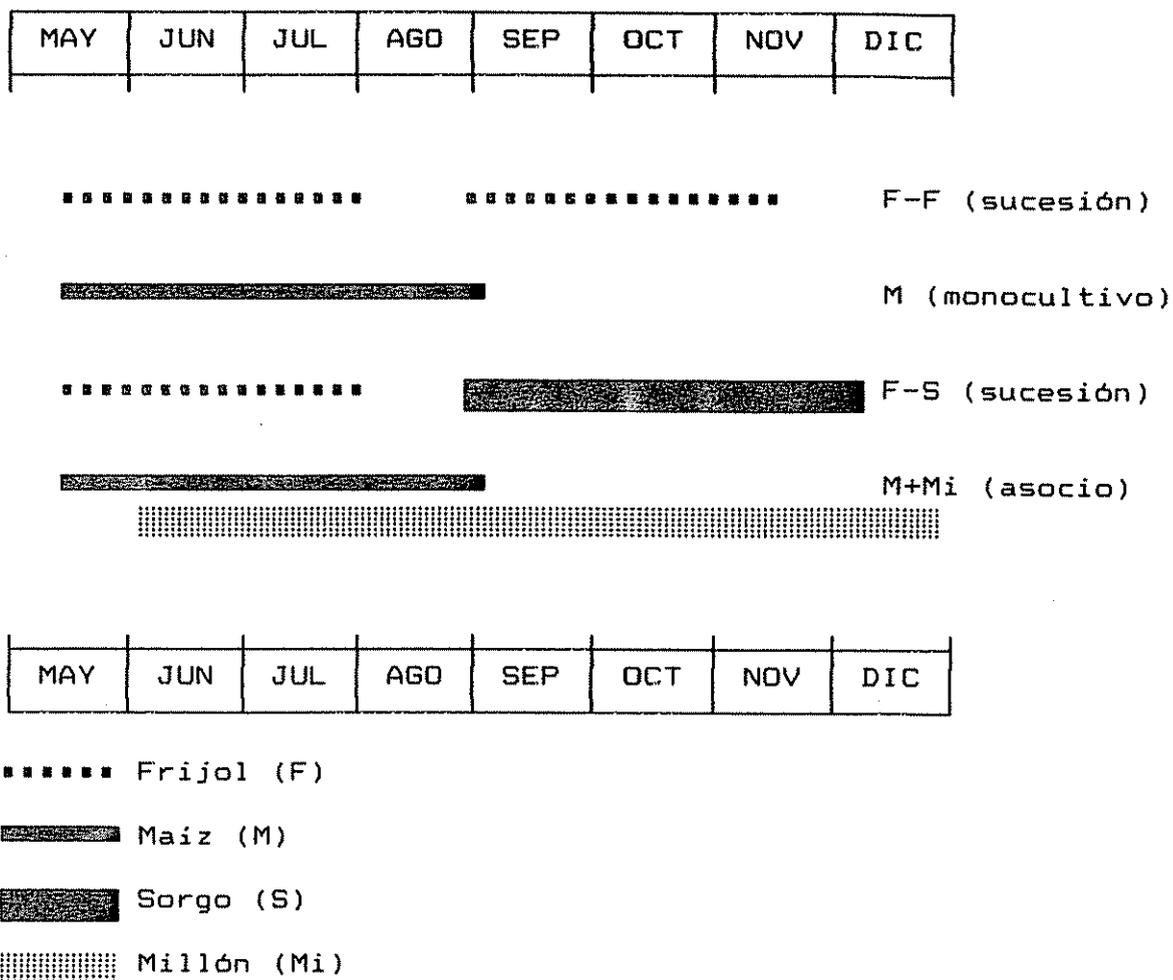


Figura 3. Arreglos cronológicos de los principales sistemas de cultivos de los municipios de Estelí, Pueblo Nuevo y La Trinidad.

Estos sistemas fueron los más importantes en la caracterización realizada por el proyecto CATIE - PRONORTE (1989).

- Frijol - frijol (sucesión): como monocultivo es practicado durante la época de primera y postrera. La práctica de este rubro durante la temporada lluviosa es

superior a la del maíz. Así se observa que el frijol sembrado en primera, es seguido de una segunda siembra en postrera.

- Maíz (monocultivo): es practicado en la época de primera, la cosecha tardía (octubre y diciembre), favorecen la infestación por insectos que dañan el grano.

- Frijol - sorgo (sucesión): consiste en el manejo del frijol en primera, similar al descrito para frijol - frijol en sucesión. La variante es la siembra de sorgo durante el ciclo de postrera. El propósito de este cultivo en la mayoría de los casos es doble, alimentación humana como sustituto del maíz y alimentación de aves, especies menores y ganado bovino.

- Maíz + millón: es común el uso de variedades criollas para ambos. El millón es un sorgo fotoperiódico de porte alto que florece en noviembre. Es usado como sustituto del maíz cuando éste no produce por efecto de la sequía. El grano también es muy utilizado para alimentación de especies menores.

El periodo de siembra de este sistema es similar al maíz monocultivo, pero existen diferentes formas de arreglos espaciales. La cosecha de maíz se realiza tarde, puede ser entre noviembre y enero y el millón durante el mes de enero.

El millón tiene otra ventaja: la producción de forraje denominado guate. La siembra para este fin se hace en postrera (setiembre - octubre), mediante el método de siembra al voleo. La densidad de población es alta y el porte de la planta se reduce, sin embargo, produce grandes cantidades de biomasa. La cosecha se realiza en enero.

En estos cultivos los rendimientos en general se consideran bajos (cuadro 3). Para el frijol en sucesión o

asocio con otro cultivo los valores varían de 200 kg/ha a 700 kg/ha, a excepción de algunas microzonas altas de Estelí (Santa Cruz) que producen entre 1000 y 1300 kg/ha. El sistema maíz, presenta mayores rendimientos como monocultivo (2000 a 2500 kg/ha) los cuales aún son bajos.

Cuadro 3. Rendimientos promedios de los diferentes cultivos y sistemas de cultivo en los tres municipios (kg/ha).

SISTEMAS	LA TRINIDAD	ESTELI	PUEBLO NUEVO
Frijol-frijol (sucesión)	600	1200	800
Maíz (monocultivo)	1600	2500	2100
Frijol-sorgo (sucesión)	500+1600	800+1600	700+1300
Maíz+millón (asocio)	1300+1900	1500+1800	-
Frijol+millón (sucesión)	500+1600	1000+1600	600+1300
Maíz+frijol (asocio)	1300+ 600	-	-
Millón (monocultivo)	1300	-	1300

Fuente: Proyecto MAG/CATIE/ACDI, Región I. Estelí, Mayo, 1991.

b) Ciclo vegetativo de los cultivos

Para los cultivos antes descritos la duración del ciclo vegetativo de las principales variedades utilizadas son:

- Maíz mejorado: entre 90 y 120 días
- Maíz criollo: entre 70 y 90 días
- Sorgo mejorado: entre 90 y 110 días
- Frijol mejorado: 75 días
- Frijol criollo: entre 50 y 60 días

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

Los principales materiales utilizados en el estudio fueron: fotomapas y mapas de Estelí a escala 1:20,000, formularios para encuesta, formatos de recolección de información climática, herramientas agroclimáticas como el modelo de balance hídrico AQUA, AGROCLIM, y paquetes de computación como LOTUS, WORD5 y HARVARD GRAPHICS.

4.2. Métodos

La metodología que se describe a continuación se basó en dos caracterizaciones: 1) los agricultores con relación a la decisión de las siembras. 2) la estación lluviosa del departamento de Estelí. Con base en ambos aspectos se analizaron elementos que explican, por un lado el efecto del clima (principalmente las lluvias) sobre los cultivos maíz, frijol y sorgo, y por otro las estrategias utilizadas por los agricultores para enfrentarlos. De estos, se plantea una estrategia que permite disminuir el riesgo que enfrentan los cultivos establecidos durante la estación lluviosa.

Los pasos metodológicos fueron los siguientes.

4.2.1. Recolección de datos

En este trabajo se recolectaron tres conjuntos de datos: agronómicos, climáticos y edáficos.

a) Datos Agronómicos

Selección de las unidades de producción

Las unidades de producción están ubicadas en el área de influencia del proyecto MAG/CATIE/ACDI. Inicialmente se pretendía cubrir todas las comunidades de los tres municipios de acuerdo al número de unidades de producción, sin embargo, no fue posible debido a los conflictos de guerra imperantes en la zona. En forma general, los criterios de utilizados para la selección de las fincas fueron:

- Representatividad de la agricultura de la zona.
- Interés del proyecto MAG/CATIE/ACDI.

Datos de las unidades de producción.

Esta información fue utilizada para caracterizar a los agricultores con respecto a la decisión de cuando sembrar y además permitió identificar los datos necesarios para el estudio.

Los datos obtenidos fueron: fechas de siembra para las épocas de primera y postrera, diferentes factores considerados por los agricultores en la decisión de cuando sembrar (lluvia, crédito, mano de obra, disponibilidad de recursos, asistencia técnica y otros). Esta información fue recolectada a través de encuestas y entrevistas aplicadas a los agricultores seleccionados por el proyecto MAG/CATIE/ACDI (Encuesta, Anexo A).

En total se encuestaron cuarenta agricultores ubicados en los municipios de Estelí, Pueblo Nuevo y La Trinidad. Para

obtener una mayor representatividad de la agricultura fueron incluidas doce fincas que no están siendo afectadas por el mencionado proyecto.

b) Definición de las herramientas utilizadas

Una vez identificada la problemática mediante la información obtenida de las unidades de producción de los agricultores, el siguiente paso consistió en identificar las herramientas necesarias para desarrollar el trabajo. Así fueron seleccionadas las siguientes: Paquete AGROCLIM, LOTUS 123 y el modelo de balance hídrico AQUA. Estos se describen brevemente en el anexo B.

c) Datos específicos de maíz, frijol y sorgo

Estos datos se utilizaron para alimentar el modelo de balance hídrico AQUA, y corresponden a coeficientes de cultivos (kc) por péntada, profundidad radical en cm (PR), fases de desarrollo en días (FD) y coeficientes de aprovechamiento de agua (CA), para cada etapa de desarrollo del cultivo, MAG (1987); Radulovich (1987) (Anexo C).

d) Datos climáticos

Los datos obtenidos fueron: precipitación diaria (mm), temperatura (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s) y brillo solar (horas de sol) por década. Esta información se obtuvo del Instituto Nicaragüense de Estudios

Territoriales (INETER) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Estos datos corresponden a 10 estaciones del departamento de Estelí (Anexo D-1). De éstas, tres son estaciones meteorológicas y siete son pluviométricas. El área de estudio presenta dos estaciones con información climática completa y seis con precipitación. Los otros observatorios meteorológicos están ubicadas en áreas no consideradas en el estudio (anexo D-10, figura de ubicación de las estaciones).

e) Datos edáficos

Se obtuvieron datos de: textura, profundidad y pendiente de los suelos de la zona de estudio, gracias a la colaboración de la Dirección Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (DIRENA) y del MAG.

Una vez obtenida la información sobre profundidad y textura de suelo se procedió a calcular la reserva útil (RU), parámetro utilizado para alimentar el modelo de balance hídrico AQUA (Anexo D-11) Salinas (1992). Esta información también se utilizó para elaborar un mapa con la información edáfica para toda la zona, mediante la siguiente secuencia:

- Identificación de zonas homogéneas de pendiente, textura y profundidad de los suelos en fotomapas (Esc: 1:20,000).
- Transcripción de cada mapa por separado
- Generación de un solo mapa de la zona (sobreposiciones).

4.2.2. Organización de una base de datos meteorológicos del departamento de Estelí.

a) Base de datos meteorológicos

Se elaboró una base de datos meteorológicos que consta de tres tipos de información y fue elaborada mediante el siguiente procedimiento:

- Revisión de la información antes de grabarla.
- Grabación de los datos con el sub-paquete DATOS de AGROCLIM y LOTUS 123.

- **De lluvia:** contiene información proveniente de diez estaciones (tres meteorológicas y siete pluviométricas, con 10 años de registros como mínimo).

- **De temperatura, humedad relativa, viento y brillo solar:** proceden de tres estaciones meteorológicas, con 10 años de registros (Anexo D-3, 4 y 5).

- **De evapotranspiración potencial (ETP-Penman):** fue calculada mediante el subpaquete ETP de AGROCLIM, el cual permite hacerlo a nivel diario, decadal o mensual (Anexo D-2). En este caso se cálculo en forma decalaria utilizando la información de las tres estaciones meteorológicas que tenían información de temperatura, humedad relativa, viento y brillo solar que son variables indispensables para calcular la ETP por el método de Penman que es el utilizado por el paquete informático mencionado. También se obtuvieron datos de ETP para las estaciones de Santa Cruz, Limay y Pueblo Nuevo (Salinas, 1991).

4.2.3. Caracterización de la estación lluviosa del departamento de Estelí.

Para esta caracterización se usó la información proveniente de seis estaciones: Estelí, Condega, Santa Cruz, San Isidro (La Trinidad), San Juan de Limay y San Lucas (Pueblo Nuevo).

La herramienta utilizada es un método de balance hídrico diario, derivado del modelo AQUA, el cual considera carestía de agua en la forma de días con déficit hídrico (DH), únicamente después de que el reservorio de agua disponible en el suelo se ha agotado por la evapotranspiración (Radulovich, 1987).

La metodología de cálculo seguida por el modelo AQUA representa una ecuación de continuidad, que utiliza la precipitación diaria como entrada, la ETP o ETC (evapotranspiración de cultivo) diaria obtenida a partir de valores decadales como salida, y el agua disponible en el suelo para el cultivo (ADC) como un tanque de almacenamiento.

El criterio de análisis fue el número de días con DH generado en simulaciones del modelo AQUA para un cultivo de referencia (grama). De acuerdo a este modelo un día con déficit hídrico es aquel en que $ADC \leq 0$, el cual se alcanza cuando ADC proveniente del día anterior y la precipitación de ese día no satisfacen la evapotranspiración del cultivo (Radulovich, 1987).

a) Parámetros utilizados en la caracterización

- Con el fin de simplificar, ya que se pretende aquí únicamente caracterizar la estación lluviosa, se utilizó como cultivo de referencia la grama, de lo contrario sería necesario estudiar el comportamiento del número de días con DH para cada cultivo que se quiera sembrar en la zona.

- La cantidad de agua disponible, (diferencia entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) para el cultivo de referencia fue de 90 mm, obtenido de los datos edáficos. Este valor fue modificado por un coeficiente de agotamiento (CA), el cual expresa el agua que el cultivo puede extraer antes de sufrir déficit hídrico. Para esta evaluación el CA fue de 50%, el cual según Radulovich (1987) es conservador y representa un cultivo recién establecido.

- Con el propósito de realizar un evaluación comparativa de esta caracterización entre las estaciones, se utilizó un valor fijo de 30 cm de profundidad de la raíces (PR) del cultivo de referencia. Se considera que esta PR es la mínima que debe usarse para la caracterización de cultivos recién establecidos (Radulovich, 1987).

Con los datos anteriores, el modelo AQUA redefine el agua disponible al cultivo de referencia, y lo calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ADC = AD * CA * PR$$

$$ADC = 90 \text{ mm/m} * 0.5 * 0.30\text{m} = 13 \text{ mm}$$

- La ETP utilizada en este estudio fue modificada por un coeficiente de cultivo (K_c) con valor 1. De manera que, $ETP = ETC$ (evapotranspiración de cultivo). Esta es una medida de seguridad en la caracterización de las lluvias que acrecienta el consumo de agua, ya que durante estadios tempranos de desarrollo de un cultivo la $ETC < ETP$ (Doorenbos et al, 1984).

b) Criterios utilizados en la caracterización

Inicio de la estación lluviosa

El aprovechamiento de las primeras lluvias de la estación lluviosa depende de las condiciones del sitio. Dado que la siembra puede efectuarse cuando el suelo ha alcanzado un nivel de humedad que permita la germinación, la definición del inicio de la estación lluviosa puede hacerse con base en las condiciones que proporcionen esa humedad.

Ante la complejidad de definir el inicio de las lluvias, ha sido necesario estudiar diversos criterios con el objetivo de seleccionar el que mejor represente la opción adecuada para el éxito de los cultivos de secano.

El comienzo de las lluvias se ha definido como la fecha después de la cual una siembra puede establecerse sin que tenga déficit hídrico. Este concepto integra dos aspectos básicos, la cantidad de lluvia caída a esa fecha (en relación con las necesidades de agua del cultivo), y la continuidad de las precipitaciones (Rapidel y Rodríguez, 1990).

Proceso usado en la definición del inicio de las lluvias

- Se simula el balance hídrico del cultivo de referencia (grama) con valores de coeficientes de cultivo de 1 para todo el periodo lluvioso.

- Se analiza el número de días con DH para la grama durante el mes de mayo. La entrada de las lluvias es la primera fecha de mayo a partir de la cual el balance hídrico del cultivo de referencia presenta ocho días consecutivos sin DH. Además, se consideró para algunos años dos días con DH como máximo, dentro de los ocho días sin DH que determinan el inicio de las lluvias para un año determinado.

De acuerdo al criterio anterior, para una estación determinada, el inicio de la estación lluviosa es la fecha en que las lluvias iniciaron en más del 50% de los años analizados de los datos históricos (figura 5).

La canícula

La caracterización de este fenómeno también se realizó a través de simulaciones de balance hídrico. La definición de ocurrencia de Canícula se hizo con el mismo principio de la entrada de las lluvias, es decir que ocurre, si para un año determinado ocurren diez días consecutivos con DH entre el 1 de julio y el 15 de agosto.

Para el análisis se definió "porcentaje de ocurrencia", es decir el número años en que se presentó de acuerdo al registro histórico de los datos (figura 9). El análisis fue similar al del inicio de las lluvias.

Final de la estación lluviosa

Esta se define de manera similar a la utilizada para el inicio de las lluvias.

La salida de las lluvias es la primera fecha de octubre o noviembre que trae consigo el fin del abastecimiento hídrico de los cultivos sembrados en postrera, lo cual provoca que las reservas de los suelos dejen de satisfacer las necesidades hídricas de las plantas, impidiendo así que alcancen el desarrollo normal.

Mediante el uso de simulaciones de balance hídrico se determinó que, para un año cualquiera, la estación lluviosa finaliza en la primera fecha de octubre o noviembre a partir de la cual el balance hídrico del cultivo de referencia presenta más de 10 días con déficit hídrico.

La finalización de la época lluviosa en una estación determinada es la fecha después de la cual esta situación ocurre en más del 50% de los años por ejemplo figuras 11 y 12.

Irregularidad de las lluvias

El criterio de análisis utilizado es la probabilidad de ocurrencia de un período seco que puede provocar déficit hídrico en la fase vegetativa del cultivo.

Para esto se escogieron dos períodos:

- Entre el 15 de mayo y el 15 de julio (primera)
- Entre el 1 de setiembre y el 30 de octubre (postrera).

Para cada periodo de 15 días se obtuvo la probabilidad de ocurrencia de 1 ó 2 periodos de 5 días consecutivos con menos de 2 mm para cada año de registro.

El análisis consistió en dividir el número de veces en que ocurrieron 1 ó 2 periodos con días secos sobre el total de años de registros para cada 15 días. Posteriormente se integraron, para obtener un solo periodo que contenga a los dos. Este análisis se hizo previendo que los cultivos, además de sufrir por DH durante la canícula o la salida de las lluvias, también pueden presentar problemas de falta de agua, previo a estas fases (figuras 7, 8 y 11).

Precipitaciones medias

Con el propósito de detallar aún más la caracterización de cada una de las épocas de siembra en el departamento de Estelí, fue necesario precisar las cantidades de lluvia durante estas épocas, para establecer así comparaciones entre las estaciones de la zona.

El criterio de análisis utilizado fue el promedio de las cantidades de lluvia acumulada durante el ciclo considerado.

- Para la época de primera se calculó el promedio interanual del 1 de mayo al 15 de julio (figura 6).

- Para la postrera entre el 16 de agosto y el 15 de noviembre (figura 10).

4.2.4. Caracterización de los agricultores en relación con las siembras de maíz, frijol y sorgo.

Las herramientas utilizadas fueron la encuesta y el modelo AQUA. La primera se aplicó a las fincas de los agricultores seleccionados por el proyecto CATIE/MAG/ACDI, con el propósito de identificar los criterios y factores que consideran al decidir su siembra. La segunda sirvió para analizar los criterios de siembra utilizados por los agricultores mediante simulaciones de balance hídrico.

a) Identificación de los criterios utilizados por los agricultores en la decisión de las siembras

En la agricultura de secano los factores más importantes que determinan la decisión de las siembras son:

- el clima, principalmente la precipitación.
- la experiencia (prácticas usadas por los agricultores y técnicas a través del tiempo).
- los recursos (disponibilidad en la unidad de producción).

El análisis de las encuestas, que permitió identificar la importancia de estos criterios, se basó en la frecuencia con que los agricultores utilizan determinado factor al decidir las siembras de sus cultivos. Los porcentajes de mayor frecuencia para las unidades de producción en cada municipio fueron usados para buscar una explicación lógica que permitiera entender las estrategias del agricultor, máxime que se trata de conocer y retomar los aspectos más

importantes considerados antes de las siembras. El muestreo realizado se hizo para todo el área, debido a la poca variabilidad entre los criterios de decisión de las siembras de los agricultores en los tres municipios, encontrado en un muestreo preliminar.

b) Análisis de los criterios

Identificados los criterios, se hizo un análisis para evaluar el comportamiento de los cultivos maíz, frijol y sorgo en las épocas de primera y postrera, mediante simulaciones de balance hídricos generados por el modelo AQUA.

Previo al análisis se definieron los siguientes aspectos:

- Selección de la fase de análisis de los cultivos maíz, frijol y sorgo.

Con base en estudios realizados por varios autores, la fase de análisis utilizada fue la floración.

Volodarskij y Zinevic (1970) citados por Salter y Goode (1975) indican que el período crítico del maíz es durante la fase de prefloración y floración. Esto es corroborado por otros autores Muñoz (1977) y FAO (1986).

Para el cultivo de sorgo, estudios realizado por la FAO (1986) y el CIMMYT (1987) indican que la floración es la fase crítica a las necesidades hídricas.

Tapia (1989) y FAO (1986) muestran claramente la alta sensibilidad del cultivo de frijol al déficit hídrico durante la floración.

La fase de floración tienen una duración de 15 días para el frijol, 20 días para el maíz y el sorgo (CIMMYT (1986), FAO (1986) y TAPIA (1989)).

- Número de días con DH en la floración del maíz, frijol y sorgo.

La decisión de estudiar el número de días con DH obedece a criterios prácticos. En las condiciones de la zona, donde no se conoce el rendimiento potencial de los cultivos y los datos de rendimientos carecen de veracidad, el número de días con DH es un fundamento para el planificador, el técnico o el agricultor para entender el grado de riesgo que presentan determinadas prácticas de siembra. Además permite disponer de un criterio fácil de razonar, para entender las consecuencias que tiene su decisión en los cultivos.

Es importante entender por ejemplo: "Que significan 10 días con DH para el rendimiento del maíz". Para este estudio lo más importante es señalar que dada la duración de la floración del cultivo, 10 días con DH, es un indicador que el cultivo tuvo serias limitaciones de agua y que los rendimientos serán fuertemente afectados. Si un agricultor entiende por qué ocurre este fenómeno, puede comprender los factores que tiene que considerar para reducir el número de días con DH del cultivo en su unidad de producción.

Además, para un cultivo, este indicador permite comparar las estaciones entre si, fechas de siembras, número de días

con déficit hídrico, lo cual permiten determinar zonas con mayor limitación hídrica en relación a otras.

- El análisis se basó en el número de días con DH, obtenido mediante simulaciones de balance hídrico (de cada cultivo), usándo los criterios de los agricultores y para todos los años de registro de cada estación.

- Los datos de días con DH fueron ordenados (de mayor a menor) para identificar la mediana, usada posteriormente como indicador de la probabilidad de ocurrencia de días con DH en los cultivos para ese conjunto de registros.

Los datos de cultivos, suelo y clima utilizados en las simulaciones del balance hídrico se explican en la primera fase y aparecen en el Anexo D.

4.2.5. Propuesta de una metodología para definir la estrategia de siembra.

En la agricultura tradicional las decisiones del agricultor no siempre representan la mejor opción para el manejo de los cultivos. Sin embargo, constituye la alternativa que de acuerdo a sus criterios le permiten adecuarse a las circunstancias que le imponen los factores climáticos, edáficos y socioeconómicos. Para este estudio, y por la influencia que tiene en la agricultura de secano, se considero el clima (la lluvia) como el factor de mayor importancia en las decisiones de los agricultores.

Cuando se evalúan los criterios que definen las estrategias utilizadas por el agricultor en las siembras de sus cultivos, es posible identificar el riesgo que han

enfrentado en las zonas de estudio y lo adecuado que han resultado en la agricultura de secano.

Con base en la evidencia antes mencionada, se estableció la necesidad de proponer una alternativa para mejorar las estrategias del agricultor, si es el caso. Esta alternativa, sin embargo, no altera la facilidad de manejo de los sistemas debido a que se enmarca dentro de la experiencia lograda por el agricultor en la zona.

a) Fundamentos de la propuesta

Análisis de años con sequía severa.

En la agricultura tradicional, las estrategias de los agricultores dependen de los criterios que estos han definidos para la decisión de cuando sembrar. En este caso, el uso de una, dos y tres lluvias determinan la fecha en que los cultivos serán sembrados, y por consiguiente el grado de déficit hídrico que los cultivos enfrentan en la floración durante la sequía provocada por la canícula.

Los resultados de estos criterios se pueden enfocar de dos puntos de vistas:

- Años con regularidad en las lluvias (no registran sequía severa), en este caso los criterios de una, dos y tres lluvias presentan resultados favorables, lo cual no tiene importancia en el déficit hídrico en los cultivos.

- En años en que las lluvias presentan sequía severa, los tres criterios presentan resultados diferentes. El grado de afectación de los cultivos depende de la fecha de siembra.

Con base en lo antes descrito, se propone enfocar esta metodología para buscar una propuesta en base a los años con estas características, con el propósito posterior de validarla en el conjunto de años de cada estación, de manera que permita formular una estrategia de siembra con criterios que enfoquen todas las situaciones posibles que los agricultores pueden enfrentar en la zona de estudio.

Procedimiento de análisis:

- Se seleccionó los años con mayor déficit de lluvia, mediante una revisión minuciosa de los registros de cada estación.
- Se realizaron simulaciones de balance hídrico para cada cultivo y año seleccionado. Las fechas de siembra utilizadas fueron las pñtadas del mes de mayo (cada cinco días).
- Se analizaron los resultados de cada simulación para cada año y fecha, se obtuvo el número de días con DH en la floración de los cultivos. A partir de estos, se definieron períodos de siembra, considerando la regularidad de las lluvias y la minimización de los días con DH en los cultivos, con el objetivo de seleccionar el período que presentará el menor riesgo para los cultivos, aún en años con sequía severa.
- La selección de la estrategia para los años con sequía severa se basó en la ocurrencia de días con déficit hídrico en la floración de los cultivos y la seguridad de su establecimiento después de la siembra, a la vez se formularon criterios con los inconvenientes posibles.

b) Propuesta de la estrategia de siembra

Generalmente las propuestas sobre la agricultura de secano, no son adoptadas por el agricultor, debido a que están supeditadas a elementos más teóricos que prácticos, lo que las hacen más costosas y poco aplicables a las condiciones del agricultor.

La presente propuesta se fundamenta en prácticas de siembra y las decisiones de los agricultores con respecto a sus cultivos. Esto no garantiza la utilidad o adopción de la propuesta, sin embargo, proporciona suficientes elementos al planificador, técnico o agricultor en la toma de decisión de las siembras desde el punto de vista agroclimático.

Los criterios para la estrategia de siembra propuesta por época son:

Epoca de primera

- Definir un ámbito de fechas de siembra que presente menor riesgo al agricultor cuando establece sus cultivos, y que permita aprovechar mejor el recurso agua, considerando cada uno de los inconvenientes para este ámbito.

- Definición de la cantidad de agua que debe almacenar el suelo para que el agricultor establezca sus cultivos. Se trata entonces de cuantas lluvias debe esperar para sembrar.

Validación de la propuesta

El análisis que permitió validar esta propuesta se hizo a partir de simulaciones de balance hídrico del modelo AQUA, utilizando los criterios antes descrito sobre el conjunto de años de cada estación.

Se obtuvieron los días con DH para cada cultivo y estación y se estableció el grado de afectación de acuerdo al número de días con DH.

Posteriormente y de acuerdo al grado de afectación, se agruparon por año los días con DH para cada cultivo. Luego se identificó el número de años que el agricultor puede perder o ganar.

Esto se relacionó con los resultados obtenidos en el análisis de los criterios de los agricultores, con el objetivo de mostrar la factibilidad de la propuesta con respecto a las otras.

Epoca de postrera

- Definición de un ambito de fechas para la siembra de postrera, planteando criterios que consideren las estrategias de siembra de primera y la salida de las lluvias, de modo que permitan fundamentar una fecha límite a partir de la cual no se debe sembrar.

Validación de la propuesta

Para ello se realizaron simulaciones de balance hídrico sobre el conjunto de años de cada estación utilizando el mmodelo AQUA. Los cultivos que predominan en esta época

son sorgo y frijol, las fechas utilizadas fueron del 21 de agosto hasta el 26 de setiembre (por péntada).

Se analizaron los días con DH para cada fecha, y se seleccionó para cada año una fecha tope, la cual permitió de manera general identificar en que rango de fecha el agricultor debe sembrar sus cultivos con el mínimo riesgo de perder, se consideraron los criterios de poco afectado, medianamente afectado y severamente afectado, determinados mediante un rango de días con déficit hídrico.

Este análisis permitió definir la fecha límite de siembra de los cultivos frijol y sorgo durante la época de postrera.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Caracterización de la estación lluviosa del departamento de Estelí.

La estación lluviosa de Estelí normalmente se extiende de mayo a mediados de noviembre. Presenta un período intermedio seco conocido como "Canícula" y comprende las dos épocas de siembras, primera y postrera (figura 4).

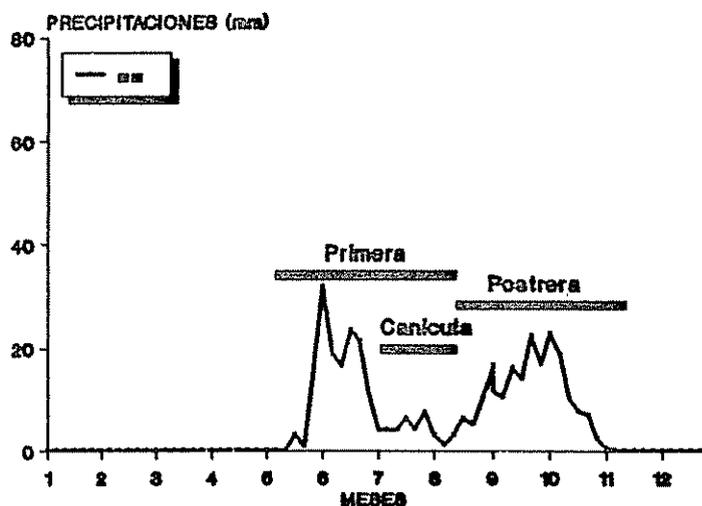


Figura 4. Precipitación con un 50% de probabilidad, y las épocas de siembras de la estación de Estelí.

El análisis de la precipitación permite explicar el efecto del agua de las lluvias sobre los cultivos, así como su distribución espacial y temporal, para identificar la periodicidad e intensidad con que se abastece de agua el suelo. Además, permite adecuar las fechas de siembra y el riesgo de sequía que los cultivos enfrentan durante su ciclo de desarrollo.

La caracterización se realizó con base en tres periodos de importancia para la agricultura: las épocas de siembras primera, postrera y la canícula.

5.1.1. Época de primera

Representa la primera fase de la estación lluviosa y se extiende de mayo hasta el 15 de agosto.

La "época de primera" se define como una estrategia respecto a siembras y variedades, donde el agricultor ubica todo el ciclo del cultivo en la primera fase de la estación lluviosa, en la cual se inician las actividades agrícolas (MAG, 1989).

a) Inicio de la estación lluviosa

En la figura 5 se presenta la distribución de las fechas del inicio de la estación lluviosa. En general las lluvias comienzan a partir del 16 de mayo, excepto el área que representan las estaciones de San Juan de Limay y Nacascolo (occidente de Estelí) donde inician a partir del 10 de mayo.

Rapidel y Rodríguez (1990), atribuyen la ocurrencia de las primeras lluvias de Nicaragua a dos orígenes distintos:

- En la zona Atlántica, las lluvias siempre provienen del Caribe, lo que explica que las fechas se atrasan a medida que las lluvias entran desde el Atlántico hacia el centro del país.

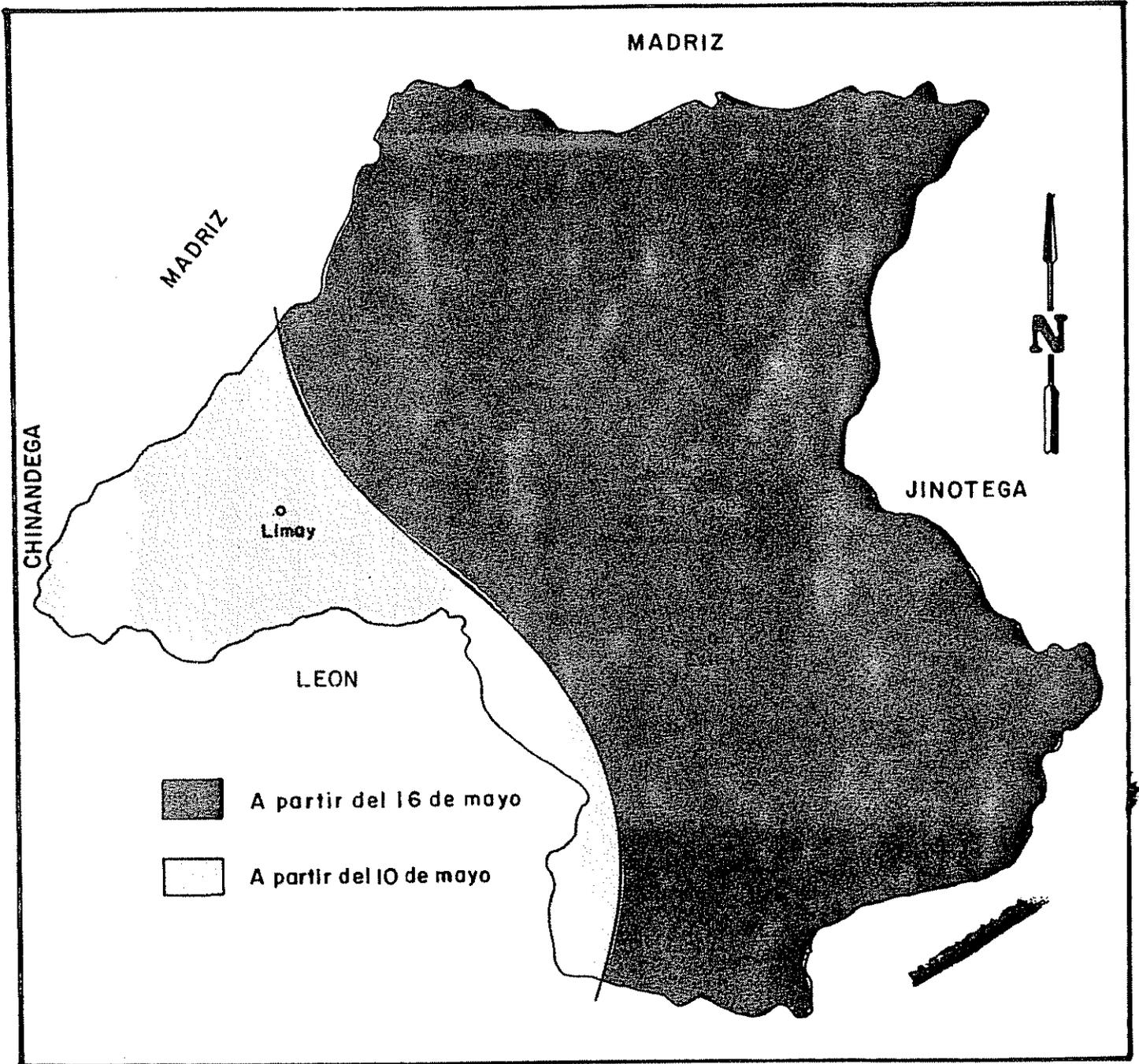


Figura 5 Inicio de la estación lluviosa, época de primera

- En el Pacífico, las lluvias provienen del Caribe y del Pacífico. Esto explica la entrada más temprana en las zonas más al occidente de Estelí como se observa en la figura.

b) Precipitación media de la primera

Se consideran cuatro clases de lluvia de acuerdo a la cantidad de la mismas: más de 800, entre 600 y 800, entre 400 y 600 y menos 400 mm.

En la Figura 6 se destacan cuatro zonas que caracterizan el potencial agrícola de las mismas, de acuerdo a la cantidad de lluvia caída.

Zona 1: presenta precipitaciones menores a 400 mm. Esta cantidad es relativamente escasa, con la cual aún planificando su uso, apenas permitiría el desarrollo de los cultivos. Esta zona presenta los menores volúmenes de lluvia del departamento de Estelí (en esta época).

Zona 2: la precipitación varía entre 400 y 600 mm. Estas cantidades representan una limitante importante para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, y el éxito de cubrir sus requerimientos hídricos depende de la fecha de siembra inicial, de lo contrario siempre se presentarán problemas por falta de agua durante el periodo de la canícula.

Zona 3: entre 600 y 800 mm, comprende una las zonas con los mayores volúmenes de precipitación, en este caso los cultivos normalmente no tienen problemas con respecto a las

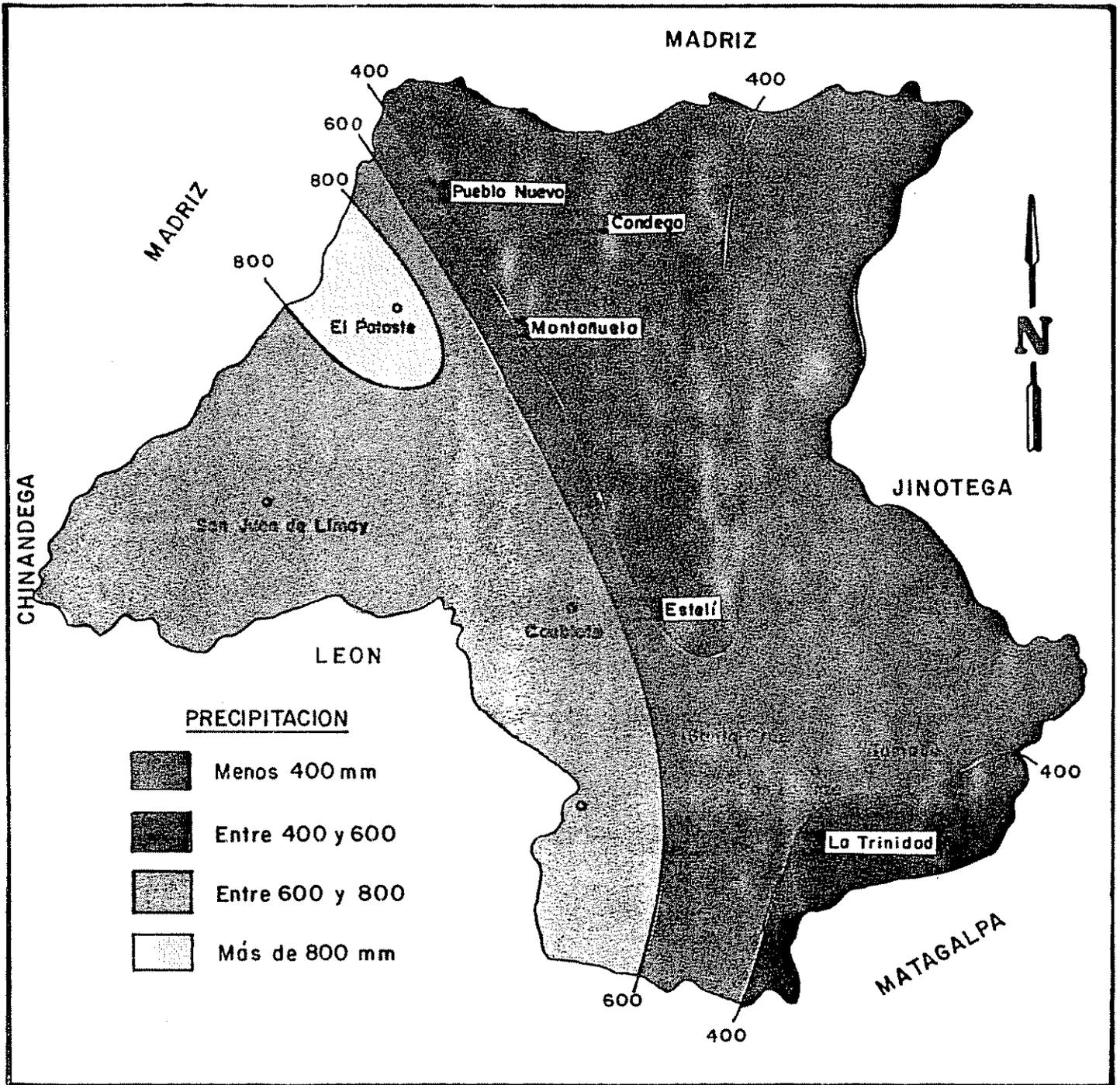


Figura 6. Precipitación en la época de primera

cantidades acumuladas. Sin embargo, no se puede obviar que en estas zonas las lluvias se caracterizan más por la irregularidad que por las cantidades caídas. El municipio que presenta mayor área de esta zona es San Juan de Limay, y en menor cantidad La Trinidad y Estelí.

Zona 4. con más de 800 mm representa la zona más humedad del departamento de Estelí, el cultivo que predomina es el café. Las áreas de siembras de granos básicos en esta zona son pocas.

c) Irregularidad de las precipitaciones

Los resultados de este análisis muestran que la tendencia y ocurrencia de diez días consecutivos con menos de 2 mm (secos), presenta un comportamiento desde dos punto de vista: por un lado una constancia de ocurrencia de este período en las estaciones de San Isidro, Limay y Estelí (Figura 7) y por otro Condega, Santa Cruz y Pueblo Nuevo presentan mayor ocurrencia al inicio y al final del período considerado, a inicio de la canícula (Figura 8).

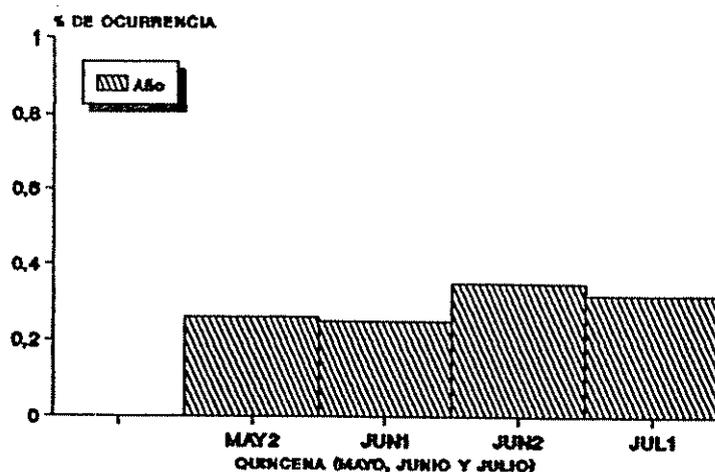


Figura. 7. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos, Limay .

La ocurrencia de estos periodos secos limita la satisfacción hídrica, lo cual es un riesgo previo al inicio de la sequía provocada por la canícula.

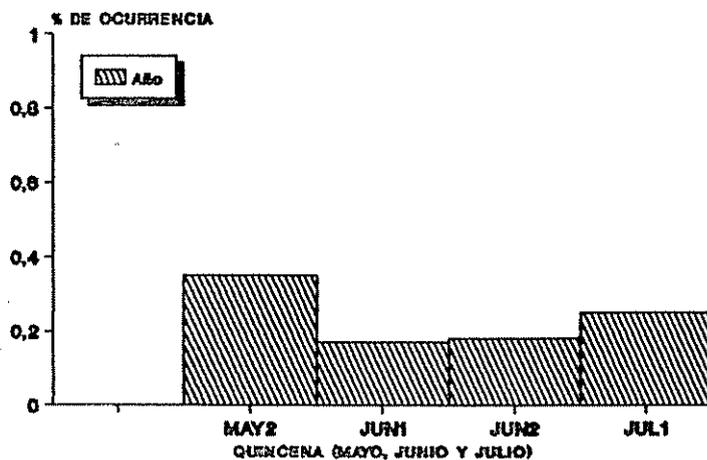


Figura 8. Ocurrencia de 10 días consecutivos secos, Sta Cruz

Las irregularidades de la estación lluviosa durante la época de primera, junto con la canícula son las principales causas de los bajos rendimientos en los cultivos sembrados en esta época. En el anexo D-6, aparecen el resto de las estaciones.

5.1.2. La canícula

En la agricultura de secano esta disminución de las lluvias presenta dos aspectos importantes:

- Facilita la cosecha de los cultivos de primera y además la preparación de los suelos para la siembra de postrera.
- Es la fase que registra los mayores efectos en los cultivos debido a la coincidencia de la floración o llenado de grano con la disminución de las precipitaciones (MAG, 1989).

En este caso la importancia de la canícula depende desde el punto de vista de provocar un déficit en el recurso hídrico en los cultivos establecidos previo a este periodo.

El efecto de la canícula sobre el rendimiento de los cultivos deriva de dos aspectos básicos (MAG, 1988):

1. De la fase de desarrollo del cultivo al momento de ocurrir la canícula.
2. De la severidad y duración con que la Canícula se presente.

Según los resultados se distinguen dos grandes zonas (Figura 9):

Zona A: La canícula es severa y ocurre en un 70 % de los años considerados.

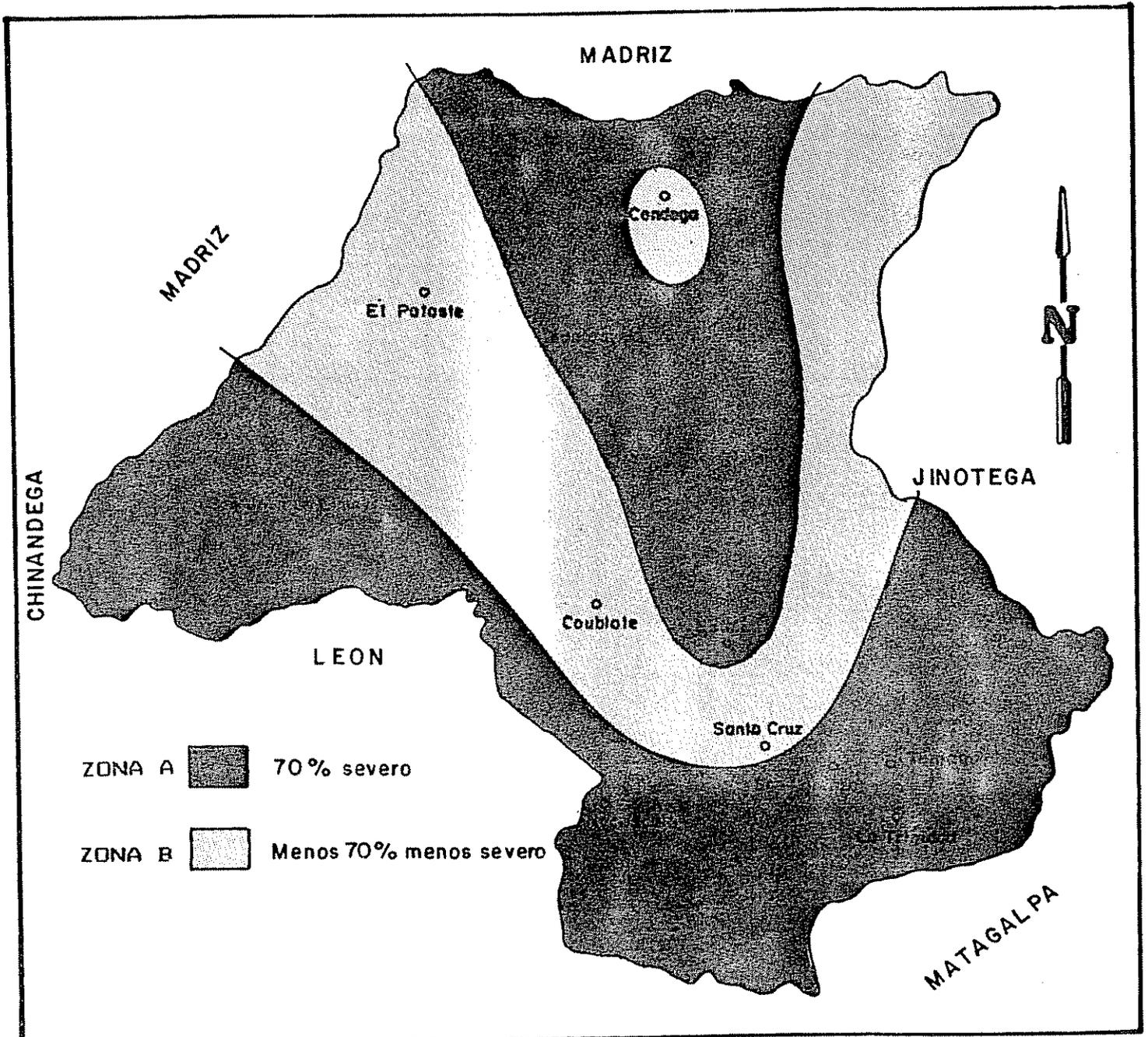


Figura 9. Probabilidad de ocurrencia de la canícula

En las zonas donde este veranillo presenta estas características, las lluvias se caracterizan por una variabilidad tanto en cantidades como en distribución, lo que ayuda al déficit hídrico de los cultivos. En estas zonas, las estrategias de siembras de primera deben definirse en función de la canícula, de lo contrario las pérdidas no podrán disminuirse.

Zona B: La canícula es poca severa y ocurre en menos de 70% de los años considerados.

Se puede definir como una microzona en donde la agricultura es menos afectada durante el período canicular. Desde el punto de vista agrícola, es la más importante en la producción, por lo tanto los cultivos debe adecuarse de acuerdo a la disposición de agua durante este período de siembra.

5.1.3. Época de postrera

Representa la segunda fase de la estación lluviosa y se extiende de mediados de agosto hasta el 15 de noviembre. Es un ciclo más largo que la primera, sin embargo no permite adecuar un cultivo de ciclo de más de 110 días (MAG, 1989).

La "época de postrera" se define como una estrategia con respecto a un segundo cultivo que corresponde a las mismas áreas de siembras de la época de primera. Las siembras se realizan en fechas en que las lluvias están establecidas (siembras seguras). Además, existe la certeza de poder ubicar las últimas fases de los cultivos en días secos o con precipitaciones esporádicas.

a) Precipitación media de postrera

En la Figura 10 se muestra cuatro clases de lluvia de acuerdo a las cantidades: menores de 400 mm, entre 400 y 600 mm, entre 600 y 800 mm y más de 800 mm.

- La zona que presenta problemas, es aquella en la cual se registran menos de 400 mm. La cantidad de agua acumulada apenas es suficiente para abastecer las necesidades hídricas de los cultivos. Estas cantidades representan una limitante para el potencial agrícola para los cultivos durante la siembra de postrera.

- En el resto de las zonas, las cantidades de lluvia son suficientes para abastecer los requerimientos hídricos de los cultivos. Sin embargo, la irregularidad de las lluvias intra e inter anual representa cierto grado de riesgo en los cultivos debido principalmente al retiro temprano de las lluvias.

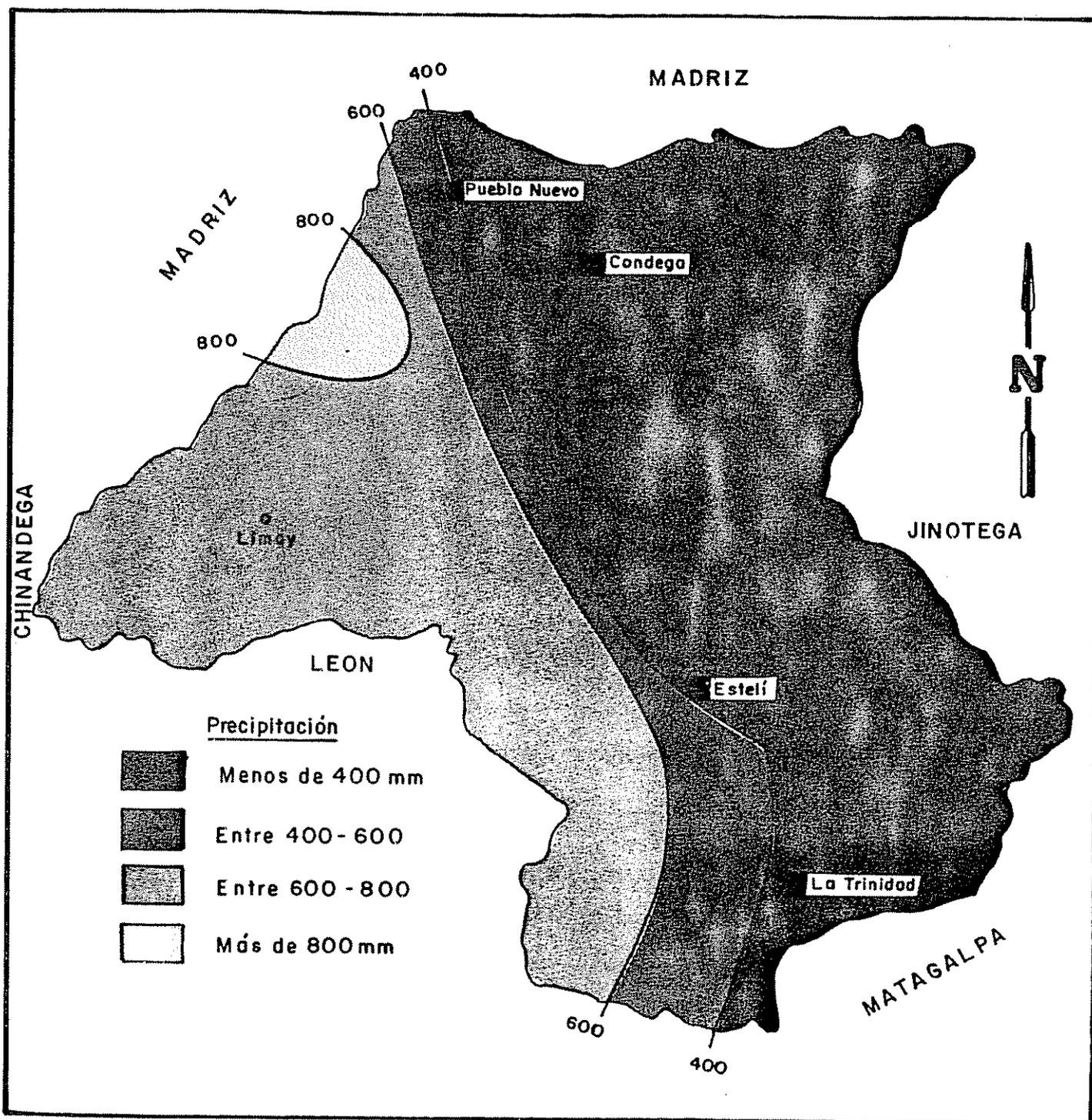


Figura 10. Precipitación en la época de postrera

b) Irregularidad de las precipitaciones

La Figura 11 indica la tendencia de la ocurrencia del periodo seco de 10 días, de lo cual se deduce lo siguiente:

En general presenta una tendencia parecida en todas las estaciones, mayor a inicio y final del periodo considerado. En el caso de Santa Cruz, aunque presenta un comportamiento similar, este alcanza valores más bajo en relación al resto.

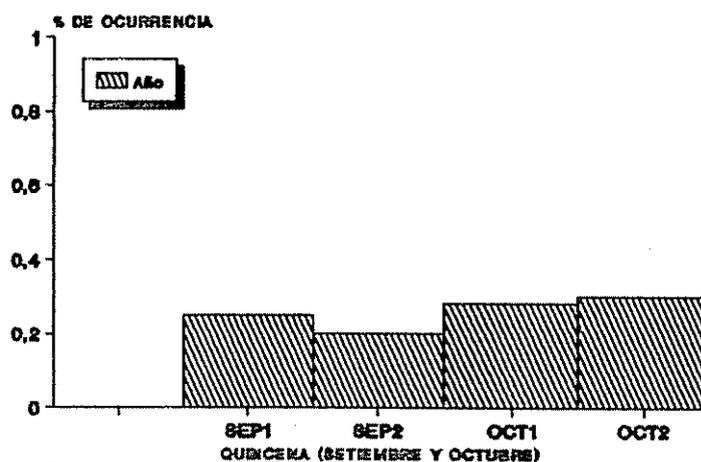


Figura 11. Ocurrencia de 10 días consecutivos secos
San Isidro (La Trinidad)

Desde el punto agrícola, esta características de la estación lluviosa no reviste mucha importancia al inicio de este período, ya que durante estos meses las lluvias han registrado los mayores volúmenes en toda la zona.

La importancia de este período es al final, ya que si coincide con la salida de las lluvias, provoca pérdidas en los cultivos. Esta situación reduce la disponibilidad de agua durante la postrera, lo cual implica mayor riesgos para los

rendimientos de los cultivos, debido a que la floración coincidiría plenamente con esta falta de lluvia. El resto de las estaciones se indican en el Anexo D-7.

c) Finalización de la estación lluviosa

La finalización de la época lluviosa reviste tanta importancia como el inicio, ya que cuando se establecen los cultivos de postrera, no se sabe con certeza cuando las lluvias van a retirarse.

Considerando este aspecto, las figuras que se muestran a continuación proporcionan una idea específica por localidad del retiro de las lluvias. En las estaciones de Pueblo Nuevo, Estelí, San Isidro y Condega la finalización de las lluvia ocurre a partir del 26 de Octubre, y es el inicio más temprana de las salida de las lluvias (Figura 12).

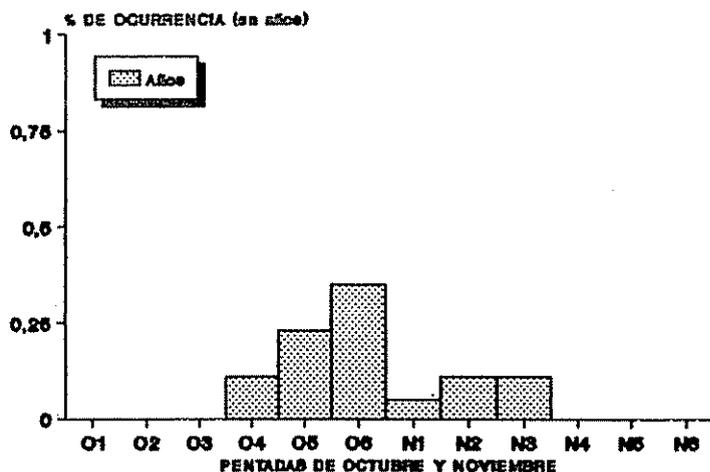


Figura 12. Finalización probable de las lluvias, San Isidro

Un caso bien particular es representado por las estaciones de Estelí y San Isidro, donde las lluvias se retiran casi en su totalidad antes de finales de octubre. Esto constituye una limitación en las siembras de los cultivos después del 15 de septiembre.

Por otro lado las estaciones de Santa Cruz y San Juan de Limay representan la finalización más tardía de las lluvias, a partir del 6 de noviembre (figura 13). En este caso los cultivos no presentan limitante por las lluvias. Sin embargo, no se deben desfasar las fechas de siembras. En el anexo D-8 se indican las figuras del resto de las estaciones.

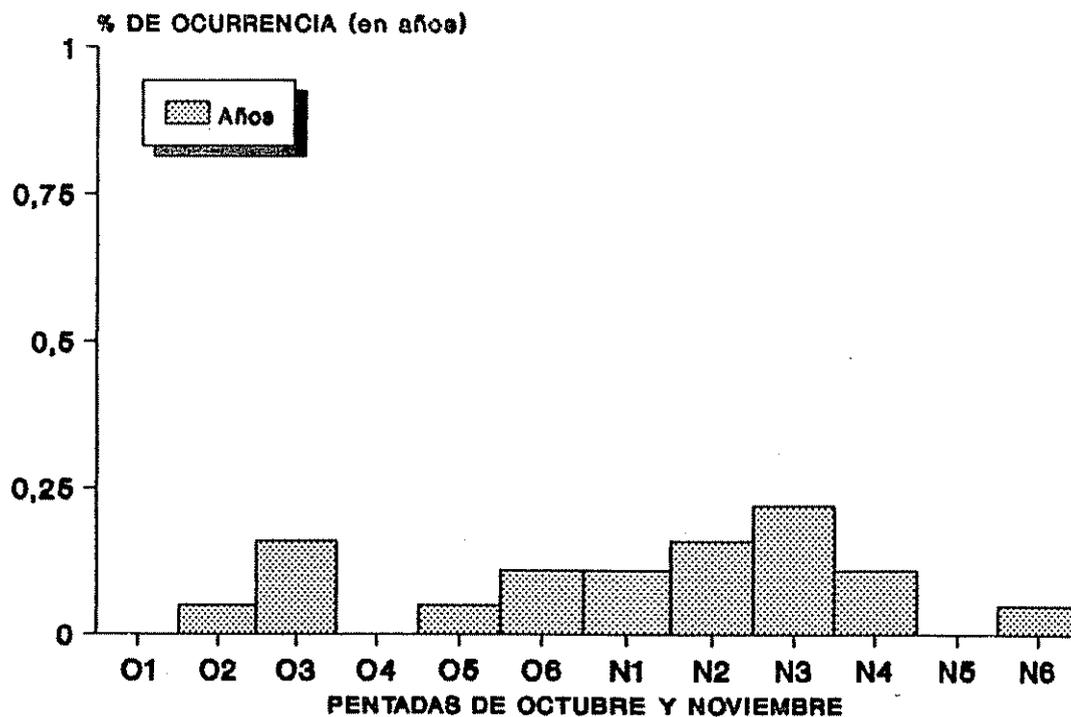


Figura 13. Finalización más probable de las lluvias, Limay

5.2. Caracterización de los agricultores con respecto a la practica de siembra de maíz, frijol y sorgo.

5.2.1. Decisión de las siembras

El factor que más consideran los agricultores como criterio para decidir cuando sembrar, es la lluvia. A continuación se detallan por épocas de siembra (primera y postrera).

a) Época de primera

En la época de primera las siembras presentan dos modalidades:

- En seco, practicada por un 2.5% de los agricultores.
- Después del inicio de las lluvias, esta es la práctica predominante, utilizada por el 97.5% de los agricultores (Figura 14).

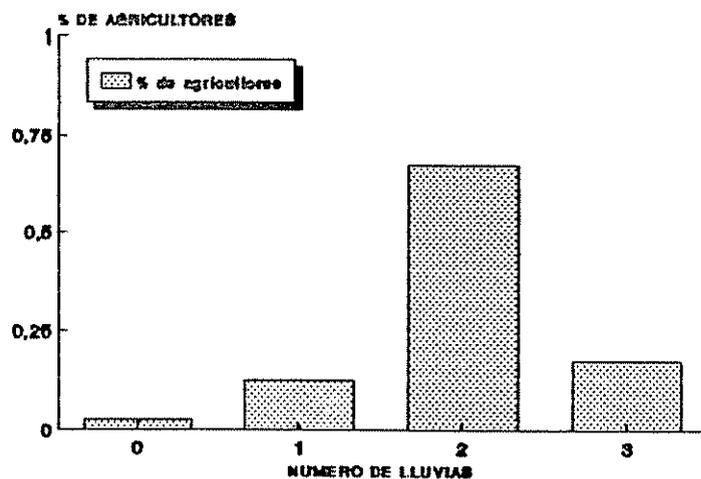


Figura 14. Porcentaje de agricultores que realizan las siembras con relación al número de lluvias.

Los criterios utilizados por los agricultores en esta época se basan en el número de lluvias y son los siguientes:

- siembras en seco (con cero lluvias)
- siembras con una lluvia
- siembras con dos y tres lluvias

Siembras en seco (con cero lluvias)

Los agricultores que realizan esta práctica son relativamente pocos, un 2.5% del total. Esta estrategia permite aprovechar al máximo las lluvias, y poder cosechar durante el período seco (canícula).

Sin embargo, la mayoría de los agricultores no utilizan esta estrategia porque:

- temen perder la semilla, debido a falta de agua, pudrición o que sea afectada por las hormigas u otras plagas. La pudrición ocurre cuando cae una lluvia de baja cantidad, aislada, que no permite que las plántulas emerjan (hinchazón de la semilla).

Siembras con una lluvia

Este criterio es utilizado por el 12.5% de los agricultores y se fundamenta en lo que llaman "un aguacero" el cual proporciona humedad suficiente al suelo, y permite la germinación de la semilla.

Estos agricultores consideran que en los siguientes siete días es posible que se registren lluvias que llenen las

reservas de los suelos, évitando la pérdida de los cultivos por falta de agua.

Siembras con dos y tres lluvias

Este criterio es utilizado por el 85% de los agricultores, y se fundamenta en la seguridad que no perderán la semilla una vez depositada en el suelo por falta de humedad, considerando los siguientes aspectos:

- Humedad segura en el suelo, que garantiza que la semilla germinará.
- Menor riesgo de perder la semilla por plaga, falta de agua o pudrición.
- Suelos de textura arcillosa, difíciles de labrar sin humedad presente (45%).

Los agricultores que realizan siembras a partir del inicio de la estación lluviosa esperan entre cinco y ocho días para roturar (ya sea para iniciar la roturación o la siembra), con el objetivo que las malezas rebroten y controlarlas con el primer pase de arado. También sirve para controlar las plagas del suelo.

Las pérdidas de los cultivos registradas en esta época (87.5% de los agricultores) se deben a la falta de lluvia durante la floración o llenado de grano, causada por la canícula.

b) Época de postrera

En la época de postrera para la mayoría de los agricultores (87.5%) la siembra está determinada por las siembras iniciales, ya que ocupan las mismas áreas para esta actividad. Además consideran que durante esta etapa no experimentan tantos problemas como al inicio del ciclo lluvioso debido a que la estación lluviosa está establecida, y existe humedad suficiente en los suelos.

A pesar de esto, en el 50% de los casos, las fechas de siembra de postrera se concentran en la segunda quincena de septiembre, debido al desfase de las siembras de primera provocado por esperar determinado número de lluvias para establecer el cultivo con humedad suficiente en el suelo (cuadro 4).

Cuadro 4. Fechas de siembras de postrera.

Nº de agricultores	Fechas de siembras		
	16 - 30 agosto	01 - 15 septiembre	15 - 30 septiembre
1	-	-	1
5	-	1	4
27	3	11	13
7	1	4	2
Porcentaje (%)	10	40	50

Al igual que durante la canícula el 80% de los agricultores afirman haber experimentado pérdidas, debido a falta de humedad en las fases críticas de los cultivos por la salida temprana de las lluvias.

5.2.2. Factores que influyen la decisión de las siembras

Los factores que influyen en la toma de decisión de los agricultores al momento de las siembras, en cultivos de secano son:

a) Roturación de los suelos

Durante la época de primera, del total de productores que siembran después de las lluvias, un 55% roturan cuando el suelo aún está seco, ya que dicen que son fáciles de labrar y el arado puede penetrar con facilidad. El resto de los agricultores roturan hasta que han caído por lo menos dos lluvias, porque dicen que tienen suelos pesados, difíciles de labrar y necesitan de humedad suficiente para que el arado pueda penetrar.

b) Tenencia de la tierra e implementos agrícolas

La mayoría de los agricultores individuales (85.5%) son propietarios de la tierra y de las herramientas de trabajo lo que facilita su disponibilidad para las actividades agrícolas, evitando así dependencia y desfase en el trabajo.

c) Mano de obra y crédito agrícola

La fecha de siembra es influenciada por la competencia de mano obra, dicha labor se ve limitada por la ocupación

igualitaria, creando escasez temporal en los periodos con mayor demanda.

En algunos casos, los agricultores tienen que esperar hasta una semana, lo cual provoca desfase en la fecha de siembra.

Por otra parte los agricultores que utilizan crédito tienen que esperar hasta dos semanas para obtenerlo. En muchos casos esto ocasiona desfase de las fechas de siembra, debido a la falta de dinero para pagar la mano de obra o comprar los insumos.

Cuadro 5. Utilización de mano de obra y crédito con relación al área de siembra (%).

Area	Mano de obra		Crédito	
	si	no	si	no
0.7 - 3.5 ha	40	60	47	53
4.2 - 7.0 ha	69	31	53	47
7.7 - 10.5 ha	80	20	100	0

Del 55% de agricultores que utilizan crédito un 50% lo obtienen a través del Banco Nacional de Desarrollo (BND) y el 5% restante de la UNAG.

d) Disponibilidad de semilla para la siembra

Los agricultores de esta zona han desarrollado sus propias estrategias para enfrentar problemas de escasez de semilla con el propósito de asegurar las siembras, principalmente las de primera. La mayoría (87.5%) disponen de

su propia semilla (criolla), obtenida en cada cosecha de los cultivos de su finca y almacenada en barriles para la futura siembra.

El uso de semilla mejorada es practicado por un 7.5% de los agricultores.

5.2.3. Resultados de los criterios de siembras del agricultor.

Estos resultados dependen del número de lluvias consideradas por el agricultor para la siembra de sus cultivos y de las fechas de siembras obtenidas a partir de una, dos y tres lluvias. Indican el número de años en que se cumplieron los criterios de los agricultores (cuadro 6).

Cuadro 6. Años en que los agricultores sembraron en una fecha determinada de acuerdo con una, dos y tres lluvias.

Fechas	Estelí			La Trinidad			Santa Cruz			Pueblo Nuevo		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
01/mayo	1	-	-	2	1	2	-	-	-	1	1	1
06/mayo	3	3	3	1	1	1	2	-	-	-	-	-
11/mayo	7	4	2	5	1	1	7	5	3	2	1	1
16/mayo	7	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	5
21/mayo	-	4	5	3	2	2	-	1	2	1	-	-
26/mayo	-	2	1	1	3	3	3	4	3	1	2	4
01/junio	-	-	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1
06/junio	-	1	2	-	1	1	-	-	1	-	-	-
11/junio	1	1	1	-	1	1	-	-	1	-	-	-
16/junio	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-

A continuación se explican los resultados por época de siembra.

a) Epoca de primera

Con estos principios se presenta el número de días con DH de los cultivos maíz, frijol y sorgo, como indicador del riesgo del cultivo de acuerdo a las fechas de siembras escogidas por los agricultores.

Cultivo de maíz (90 días)

Existe una relación directa entre el número de días con DH y el número de lluvias (figura 15). El grado de riesgo mostrado varía según la localidad.

Nº DE DIAS CON DH EN LA FLORACION

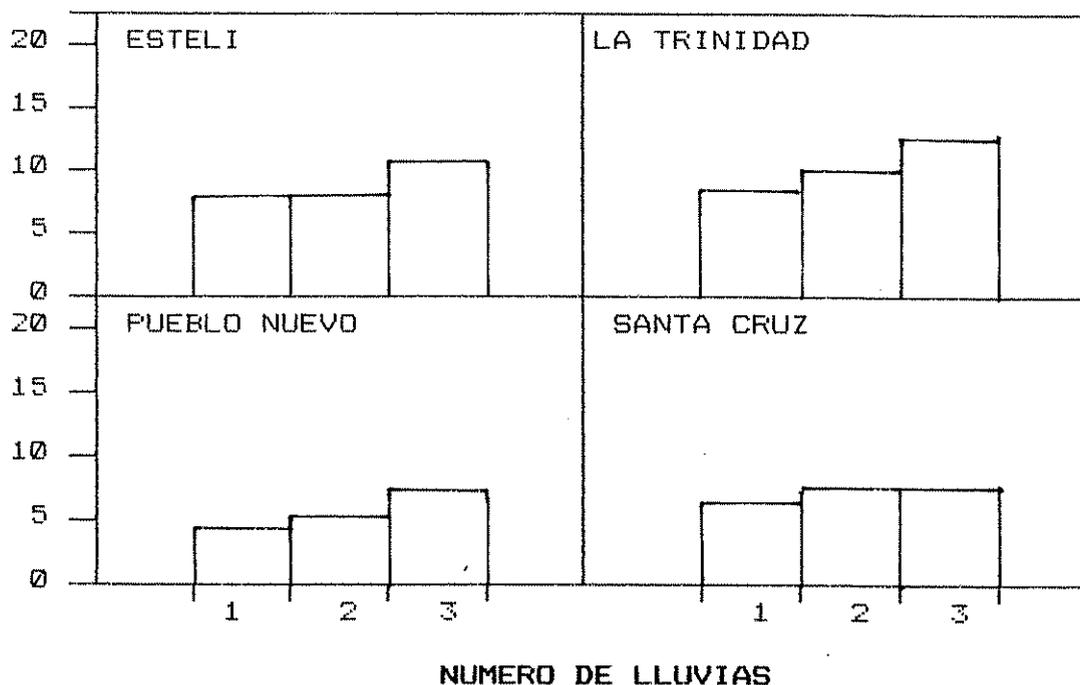


Figura 15. Días con DH en la floración (20 días) del maíz de 90 días (criterios del agricultor).

Los agricultores que siembran con una lluvia generalmente tienen menor riesgo de perder sus cultivo en relación a los que siembran con dos o tres lluvias. También influye la ubicación geográfica de las localidades estudiadas. Así, en la microzona de Santa de Cruz los agricultores han tenido mayor éxito en sus cultivos, debido a las características climáticas que provoca baja ocurrencia de días con DH en la floración, aún con dos o tres lluvias.

Los que siembran con dos o tres lluvias generalmente pierden con mayor frecuencia que los que siembran con una lluvia. El municipio de La Trinidad es el más crítico seguido por Estelí: para los agricultores que siembran con tres lluvias, de los 20 días que dura la floración, más de 10 son secos. En este caso el número de días con DH aumenta debido a que los agricultores al atrasar las fechas de siembras permiten que la floración del cultivo coincida con la canícula.

Cultivo de maíz (110 días)

La siembra de variedades de ciclo intermedio (110 días) de acuerdo a los criterios empleados por los agricultores sugieren las siguientes consideraciones:

Cuando los agricultores de los tres municipios siembran con una lluvia (a excepción de Santa Cruz) la floración coincide plenamente con la canícula, y los días con DH alcanzan más del 50% de la misma (figura 16).

NO DE DIAS CON DH EN LA FLORACION

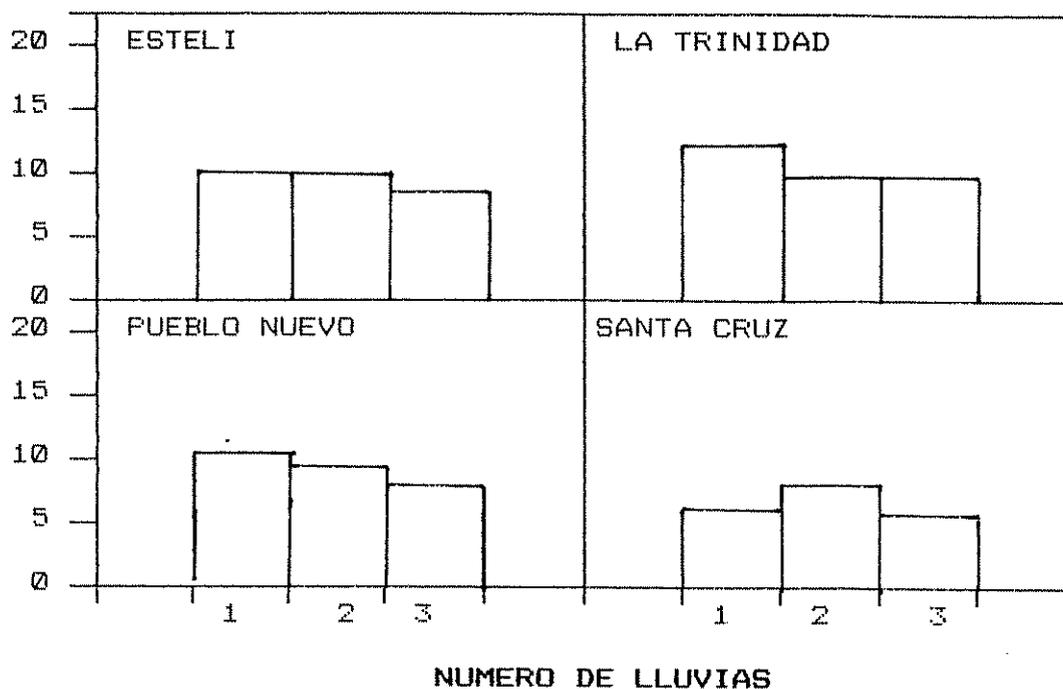


Figura 16. Días con DH en la floración del (20 días) del maíz de 110 días (criterios del agricultor).

Se puede notar que a medida que los agricultores aumentan el número de lluvias para la siembra, existe una tendencia a disminuir el número de días con DH en sus cultivos. Por otra parte la inconveniente del agricultor es la práctica de una sola siembra (monocultivo) la cual no es adecuado dadas las limitaciones de áreas y déficit lluvia.

En los tres municipios el criterio de tres lluvias es la alternativa más adecuada de este cultivo, sin embargo presenta los inconvenientes antes mencionados.

En esta zona el principal problema es la falta de agua, la utilización de estas variedades no permite aprovechar al máximo este recurso. Desde este punto de vista, la utilización de este cultivo no parece ser el más adecuado.

Cultivo de sorgo (95 días)

Este cultivo presenta un patrón de ocurrencia de días con DH parecido al maíz de ciclo de 90 días (figura 17). Sin embargo, este cultivo a diferencia del maíz y el frijol, tiene características morfológicas y fisiológicas que lo hacen más resistente a la sequía (Paul, 1985).

Por otro lado, dadas la características climáticas de la microzona de Santa Cruz los agricultores que siembran con una, dos o tres lluvias no enfrentan problemas por déficit de agua sus cultivos. Sin embargo, en La Trinidad, Estelí y Pueblo Nuevo, el número de días con DH aumenta en este cultivo significativamente con respecto a Santa Cruz con los tres criterios antes mencionados.

Nº DE DIAS CON DH EN LA FLORACION

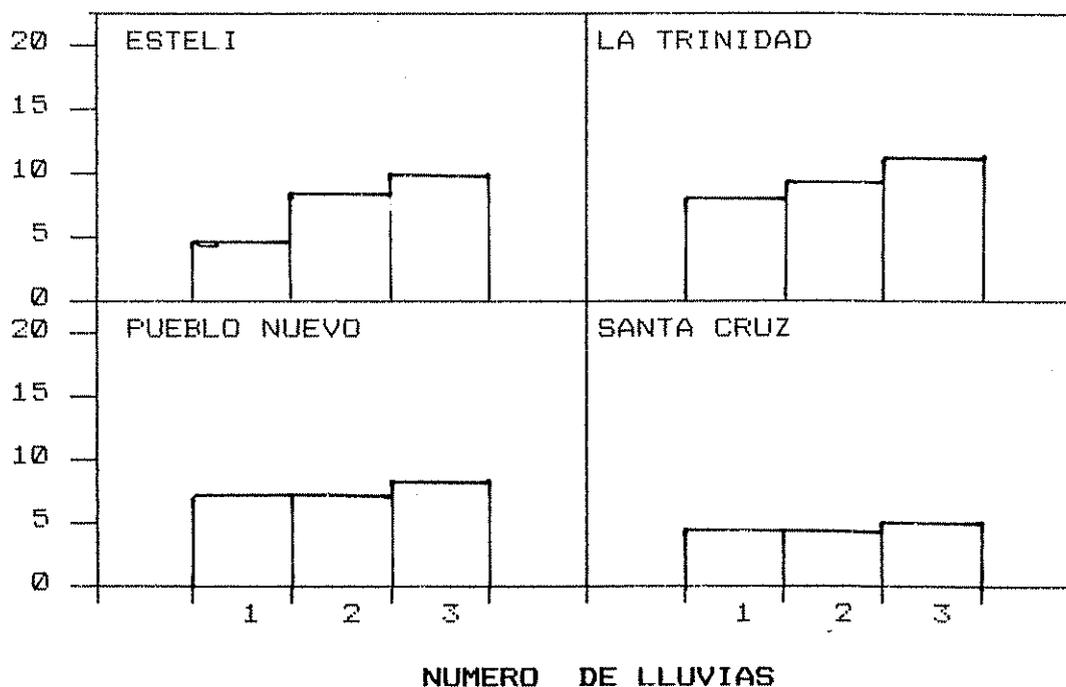


Figura 17. Días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días (criterios del agricultor)

En general los agricultores conocen las características del sorgo de tolerar sequía. Sin embargo, el uso del criterio de tres lluvias, trae como consecuencia un aumento en los días con DH, principalmente en los municipios de La Trinidad y Estelí, provocando disminución en los rendimientos.

Cultivo de frijol (75 días)

El ciclo de este cultivo es más corto en relación al maíz y el sorgo, su floración inicia a los 35 días, estas características le puede permitir aprovechar mejor las lluvias con respecto al maíz y el sorgo. Sin embargo, esto depende del criterio de siembra, los agricultores que utilizan dos o tres lluvias presentan un incremento en el número de días con DH en la floración de sus cultivos en todas las zonas (figura 18).

Nº DE DIAS CON DH EN LA FLORACION

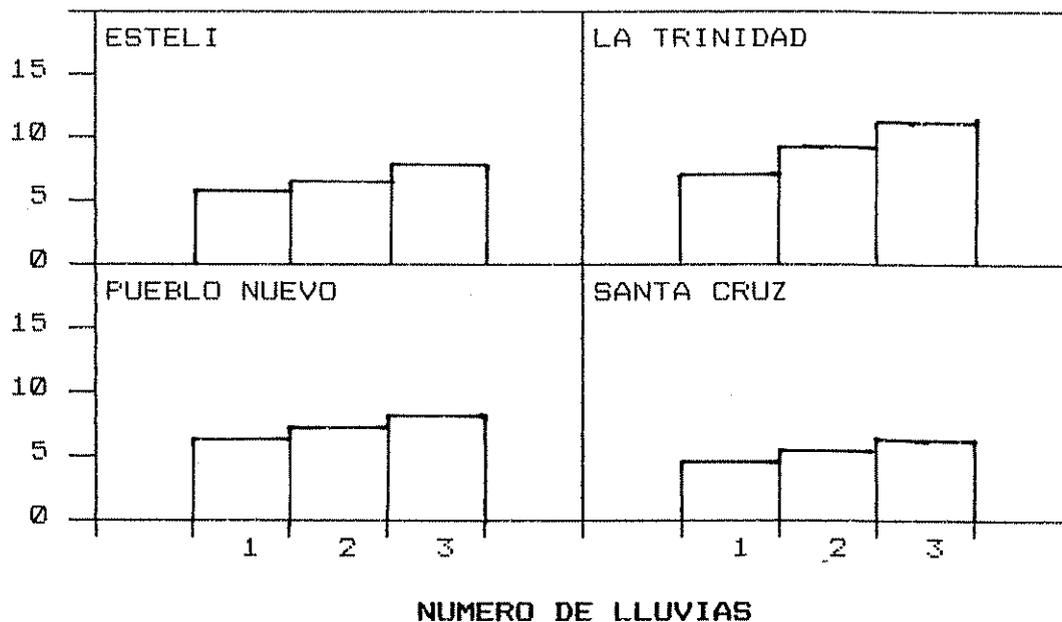


Figura 18. Días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días (criterios - agricultor).

De acuerdo a esta figura en los tres municipios existe una relación entre el número de lluvias y los días con DH en este cultivo. El nivel de riesgo de cada criterio y estación es diferente, así se distingue que los agricultores de la zona de Santa Cruz han obtenido mayor éxito que las otras zonas. Caso contrario sucede con los agricultores de la Trinidad, donde esta situación es más crítica debido a que el número de días con DH para cada criterio es más del 50%. Le sigue Estelí, donde el criterio de una lluvia representa la mejor alternativa. Los otros criterios (dos y tres lluvias) no son tan favorables. Pueblo Nuevo presenta un comportamiento similar al de Estelí.

b) Época de postrera

En esta época, los agricultores dependen de la recolecta del primer cultivo para establecer el segundo cultivo.

En este período las siembras inician a finales de agosto, sin embargo, el mayor porcentaje de los agricultores la hacen en la segunda quincena de septiembre, debido a que cosechan durante la primera quincena de septiembre.

En esta época a medida que los agricultores desfasan las fechas de siembra, los días con DH en la floración aumentan, ya que la floración coincide con la salida de las lluvias.

En los cuadros 7 y 8 se muestra el número de días con DH para cada fecha de siembra de los cultivos sorgo y frijol sembrados en esta época.

Cultivo de frijol (75 días)

Los agricultores que siembran este cultivo a finales de agosto (escasos) no tienen problemas por falta de agua, más bien por excesos. Caso similar sucede con la primera quincena de septiembre.

Las siembras efectuadas en la segunda quincena de septiembre al contrario del resto, presentan un incremento en los días con DH. Los agricultores que utilizan esta práctica, generalmente tienen problemas en sus cultivos por DH en la floración provocando disminución en los rendimientos. Este fenómeno presenta un comportamiento parecido en las cuatro estaciones que representan los tres municipios (cuadro 7).

Cuadro 7. Número de días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días.

Estación	Fechas de siembras							
	Agosto		Septiembre					
	21	26	01	06	11	16	21	26
Estelí	0	0	0	0	4	6	5	8
La Trinidad	0	0	0	0	4	5	6	8
Puebl Nuevo	0	0	0	0	2	3	4	7
Santa Cruz	0	0	0	0	1	2	4	6

Las siembras a inicio de septiembre indican la estrategia adecuada para este cultivo, sin embargo, la mayoría de los agricultores no realizan esta práctica debido a la coincidencia de la maduración total del cultivo con el mes más lluvioso (octubre), y a la cosecha del primer cultivo a finales de agosto e inicio de septiembre.

Cultivo de sorgo (95 días)

La ocurrencia del número de días con DH que presenta el sorgo en la floración indica características similares al frijol. El déficit hídrico que puede experimentar depende de las fechas de siembras de los agricultores (cuadro 8).

Cuadro 8. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días.

Estación	Fechas de siembras							
	Agosto		Septiembre					
	21	26	01	06	11	16	21	26
Estelí	1	2	3	5	7	9	10	13
La Trinidad	0	3	5	6	8	9	11	13
Pueblo Nuevo	0	3	5	6	8	8	10	14
Santa Cruz	0	2	4	4	7	7	9	10

Según el cuadro 8, este cultivo sembrado después del 11 de septiembre se ve afectado por la salida de las lluvias, la cual incrementa el déficit hídrico. Las siembras en la postrera deben realizarse en función de la salida de las lluvias.

De este acápite se concluye, que el riesgo que enfrentan los cultivos se deben básicamente a los criterios utilizados por los agricultores en las estrategias de siembras tanto en la época de primera como postrera.

En la primera, los criterios de siembras de una, dos y tres lluvias muestran una relación directa con el número de días con DH en la floración de los cultivos, favorecidos por la sequía provocada por la canícula. Los cultivos de postrera dependen más que todo de las fechas de siembras, es decir el riesgo que puede enfrentar por la salida de las lluvias, va estar en función de cuando fue establecido dicho cultivo.

5.3. Resultados de las propuestas de siembras

5.3.1. Epoca de primera

La propuesta para las siembras de primera se fundamentó en los aspectos que se describen a continuación:

a) Análisis de los años con sequía severa

Este análisis se fundamentó en el número de días con DH de cada cultivo y estación. En general estos datos presentan un comportamiento creciente de acuerdo a la fecha de siembra, como se indica a continuación.

- Siembras tempranas (del primero al 10 de mayo)
- Siembras intermedias (del 11 al 20 de mayo)
- Siembras tardías (del 20 al 30 de mayo)

En el cuadro siguiente se presenta uno de los resultados en relación al número de días con DH. Esto, confirma lo antes indicado: el frijol sembrado en los tres períodos presenta una clara diferencia en el déficit hídrico que éste enfrentó en cada uno. Lo cual indica que el mejor período de siembra es el temprano (número de días con DH menor en relación a las siembras intermedias y tardías) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio de días con DH en frijol de 75 días de acuerdo con los períodos de siembras del mes de mayo.

Estación	Tempranas	Intermedias	Tardías
Estelí	1	5	10
Santa Cruz	2	4	10
San Isidro	2	4	12
Pueblo Nuevo	2	5	8

De manera que para el cultivo de frijol la mejor fecha siembra es el período temprano. Igual caso sucede con los cultivos de maíz y sorgo, la cual muestran la tendencia indicada en el cuadro 10. Sin embargo, en estos cultivos se presenta un mayor número de días con DH, dado que su ciclo es mayor que el frijol (anexo E).

En conclusión la fecha de siembra temprana es la mejor desde el punto de vista del número de días con DH que los cultivos pueden enfrentar.

b) Probabilidades de retiro temprano de las lluvias

El criterio establecido que define el retiro de las lluvias es: si después de la primera lluvia en el período de siembra considerado éstas se retiran por diez días consecutivos.

Con base en este criterio la probabilidad que las lluvias se retiren durante los períodos de siembras: tempranas, intermedias y tardías, es una característica de

suma importancia, porque permite identificar la confiabilidad de las lluvias después que se realiza la siembra en determinado período.

Cuadro 10. Probabilidades de retiro de las lluvia durante los períodos de siembras.

Estación	Tempranas (%)	Intermedias (%)	Tardías (%)
Estelí	50	25	0
Santa Cruz	50	25	0
San Isidro	66.66	50	25
Pueblo Nuevo	100	33	33

En el caso de la siembra temprana, aún cuando existen posibilidades de que no hayan problemas durante la canícula, la probabilidad de perder el cultivo una vez sembrado, es mayor del 50% (cuadro 10).

Si este es el caso y si hay recursos disponible, es necesario efectuar una "resiembra" en otra fecha, que necesariamente debe estar comprendida en períodos donde el cultivo aproveche mejor esas primeras lluvias para evitar que la floración coincida con la canícula.

De lo anterior se concluye que las siembras antes del 11 de mayo no son convenientes dado el riesgo que representan los cultivos.

Por el contrario las siembras intermedias, aunque muestran mayor número de días con DH en relación a las tempranas (cuadro 10), representan la mejor opción que las siembras tempranas, ya que en la mayoría de los casos la estación lluviosa se regulariza a partir de este período. Por

lo tanto el riesgo de perder la semilla en fases posteriores a la siembra es menor.

Esto da evidencia que la mejor estrategia de siembra en relación a la tardía o temprana, es la siembra intermedia, dadas las situaciones antes explicadas.

c) Ausencia de lluvias en el período de siembra intermedia.

En el caso que las lluvias no se regularicen durante este período, que es una situación poco probable (cuadro 11) el riesgo de la siembra de cualquier cultivo, sea este de ciclo corto o largo es muy alto, debido que las siembras se tendrían que realizar en fechas muy tardías, lo cual es inconveniente por la coincidencia plena de la floración con la canícula. Esta situación se presenta en las zonas de Pueblo Nuevo y San Isidro.

Cuadro 11. Probabilidad que no se registren lluvias en el período siembras intermedias.

Estación	Probabilidad (%)
Estelí	0
Santa Cruz	0
San Isidro	40
Pueblo Nuevo	33

De estos años se plantean dos situaciones posibles: que no se registren lluvias después de este período o que se registren lluvias después de este período de siembra.

El análisis de los archivos muestran que en estos años en que no llovió durante el período de siembra intermedia, las lluvias se iniciaron a fines de mayo. Se plantea las siguientes:

1. No sembrar, dado el alto riesgo que presenta la coincidencia plena de la floración de los cultivos con la canícula.

2. Utilizar variedades precoces (60 a 70 días), que permitan aprovechar las lluvias de junio, la cual no indica que no serán afectadas por la sequía de la canícula.

Finalmente las estrategia que representa la mejor alternativa para los años estudiados es:

- Las siembras intermedias que presentan la ventaja que las lluvias se regularizan en esa fecha, lo cual proporciona seguridad en el establecimiento del cultivo. Por otra parte si se utilizan variedades precoces, los efectos de la canícula son mínimos (cuadro 11).

- Según el análisis, estas siembras representan según el número de días con DH, la más tarde que el agricultor puede establecer sus cultivos, y por la probabilidad de que las lluvias se retiren las siembras más temprana que se puede realizar en esta zona. Por lo tanto la mejor fecha de siembra de los años con sequía severa es del 11 al 20 de mayo.

Por otro lado, utilizando el criterio de la regularidad de las lluvias durante este período, la mayor fecha siembra adquiere mayor validez (anexo D-9)

Además, en estos años se constató, que la mayoría de éstas siembras corresponden con la primera lluvia, cuyo umbral mínimo registrado es de 20 mm.

d) Propuesta de la estrategia de siembra

Finalmente y con base en el análisis anterior se propone lo siguiente:

- No realizar siembras antes del 11 de mayo.

- Si llueve, la fecha de siembra para la época de primera debe realizarse entre el 11 y el 20 de mayo. Si no llueve en este período y las lluvias ocurren a fines de mayo o inicios de junio, sembrar cultivos de ciclo más corto (60 días), de lo contrario lo más recomendable es no sembrar.

Esta propuesta es válida siempre y cuando se utilicen cultivos de ciclo corto.

e) Validación de la propuesta

La validación de la propuesta consistió en aplicar los criterios de la estrategia definida al conjunto de años de cada estación.

A continuación, se presentan los resultados de los análisis, para los tres cultivos y para las diferentes zonas. Estos muestran el número de años que el agricultor hubiera enfrentado las siguientes situaciones:

- 0 a 5 días con DH (poco afectado)
- 6 a 10 días con DH (medianamente afectado)
- más de 10 con días con DH (severamente afectado)

Zona de Estelí

Como se observa en el cuadro 12 la propuesta hubiera dado mejores probabilidades de éxito de todos los cultivos que los criterios de siembra utilizados por el agricultor. El cultivo de frijol indica los mejores resultados dada las características de su ciclo, contrario al cultivo de maíz (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación entre los criterios de siembra de los agricultores y la propuesta, de acuerdo con el número de años con diferentes grado de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de Estelí.

CULTIVO Y GRADO DE AFECTACION	PROPUESTA	1 Lluvia	2 LLUVIAS	3 LLUVIAS
	Número de años			
1. Frijol (75)				
A	15	12	10	7
B	3	4	5	5
C	2	4	5	6
2. Maíz (90)				
A	9	6	5	4
B	6	7	7	6
C	5	7	8	11
3. Sorgo (95)				
A	8	6	4	3
B	5	7	7	6
C	7	7	9	11
4. Maíz (110)				
A	5	2	3	5
B	7	6	5	6
C	8	12	12	9

A: Poco afectado B: Medianamente afectado
C: Severamente afectado

Zona de Santa Cruz

Esta zona presenta mayores posibilidades para los cultivos, aún para el sorgo y el maíz. A pesar de la duración de sus ciclos, su establecimiento es factible pero con el riesgo de ser afectado parcialmente. De acuerdo a la propuesta, el frijol es el cultivo con el cual el agricultor tiene mayores posibilidades de éxito (cuadro 13).

En el caso del maíz de 110 días, aún esta zona presenta serios problemas de adecuación al ciclo de primera, lo cual lo hace no recomendable en ninguna de las zonas consideradas.

Cuadro 13. Comparación entre los criterios de siembra de los agricultores y la propuesta, de acuerdo con el número de años con diferentes grado de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de Santa Cruz.

CULTIVO Y GRADO DE AFECTACION	PROPUESTA	1 LLUVIA	2 LLUVIAS	3 LLUVIAS
	Número de años			
1. Frijol (75)				
A	13	10	8	7
B	2	4	3	5
C	1	2	5	4
2. Maíz (90)				
A	9	7	7	6
B	6	7	7	8
C	1	2	2	2
3. Sorgo (95)				
A	8	7	5	4
B	6	7	7	4
C	2	2	4	6
4. Maíz (110)				
A	7	5	4	7
B	5	5	5	4
C	4	6	7	5

A: Poco afectado B: Medianamente afectado

C: Severamente afectado

Zona de San Isidro (La Trinidad)

En la zona de San Isidro (La Trinidad) la alternativa más adecuada es la siembra de variedades precoces (frijol), tal como se indicó en la propuesta (cuadro 14).

Para el caso del maíz y sorgo (90 y 95 días) la propuesta indica que hubo predominancia de años en que el cultivo estuvo medianamente afectado (6 a 10 días con DH durante la floración). Esta situación es riesgosa, pero en todo caso es más favorable que las estrategias del agricultor. Para el maíz de 110 días no se observa ninguna alternativa viable.

Cuadro 14. Comparación entre los criterios de siembra de los agricultores y la propuesta, de acuerdo con el número de años con diferentes grado de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de San Isidro (La Trinidad).

CULTIVO Y GRADO DE AFECTACION	PROPUESTA	1 LLUVIA	2 LLUVIAS	3 LLUVIAS
	Número de años			
1. Frijol (75)				
A	9	6	4	1
B	4	4	6	8
C	4	5	7	8
2. Maíz (90)				
A	3	3	3	3
B	11	6	4	4
C	3	7	10	10
3. Sorgo (95)				
A	3	2	2	2
B	11	7	7	5
C	3	7	7	10
4. Maíz (110)				
A	2	2	1	4
B	7	5	8	7
C	8	10	8	5

A: Poco afectado B: Medianamente afectado

C: Severamente afectado

Zona de Pueblo Nuevo

En el caso de Estelí y Pueblo Nuevo, la propuesta representa una mejor opción con respecto a las prácticas que hacen los agricultores, principalmente para el cultivo de frijol. En cambio, para los otros dos cultivos, no se puede descartar el riesgo de afectaciones medianas (cuadro 12 y 15).

Cuadro 15. Comparación entre los criterios de siembra de los agricultores y la propuesta, de acuerdo con el número de años con diferentes grado de afectación de los cultivos y sus rendimientos, en la zona de Pueblo Nuevo.

CULTIVO Y GRADO DE AFECTACION	PROPUESTA	1 LLUVIA	2 LLUVIA	3 LLUVIA
	Número de años			
1. Frijol (75)				
A	8	6	4	2
B	4	5	5	4
C	2	3	5	8
2. Maíz (90)				
A	7	4	4	2
B	6	5	5	4
C	1	5	7	8
3. Sorgo (95)				
A	7	4	3	2
B	6	6	7	7
C	1	5	5	5
4. Maíz (110)				
A	2	3	4	4
B	3	2	4	5
C	9	9	6	5

A: Poco afectado B: Medianamente afectado

C: Severamente afectado

De acuerdo a los cuadros 12, 13, 14 y 15 se observa que la estrategia propuesta indica un menor riesgo principalmente para el cultivo de frijol. Así mismo, se nota que el criterio de siembra con una lluvia utilizada por el agricultor representa el menor riesgo en la práctica de siembra de su finca.

5.3.2. Época de postrera

Esta época, presenta una situación diferente a la época inicial: las lluvias están establecidas, y el principal problema es la definición de una fecha límite que permita al cultivo no enfrentar déficit hídrico durante la salida de las lluvias.

a) Fundamentos de la propuesta

La salida temprana de las lluvias (a partir del 26 de octubre) es el principal fundamento para proponer las fechas de siembras más apropiadas para los cultivos de frijol y sorgo. Al considerar este aspecto, se prevee el déficit hídrico que los cultivos pueden enfrentar si ocurre este fenómeno (ver acápite 5.2.3).

b) Propuesta de las estrategias de siembras

Previendo un retiro temprano de las lluvias se propone lo siguiente:

- No sembrar después del 20 de septiembre variedades de

frijol con un ciclo de 75 días.

- No sembrar sorgo con un ciclo de 100 días después del 10 de septiembre.

c) Validación de la propuesta

La validación consistió en la aplicación de los criterios antes descrito al conjunto de años de cada estación.

Los resultados obtenidos de este análisis se presentan para los cultivos (sorgo y frijol) y para las diferentes zonas. Estos muestran el rango de fechas que el agricultor hubiera enfrentado la siguientes situaciones:

- 0 a 5 días con DH (poco afectado)
- 6 a 10 días con DH (medianamente afectado)
- más de 10 días con DH (severamente afectados)

Zona de Estelí

Las siembras de frijol, en esta zona presentan más ventajas en relación al sorgo. La fecha tope de siembra es el 16 de setiembre, lo cual da un margen de tiempo para sembrarse, la fecha óptima de este cultivo es del 6 al 15 de setiembre (figura 19).

Zona de Santa Cruz

La fecha tope de siembra del frijol diferente a la zona de Estelí, presenta una pentada más, la cual da un margen de siembra al agricultor mayor. La fecha óptima de siembra es entre 6 y el 15 de setiembre, aunque la fecha tope sea hasta el 20, lo más conveniente es sembrarlo en la fecha óptima (figura 20).

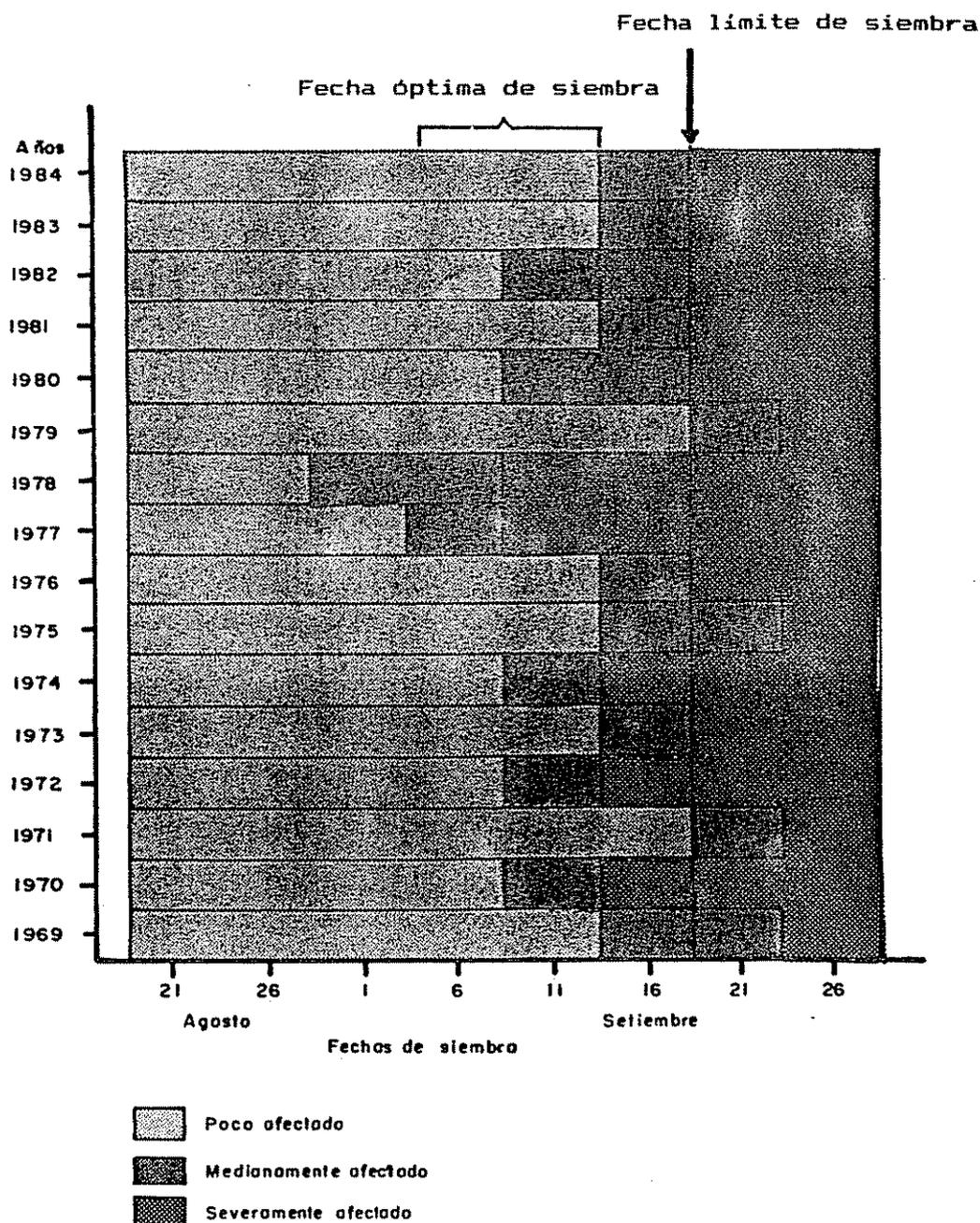


Figura 20. Número de días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días en base a la propuesta, Santa Cruz.

El cultivo de sorgo en esta zona presenta fecha tope de siembra hasta hasta el 16 de septiembre. Aunque esta zona ha presentado características favorables para los cultivos, no es recomendable el desfase de las siembras de este cultivo, lo más correcto es sembrarlo a inicio de septiembre, que indica la fecha óptima para la postrera (Anexo F).

Zona de San Isidro (La Trinidad)

En esta zona el frijol se puede sembrar hasta el 16 de septiembre, pero enfrentaría cierto riesgo, lo cual no es conveniente. Este riesgo se evita si se establece en los primeros diez días de septiembre (Anexo F).

El cultivo de sorgo presenta fecha tope, parecida a las siembras de la zona de Estelí. Esto indica que las siembras deben realizarse en los primeros diez días de septiembre, de lo contrario este cultivo registrará pérdidas significativas (Figura 21).

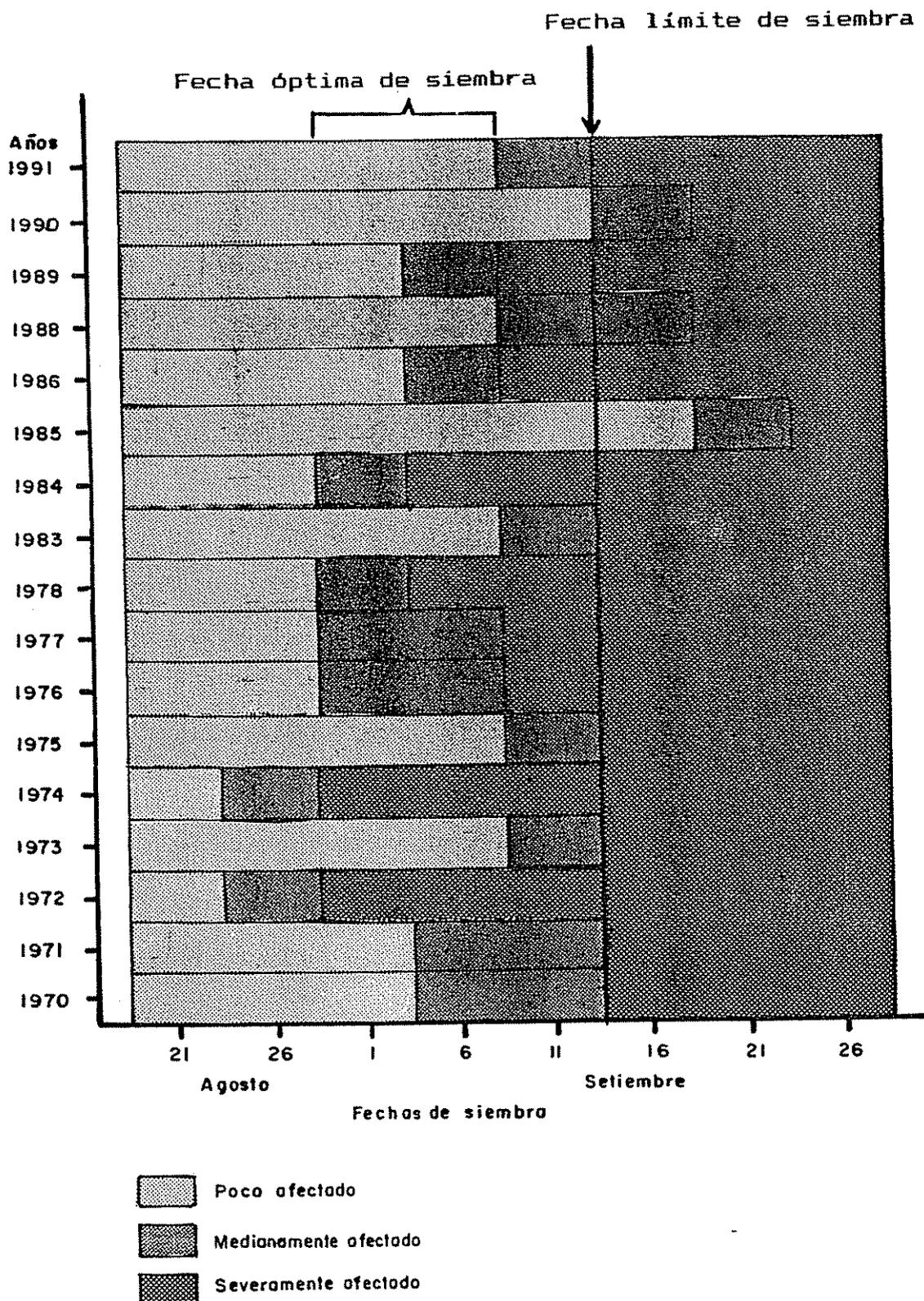


Figura 21. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días en base a la propuesta, San Isidro (La Trinidad).

Zona de Pueblo Nuevo

En esta zona es altamente riesgosa desfasar las siembras después del 11 de septiembre, principalmente para el cultivo de sorgo (figura 22).

El frijol presenta como fecha tope el 16 de septiembre, sin embargo, el período óptimo lo constituyen los primeros 10 días de septiembre.

En algunos casos como en zonas como Estelí, Pueblo Nuevo y San Isidro, lo más adecuado es sembrar temprano (inicio de septiembre), para evitar cualquier problema de falta de agua en este cultivo por la salida de las lluvias.

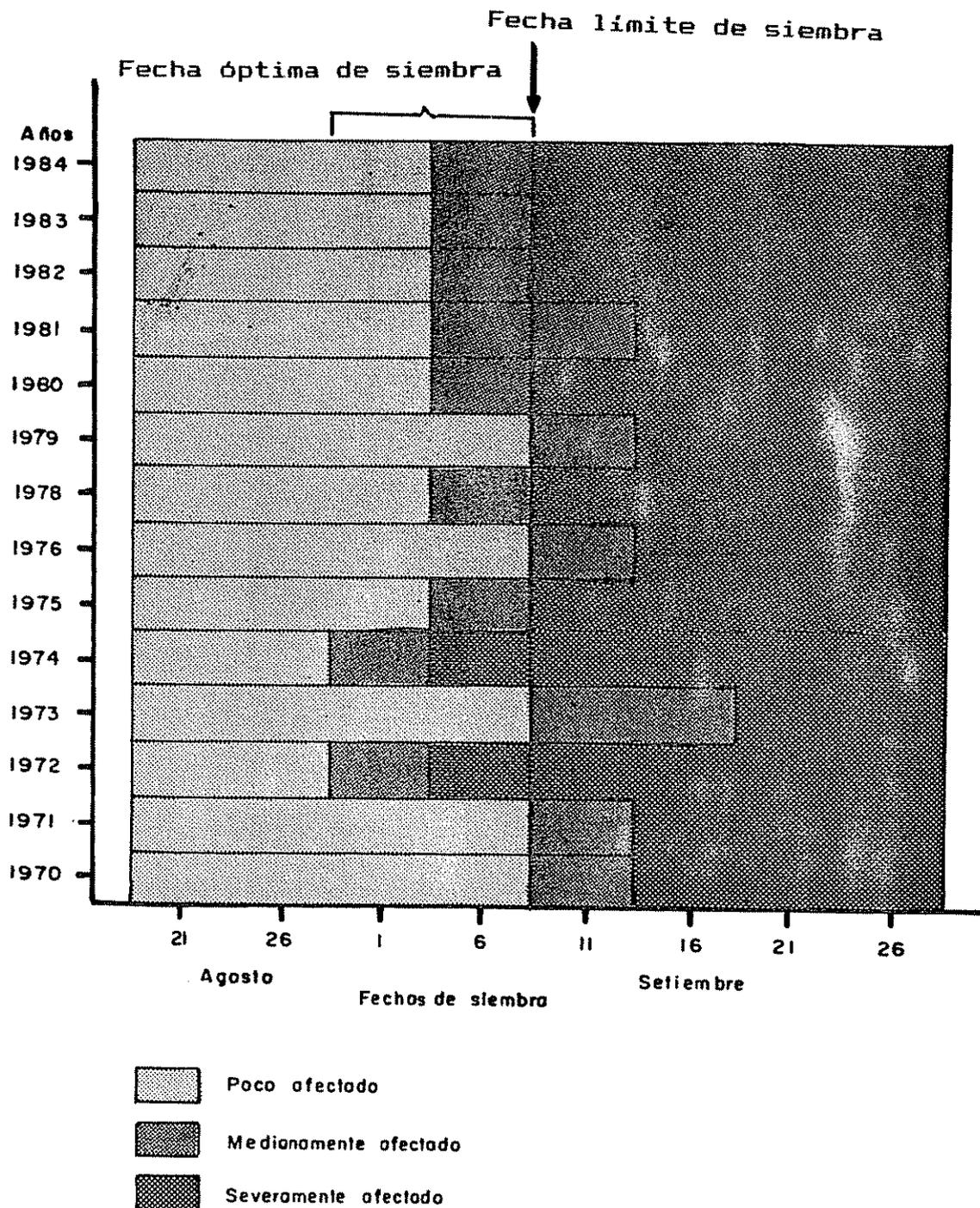


Figura 22. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días en base a la propuesta, Pueblo Nuevo.

VI. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en la investigación descrita, pueden efectuarse las siguientes conclusiones:

1. Las condiciones agroclimáticas que determinan el potencial agrícola de las zonas secas, Estelí, Pueblo Nuevo y La Trinidad, dependen de la variabilidad y distribución de la precipitación durante el transcurso de la estación lluviosa.
2. La época de primera, con lluvias seguras únicamente del 16 de mayo al 30 de junio, representa la mayor limitante para las siembras iniciales. La adecuación de los cultivos de acuerdo a la disponibilidad hídrica del suelo por las lluvias depende principalmente de las estrategias del agricultor.
3. El veranillo conocido como canícula, inicia a partir del mes de julio, con una probabilidad de ocurrencia severa del 70%, la cual reduce la disponibilidad hídrica de los cultivos de primera, ya que, determina el tiempo de duración de dicha época.
4. Las pérdidas de la época de primera que tradicionalmente se atribuyen a los veranillos, se deben principalmente a que las siembras se hacen tardías en relación a las fechas de siembra menos riesgosas. Por ello, los cultivos tradicionalmente enfrentan la escasez de agua en estadios pocos desarrollados y susceptibles al déficit hídrico.

5. La época de postrera, presenta la mayor disponibilidad hídrica proveniente de las lluvias. Sin embargo, las estrategias de siembras deben hacerse en función de la salida de las lluvias, dada su variabilidad.

6. Las estrategias de los agricultores no siempre presentan una adecuación correcta a las condiciones climáticas en las cuales realizan sus siembras.

7. En las siembras de primera la mejor estrategia de los agricultores, es la que utiliza el criterio de una lluvia (para todos los cultivos excepto el maíz de 110 días), la cual es practicada por un 2.5% del total de agricultores. El resto espera dos o tres lluvias para establecer sus cultivos, coincidiendo plenamente la floración con la sequía que provoca la canícula. Esta decisión está influenciado por las lluvias, e indirectamente por la disponibilidad de recursos.

8. En las siembras de postrera, más del 50% de los agricultores las realiza después del 15 de septiembre, provocando coincidencia de la floración con la salida de las lluvias. Los otros la realizan dentro del período con menos riesgos (fines de agosto e inicio de septiembre).

9. El análisis de datos meteorológicos con herramientas agroclimáticas, (balance hídrico, principalmente), presenta factibilidad de aplicación en la realidad de la agricultura de secano. El uso de estas herramientas permitió concluir que:

- Las variedades que mejor se comportaron en esta zonas son las de ciclo corto (75 días).

- La siembra más adecuada en la época de primera corresponde con la fecha del 11 al 20 de mayo. Esta estrategia minimiza el riesgo que enfrentan los agricultores hasta en un 40%.

- Las fechas de siembra más adecuada en la época de postrera corresponden con los límites siguientes:

- 1) Sorgo hasta el 10 de septiembre.
- 2) Frijol hasta el 15 de septiembre

VII. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos y considerando la textura de los suelos de las zonas se recomienda lo siguiente:

1. Para suelos arcillosos se recomienda efectuar las siembras de primera dentro del período propuesto (del 11 al 20 de mayo) cuando hayan caído por lo menos dos lluvias de 20 mm, debido a la dificultad de penetración del arado en presencia de poca humedad del suelo, principalmente para la zona de Pueblo Nuevo.

Los agricultores que disponen de maquinaria, preparar los suelos antes del inicio normal de la estación lluviosa (16 de mayo) y efectuar las siembras dentro del período propuesto con una lluvia (de 20 mm).

Para la época de postrera realizar las siembras del 01 al 15 de septiembre, ya que un retiro temprano de las lluvias y con suelos de textura arcillosa el riesgo de perder el cultivo por déficit hídrico es alto, ya que estos suelos se agrietan fácilmente por falta de agua.

2. Para los suelos de textura arcillo arenoso y arcillo limoso efectuar las siembras de la época de primera dentro del período menos riesgoso (del 11 al 20 de mayo) utilizando la primera lluvia (de por lo menos 20 mm). Estos suelos facilitan la preparación con arado egipcios, por lo tanto presentan poca dificultad para efectuar las siembras, principalmente para las zonas de Estelí y La Trinidad.

VII. LITERATURA CITADA

- BENOIT, P. 1977. The start of the growing season in Northern Nigeria. *Agric. Meteorol.* 18:91-99.
- CARMONA, G. y Radulovich, R. 1988. Metodología de Evaluación de Veranillos y de Siembra Temprana como estrategia para minimizar sus efectos. *Turrialba.* 38 (3): 215-222.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1983. Caracterización ambiental y de los principales sistemas de cultivo en fincas pequeñas de Estelí, Nicaragua. Proyecto CATIE-FIDA. (Serie Técnica. Informe Técnico N° 34). Turrialba, C. R. 142 p.
- _____. 1984. Sistemas de cultivos (Nicaragua). Informe anual 1983. Proyecto/Convenio CATIE/CIID. Turrialba, C. R. 115 p.
- _____. 1987. Características biofísicas del área del proyecto, CATIE/PRONORTE, Estelí, Nicaragua. s.p.
- _____. 1987. Sistemas de producción de granos básicos en Centroamérica. Una metodología para definir áreas aptas para tecnologías agronómicas. Informe final del elemento extrapolación del proyecto CATIE/ROCAP. (Serie Técnica. Informe Técnico N° 59). Turrialba, C. R. 192p.
- _____. 1989. Identificación y caracterización de las Agrosistemas predominantes y dominios de recomendación del trópico seco de la región I, Nicaragua. 1989. CATIE, C. R. Informe de asesoría. Turrialba, Costa Rica. 192 p.

- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. 1986. Diagnóstico de problemas de maíz en el campo. In Curso de Adiestramiento en Maíz (1985, Mexico). Memorias, México. CIMMYT, sp.
- CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS DE REFORMA AGRARIA. 1984. Análisis por rubro de producción, área de PRONORTE, Región I, Nicaragua. 218 p.
- COCHEME, J. y FRANQUIN, P. 1968. An agroclimatic survey of a semi-arid area of Africa south of the Sahara. World Meteorological Organization. Tech. Note 86. 137 pp.
- DALE, I. C. et al. 1981. Daily rainfall at Garborone Botswana. Tropical Agricultural Meteorology Group Report No 2 Dpt. of Agricultural Botany and Applied Statistic University of Reading. pp: 12.
- DANNET, M. D. et al. 1983. Independence of rainfalls through the rainy season and the implications for the estimation of raifall probabilities J. of Climatol. 3:375-384.
- DANNET, M. D. et al. 1983. Simulation of rainfall records for the site of a nex agricultural development: an example forn Northern Syria. Agric. Meteorol. 29 (4) :247-258.
- DAVEY et al. 1976. An evaluation of climate and water resources for the Development of agriculture in the Sudano-Sahelian zone of west Africa. World Meteorological Organization. Special Environment Report. 8. 289 pp.
- DOORENBOS, J. ; FRUIT, W. O. 1984. Crop water requirements. Rome, FAO. Irrigation and Drainage Paper no. 24. 144p.

- ESPINOZA, S. A. 1990. Registros de datos de temperaturas promedias. Managua, Nicaragua., OSPA, DGTA, MIDINRA. 2 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1984 - 1986. Las Necesidades de agua de los cultivos. Ed. FAO. M-56 ISBN 92-5-300136-4. 193 P.
- HENRY, J. M. 1976. Cahiers de la Recherche en Analogie Agrobioclimatique, CIDAT. Belgique.
- HEUVELDOP, J. et al. 1988. Agroclimatología Tropical. Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 378 p.
- INSTITUTO DE SISMOLOGIA VULCANOLOGIA METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (INSIVUMEH). 1985. Estudio de la estación lluviosa de Guatemala. Guatemala, Guatemala. 180 p.
- LHOMME, J. P. 1984. Elementos de Agroclimatología. Office de la Recherche Scientifique et technique OUTRE - MER (Francia). Costa Rica: IICA, ORSTOM. 92 p.
- INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES (INETER). 1987. Características climática de la Región I. Nicaragua. s. p.
- _____. 1987. Sistemas básicos hidrometeorológicos nacionales. Managua, Nicaragua. s. p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG). 1990. Informe regional de los granos básicos de la región I. Ed. MAG. Estelí, Nicaragua. 15 p.

- _____. 1990. Informe del plan Nacional de granos básicos, ventajas y desventajas. Managua, Nicaragua. 20 p.
- _____. 1991. Caracterización de los sistemas de producción de seis municipios de la zona seca de la región I. Ed. MAG/ACDI/CATIE. Estelí, Nicaragua. 70p.
- MARAUX, F y RAPIDEL, B. 1990. La simulación del Balance hídrico. Aplicación para la determinación de fechas de siembra. Proyecto Regional de Agrometeorología - CATIE - CIRAD - ORSTOM. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 31 p.
- MARAUX, F y RAPIDEL, B. 1990. Paquete PAQUETE AGROCLIM. Guía del usuario. Proyecto Regional de Agrometeorología CATIE - CIRAD - ORSTOM. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 48 p.
- MARIN, E. 1990. Estudio Agroecológico y su Aplicación al Desarrollo Productivo Agropecuario Región IV. Managua, Nicaragua. OSPA/DGTA/MIDINRA. 244 P.
- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y REFORMA AGRARIA. 1988. Informe de la situación sorguera de Nicaragua., Ed. CNGBS, MIDINRA. Managua, Nicaragua. 15p.
- _____. 1989. Boletín Agrometeorológico Nº 14. Managua, Nicaragua. 24 p.
- _____. s. f. Mapas bases de sub-grupos de Suelos. Managua, Nicaragua. Esc: 1:250,000. 1.h.
- _____. s. f. Mapas de zonas de vida de Holdridge. Managua, Nicaragua. Esc: 1:500,000. 1. h.

- MONCADA, E. O. 1980. Desarrollo de un modelo para evaluación automatizada de tierras de Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua. Tesis MSc. Turrialba, C. R., CATIE. 80 p.
- MUNOZ, O. A., 1975. Relaciones agua-planta bajo sequía, en varios sintéticos de maíz resistentes a sequía y heladas; Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex. 140p.
- PAUL, C. L. et al. 1985. Desarrollo de tencología con genótipos mejorados de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) para áreas marginales de los valles altos de México. XXXI Reunión Anual PCCMA, San Pedro Sula, Honduras. 10 p.
- PAULET, M. 1983. Relación Agua - Suelo - Planta. Requerimiento de agua de las plantas en relación con el clima y el suelo para una producción óptima. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Oficina de la República Dominicana. Santo Domingo, Dominicana. 51 p.
- RADULOVICH, R. 1987. Aqua, a model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. Part. I. Basic assumptions and yield. *Agricultural and Forest Meteorology*, 40:305-321.
- _____. 1989. Optimization of Rainfed Tropical Cropping in Semi Dry Areas: A Case study. *Agricultural Water Management*. 16, 337-352.
- _____. y SANCHEZ, F. 1981. Manual del usuario AQUA. Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Agrícola. Interim Progress Report No 6 PSTC/USAID. San José, C. R. 150p.

- _____. et al. 1988. Agua y cultivos secuenciales en zonas semi-secas: evaluación de campo preliminar. *Agronomía Costarricense*. 13(2), 219-224.
- RAPIDEL, B. y RODRIGUEZ, R. J. 1980. Zonificación Agrometeorológica de las lluvias de Nicaragua. Proyecto Regional de Agrometeorología CATIE - CIRAD - ORSTOM. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 24 p.
- ROJAS, O. E. 1988. Estudio agroclimático para los departamentos de León y Chinandega, Región II de Nicaragua. IICA, Costa Rica. 105 p.
- SALINAS, I. H. 1981. Zonificación Agroecológica del café (*Coffea arabica*) de Nicaragua. Tesis MSc. Turrialba, C. R., CATIE. 110 p.
- SALTER, P. J. y J. E. GOODE, 1967. Crop response to water at different stages of growth, Commonwealth Agricultural Bureau Farnham Royal, Bucks, England. 230 p.
- STERN, R. D. 1980. Analysis of daily rainfall at Samaru, Nigeria, Using a simple two part model. *Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser. B* 28:123-135.
- STERN, R. D., DENNETT, M. D. GARBUIT, D. J. 1981. The start of rains in West Africa *J. of Climat.* 1:59-68.
- TAPIA, H. et al. 1988. Manejo Integrado de la Producción de Frijol Basado en Labranza Cero. Managua, Nicaragua. GTZ/DGTA/MIDINRA. 181 p.
- VASILI, A. et al. 1980. *Agrometeorología Tropical*. Ed. Científico - Técnica. Ciudad de la Habana, Cuba. 255 p.

VIRMANI, S. M. 1979. Climate approach to transfer o farming system technology in the semi-arid tropics. Proc. Int. Symp. Development and Transfer of Technology for Rainfed Agriculture and the SAT farmer. ICRISAT, INDIA 200 p.

ANEXO A. Encuesta A Agricultores

GUIA METODOLOGICA PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION DE LOS
SISTEMAS DE CULTIVOS MAIZ, FRIJOL Y SORGO.

País:.....Boleta Nº...

I. DATOS GENERALES

1.1. IDENTIFICACION DEL INFORMANTE

1.1.1. Departamento: _____ 1.1.2. Municipio: _____

1.1.3. Comunidad: _____

1.1.4. Nombre del agricultor: _____

1.1.5. Nombre de la esposa: _____

1.1.6. Datos de la estructura de la familia.
habitantes permanentes

PARENTESCO CON EL PRODUCTOR O JEFE DE LA FAMILIA	EDAD (años)	SEXO	ACTIVIDAD	OTROS

habitantes temporales u ocasionales

1.1.7. Cuantos años tiene de vivir en esta zona: _____

- 1.1.8. Su esposa también tiene el mismo tiempo: _____
 1. si 2. no (en caso negativo, ver 1.1.9)
- 1.1.9. Cuantos años tienen: _____

1.2 TENENCIA DE LA TIERRA

- 1.2.1. Tipo de propiedad: _____
- 1.2.2. Area de la finca (mz).

Propia	Alquilada
Agrícola: _____	Agrícola: _____
Ganadera: _____	Ganadera: _____
Forestal: _____	Forestal: _____
Otros: _____	Otros: _____

- 1.2.3. Que cultivo establece en el área agrícola _____

- 1.2.4. Por cuantos años se ha dedicado a esos cultivos: _____

II. MANO DE OBRA

- 2.1. Contrata mano de obra: 1 si 2 no.
- 2.2. Por qué.

- 2.3. Mano de obra (temporal, permanente, etc): _____
- 2.4. Procedencia de la mano de obra de su finca: _____
- 2.5. Tiene usted dificultad en conseguir mano de obra en la cantidad necesaria y en el momento oportuno.
 1 si 2 no.
- 2.6. Por qué.

- 2.7. En que época del año le hace falta mano de obra: _____
- 2.8. Para cuales actividades contrata mano de obra: _____

III. CREDITO/PRESTAMOS

- 3.1. Utiliza crédito/préstamo. 1 si 2 no (no, ver 3.2)
 3.2. Por qué.

- 3.3. Fuente de crédito/préstamo: _____
 3.4. Para que actividad solicita crédito/préstamo: _____
 3.5. Es suficiente la cantidad obtenida: 1 si 2 no.
 (no, ver 3.6).
 3.6. Por qué.

- 3.7. Como le llega el préstamo (todo, la mitad, etc): _____
 3.8. Le entregan a tiempo el préstamo o retrasado: _____
 3.9. Cuantos días se retrasan sus labores por el retraso
 del préstamo: _____

IV. ASISTENCIA TECNICA

- 4.1. Recibe asistencia técnica en sus labores agrícolas.
 1. si 2. no (si, especificar).
 4.2. Fuente de la asistencia técnica: _____
 4.3. A que fin o propósito le dirigen la asistencia
 técnica: _____
 4.4. Número de visitas del técnico al año: _____
 4.5. Pudo usted seguir las recomendaciones en sus
 sistemas de cultivos: 1 si. 2 no.
 4.5. Por qué:

V. INSUMOS PARA LA SIEMBRA

- 5.1. De donde obtiene la semilla y que tipo: _____
 5.2. Siempre obtiene así la semilla: 1. si 2. no
 5.3. Por qué:

5.4. Ha utilizado semilla mejorada: 1. si 2. no

5.5. Por qué:

5.6. Tienen algún atraso por obtener la semilla mejorada
1 si 2 no.

5.7. Por qué:

5.8. Cuantos días retrasa sus siembras por el atraso de
la obtención de la semilla: _____

5.9. Utiliza fertilizantes: 1 si 2 no

5.10. Por qué:

5.11. Utiliza herbicidas: 1. si 2. no

5.12. Por qué:

5.13. Utiliza insecticida: 1. si 2. no

5.14. Por qué:

VI. PREPARACION DE LOS SUELOS

6.1. Que herramientas utiliza en la preparación de los
suelos: _____

6.2. Propiedad de las herramientas que utiliza: _____
(en caso que no tenga herramientas ver 6.3)

6.3. Están disponibles al momento oportuno: 1. si 2. no
(no, ver 6.4).

6.4. Por qué:

6.5. Cuantos días se retrasa sus siembras por el atraso
de las herramientas agrícolas (arado, tractor) _____

- 6.6. Que labores realiza: _____
 6.7. Cual labor le lleva más tiempo: _____
 6.8. Fecha de inicio de la preparación del suelo: _____
 6.9. Fecha de finalización de la preparación: _____
 6.10. Su preparación la realiza en seco: 1. si 2. no
 6.11. For qué:

VII. SIEMBRAS DE LA EPOCA DE PRIMERA

- 7.1. Que cultivo siembra durante la época de primera: _____
 7.2. Considera la presencia de las lluvias para decidir su siembra: 1 si 2 no
 7.3. For qué.

- 7.4. Como acostumbra su siembra (en seco, con 1 o 2 lluvia): _____
 7.5. Acostumbra siempre está práctica: 1 si 2 no.
 7.6. For qué:

- 7.7. Desde cuando práctica esta siembra: _____
 7.8. Representa algún riesgo esta siembra: 1 si 2 no.
 7.9. For qué:

- 7.10. Fecha de siembra acostumbrada: _____
 7.11. Hasta que fecha esta dispuesta a sembrar: _____
 7.12. Ha perdido cosecha durante los últimos años por falta de lluvia: 1 si 2 no (si, ver 7.13, 7.16)
 7.13. Después de la siembra: 1 si 2 no.
 7.14. Durante la siembra: 1 si 2 no.
 7.15. Registro pérdidas el año pasado: _____
 7.16. El año antepasado: _____
 7.17. Ha tenido otro tipo de pérdida que no sea por falta de lluvia: 1 si 2 no (si, ver 7.18-19).
 7.18. Que tipo: _____

- 7.19. For qué:

VIII. SIEMBRAS DE POSTRERON

8.1. Realiza siembras de postreron. 1 si 2 no.

8.2. For qué:

8.3. Que cultivos siembra: _____

8.4. En que fecha siembra su cultivo: _____

8.5. Obtiene ventajas con esta siembra: 1 si 2 no.

8.6. Ha perdido cosecha durante los últimos años por falta de lluvia. 1 si 2 no (si, ver 8.7 - 8.9).

8.7. Después de las siembras. 1 si 2 no.

8.8. Registro pérdidas el año pasado: _____

8.9. El año antepasado: _____

8.10. Ha tenido otro tipo de pérdida que no sea por falta de lluvia: 1 si 2 no (si, ver 8.11-12).

8.11. Que tipo: _____

8.12. For qué:

IX. SIEMBRAS DE LA EPOCA DE POSTRERA

9.1. Que cultivo siembras en esta época: _____

9.2. La siembra de podtrera depende de la cosecha de primera: 1 si 2 no

9.3. For qué.

9.4. Cuales el período óptimo de la siembra de postrera:

9.5. La salida de las lluvias es regular o parecida años tras años: 1 si 2 no (no, ver 9.6).

9.6. For qué:

-
-
- 9.7. Ha perdido cosecha durante los últimos años por falta de lluvia: 1 si 2 no (si, ver 7.13, 7.16)
- 9.7. Después de la siembra: 1 si 2 no.
- 9.8. Durante la salida de las lluvias: 1 si 2. no
- 9.9. Registro pérdidas el año pasado: _____
- 9.10. El año antepasado: _____
- 9.11. Ha tenido otro tipo de pérdida que no sea por falta de lluvia: 1 si 2 no (si, ver 9.12-13).
- 9.12. Que tipo: _____
-
-
-
-

X. DECISIONES

- 10.1. Quienes influyen en la toma de decisión de sembrar o no en su finca: _____
- _____
- _____
- 10.2. Consulta usted para determinar cuando sembrar: _____
- _____
- _____
- 10.3. Considera algunos aspectos de árboles, pajaros para identificar un buen invierno: _____
- _____
- _____
- _____

ANEXO B. Breve descripción de las herramientas informáticas utilizadas en el trabajo.

1. Paquete "AGROCLIM"

Esta es una herramienta desarrollada por el Proyecto Regional de Agrometeorología - CATIE, sencilla y potente para el análisis de la relación clima-suelo-planta y que consta de cuatro subpaquetes: DATOS, PLUVIO, ETP Y BIP, de los cuales no se utilizaron en el presente trabajo BIP y PLUVIO.

-ETP: propone un cálculo de la evapotranspiración (ETP) según la fórmula de Penman, a nivel diario, decenario o mensual.

-DATOS: sirve para preparar, corregir, actualizar y edita rarchivos de lluvia.

-PLUVIO: presenta programas de análisis (promedio, frecuencias, máximas-mínimas, períodos secos y lluviosos) y de graficación de los datos.

- BIP: es un modelo de simulación de balance hídrico que utiliza datos clima, suelos y cultivos.

En este trabajo se utilizaron los subpaquetes DATOS y ETP.

2. Lotus 123

Este es un programa sencillo de manipular. Fue utilizado para grabar y editar datos de temperatura, viento, brillo solar y humedad relativa.

3. Modelo de balance hídrico AQUA

Esta es una descripción que se hizo a partir de trabajos realizados por Radulovich (1988).

La ecuación de cálculo del balance hídrico es la siguiente:

$$B_n = B_{n-1} + P_n + ET_n + (AD_n - AD_{n-1}) \quad (1)$$

donde:

B_n = balance hídrico, cantidad de agua (mm) disponible para la planta al final del día n (del suelo).

n = día del ciclo efectivo de crecimiento

P_n = precipitación en mm durante el día n .

ET_n = evapotranspiración del cultivo en mm durante el día n .

AD_n = agua fácilmente disponible para el cultivo en mm en el día n .

Las simulaciones se realizan sobre lo que se denomina siembro, definido como un área sembrada en una misma fecha tanto para el cultivo como para el perfil de suelo. Para el número de días, desde la siembra hasta la madurez efectiva,

La precipitación efectiva usada en la ecuación (1) utiliza el valor diario expresado en mm. Si la precipitación (P_n) supera el valor máximo de balance (B_n) se considera cantidad en exceso y es la pérdida de agua por "escorrentía" o "percolación".

El cálculo del AD_n se realiza mediante la siguiente expresión matemática:

$$AD_n = (AD_{nc} * CAn * PR) \quad (2)$$

donde

AD_n = agua disponible en el perfil del suelo (mm/m suelo), se define como el agua entre los puntos de capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

CAn = coeficiente de agotamiento en el día n, se define como la fracción del ADnc que puede consumirse sin que el cultivo sufra por déficit hídrico.

PR = profundidad radical (cm).

La evapotranspiración del cultivo ETn usada en la ecuación (1) se calcula con la siguiente ecuación:

$$ETn = Kc,n * ETPn$$

donde:

Kc,n = coeficiente del cultivo en el día n.

ETPn = evapotranspiración potencial en mm en el día n.

- Variables de entradas del modelo -

Clima

Precipitación diaria (mm)

Evapotranspiración potencial en mm (diaria o mensual)

Cultivos

Fases de desarrollo del cultivo en días (en días)

Coeficientes de cultivos

Profundidad radical (cm).

Coeficiente de aprovechamiento de agua

Suelos

Reserva útil (mm/m de suelo)

Criterios

Obedecen al tipo de trabajo

- Principales variables de salidas del modelo -

Indices

El modelo tiene como salida principal los índices de déficit, excesos y estrés que permiten estimar el potencial de una zona para la producción de un cultivo, así como la

definición de los períodos de inicio y sequía en las fases de desarrollo de los cultivos.

En este trabajo se utilizó el índice déficit hídrico expresado en días, se representa con la siguiente ecuación:

$$Id = ((Dc - Dd)/Dc)*100$$

donde:

Id = índice de déficit (en días)

Dc = duración efectiva del cultivo

Dd = días con déficit

Para determinar los índices, primero se calculan el número de días con déficit durante el ciclo efectivo o período definido de crecimiento del cultivo mediante el uso del balance hídrico.

Fecha más temprana de siembra

Permite determinar el inicio del año agrícola. Además define la fecha del año en que el suelo llega a capacidad de campo ayudando a identificar la última fecha siembra a partir de la cual un cultivo sobrevivirá únicamente con el agua almacenada en el suelo y las pocas lluvias restantes.

Este modelo, también es capaz de analizar la precipitación de dos formas: encontrando precipitación diaria probable para un juego de datos y calculando acumulados de precipitación para el incremento de tiempo que el usuario requiera.

ANEXO C. Datos específicos de maíz, frijol y sorgo

Cuadro C-1. Profundidad radical (cm) de los cultivos por fases fenológicas.

Cultivo	Ciclo	Germi nación	Crecimiento vegetativo	Flora ción	Llenado grano	Madurez fi siológica
Maíz	110	30	60	100	120	120
Maíz	90	30	60	100	120	120
Frijol	75	20	50	80	100	100
Sorgo	95	30	50	90	120	120

Cuadro C-2. Coeficientes de cultivos por fases fenológicas

Cultivo	Ciclo	Germi nación	Crecimiento vegetativo	Flora ción	Llenado grano	Madurez fi siológica
Maíz	110	0.45	0.86	1.15	1.05	0.78
Maíz	90	0.42	0.70	1.12	1.12	0.80
Frijol	75	0.45	0.82	1.01	0.85	0.67
Sorgo	95	0.45	0.95	1.08	0.96	0.78

Cuadro C-3. Duración (días) de las fases fenológicas de los cultivos.

Cultivo	Ciclo	Germi nación	Crecimiento Vegetativo	Flora ción	Llenado grano	Madurez fi siológica
Maíz	110	15	40	20	20	15
Maíz	90	15	30	20	15	15
Frijol	75	10	25	15	15	10
Sorgo	95	15	35	20	15	15

Cuadro C-4. Coeficientes de aprovechamiento de agua (%) de los cultivos.

Cultivo	Ciclo	Germi nación	Crecimiento vegetativo	Flora ción	Llenado grano	Madurez fi siológica
Maíz	110	50	50	60	70	60
Maíz	90	50	50	60	70	60
Frijol	75	50	50	60	60	50
Sorgo	95	50	50	60	70	60

ANEXO D. Datos climáticos

Cuadro D-1. Estaciones meteorológicas del departamento de Estelí.

Estación	Tipo	Altura msnm	Latitud (N)	Longitud (W)
Estelí	A	815	13º07'	86º21'
Santa Cruz	Pv	1010	13º01'	86º18'
Condega	A	560	11º56'	86º23'
Pueblo Nuevo	Pv	-	12º23'	86º26'
San Isidro	A	380	12º54'	86º11'
Limay	Pv	281	13º10'	86º36'
Caublote	Pv	750	13º09'	86º28'
El Pataste	Pv	1480	13º20'	86º26'
Nacascolo	Pv	420	13º00'	85º28'
San Lorenzo	Pv	340	13º01'	86º16'

A: Climática Pv: Pluviométrica

Cuadro D-2. Evapotranspiración potencial* promedio (mm/días) en las estaciones meteorológicas.

MESES	ESTACIONES					
	Estelí	Condega	La Trinidad	Limay	San Lucas	Sta Cruz
ENE	4.7	4.5	5.2	4.3	4.6	4.9
FEB	5.5	5.4	5.8	5.1	5.0	5.7
MAR	6.3	6.2	6.5	5.9	6.0	6.4
ABR	6.9	6.7	6.9	6.1	5.8	6.9
MAY	6.0	6.2	6.1	5.7	5.4	6.1
JUN	5.2	5.0	5.8	4.7	4.4	5.5
JUL	5.1	4.8	5.4	4.7	4.7	5.3
AGO	5.0	4.9	5.4	4.8	4.7	5.2
SEP	4.3	4.9	5.0	4.6	4.4	4.7
OCT	4.1	4.5	4.8	4.3	4.4	4.5
NOV	4.2	4.5	4.8	4.1	4.1	4.5
DIC	4.3	4.6	4.8	4.0	4.3	4.6

* De acuerdo al método de Penman

CUADRO D-3. Datos climáticos de la estación de Estelí.

MES	DECADAS	TEMPERATURA (°C)	VIENTO (m/s)	H. RELATIVA (%)	B. SOLAR (h/día)
ENE	1	21.2	1.3	70.0	5.4
	2	21.6	1.3	66.6	5.6
	3	22.8	1.3	66.5	5.4
FEB	1	22.3	1.3	63.2	6.2
	2	23.0	1.2	63.6	6.5
	3	23.0	1.3	60.8	6.8
MAR	1	24.0	1.2	60.5	7.3
	2	24.0	1.3	59.4	7.4
	3	25.1	1.2	58.0	7.9
ABR	1	24.8	1.1	58.7	7.8
	2	24.9	1.1	59.7	8.0
	3	25.6	0.8	56.3	7.4
MAY	1	25.8	0.9	60.3	7.4
	2	25.7	0.9	61.9	6.8
	3	25.1	0.8	71.3	6.7
JUN	1	24.2	0.6	75.9	5.8
	2	23.4	0.6	78.0	5.7
	3	23.7	0.8	75.0	6.3
JUL	1	22.5	0.8	72.9	6.4
	2	22.8	0.9	73.0	6.7
	3	23.4	0.9	74.1	6.5
AGO	1	23.8	0.9	72.9	6.8
	2	23.7	0.8	73.0	7.0
	3	23.5	0.8	74.1	6.8
SEP	1	23.3	0.7	72.9	6.6
	2	23.0	0.6	76.4	6.6
	3	22.4	0.5	78.5	6.4
OCT	1	22.6	0.5	80.4	6.3
	2	23.0	0.7	82.2	6.7
	3	23.2	0.7	79.2	6.8
NOV	1	22.6	0.7	77.4	6.9
	2	22.4	0.9	76.1	7.0
	3	21.8	0.8	75.5	6.9
DIC	1	22.2	1.1	73.9	7.2
	2	21.4	1.2	72.3	8.0
	3	22.1	1.2	73.8	8.3

CUADRO D-4. Datos climáticos* de San Isidro (La Trinidad).

MES	DECADAS	TEMPERATURA (°C)	VIENTO (m/s)	H. RELATIVA (%)	B. SOLAR (h/día)
ENE	1	24.1	1.3	70.0	
	2	24.7	1.2	66.6	
	3	24.6	1.3	67.5	
FEB	1	25.1	1.4	64.2	
	2	25.7	1.3	64.6	
	3	25.6	1.2	66.8	
MAR	1	26.4	1.2	54.5	
	2	26.6	1.2	59.4	
	3	26.5	1.2	56.0	
ABR	1	27.3	1.1	60.7	
	2	28.1	1.1	59.7	
	3	27.9	0.8	55.3	
MAY	1	27.5	0.9	60.3	
	2	27.5	0.9	61.9	
	3	27.0	0.8	71.3	
JUN	1	26.0	0.6	76.9	
	2	26.2	0.6	78.0	
	3	25.7	0.8	75.0	
JUL	1	25.3	0.8	73.9	
	2	25.2	0.9	74.0	
	3	26.0	0.9	74.1	
AGO	1	25.7	0.9	75.9	
	2	25.8	0.6	73.0	
	3	25.8	0.7	74.1	
SEP	1	25.1	0.9	75.9	
	2	25.0	0.7	76.4	
	3	25.0	0.8	77.5	
OCT	1	25.0	0.7	81.4	
	2	25.5	0.7	83.2	
	3	24.8	0.8	79.2	
NOV	1	25.1	0.8	78.4	
	2	25.0	0.9	79.1	
	3	24.9	0.8	77.5	
DIC	1	25.1	1.3	74.9	
	2	24.6	1.3	74.3	
	3	24.3	1.3	77.8	

CUADRO D-5. Datos climáticos* de Condega.

MES	DECADAS	TEMPERATURA (°C)	VIENTO (m/s)	H. RELATIVA (%)	B. SOLAR (h/día)
ENE	1	21.8	2.7	75.7	5.8
	2	22.3	2.4	76.4	6.3
	3	22.2	2.9	77.8	6.8
FEB	1	22.4	2.4	76.8	7.0
	2	23.1	2.2	73.9	7.4
	3	23.6	2.6	71.4	7.9
MAR	1	24.0	2.3	70.5	8.4
	2	24.5	2.1	69.4	8.7
	3	25.4	2.3	67.8	7.8
ABR	1	25.4	2.6	70.4	8.6
	2	26.1	2.6	67.2	7.8
	3	26.4	2.3	71.4	7.3
MAY	1	26.0	1.9	76.3	6.9
	2	25.9	1.9	82.3	7.0
	3	24.8	1.5	83.9	5.1
JUN	1	24.3	1.7	85.4	5.7
	2	24.1	1.6	85.3	4.7
	3	23.8	1.4	86.3	4.1
JUL	1	23.3	1.6	85.8	4.4
	2	23.3	1.8	86.5	4.9
	3	23.5	1.9	85.8	5.3
AGO	1	23.5	1.8	84.0	5.4
	2	23.8	2.2	86.9	5.9
	3	23.5	2.1	84.9	5.3
SEP	1	23.7	2.2	83.4	5.5
	2	23.8	2.1	85.1	5.5
	3	23.7	1.9	84.1	5.2
OCT	1	23.6	1.9	84.6	6.1
	2	23.4	1.7	84.0	5.8
	3	23.2	1.9	83.7	6.3
NOV	1	22.9	1.6	83.7	5.8
	2	22.8	2.1	81.0	5.4
	3	22.8	2.0	80.9	5.6
DIC	1	22.6	2.1	78.7	5.1
	2	22.3	2.6	77.4	6.1
	3	22.3	2.5	76.4	6.1

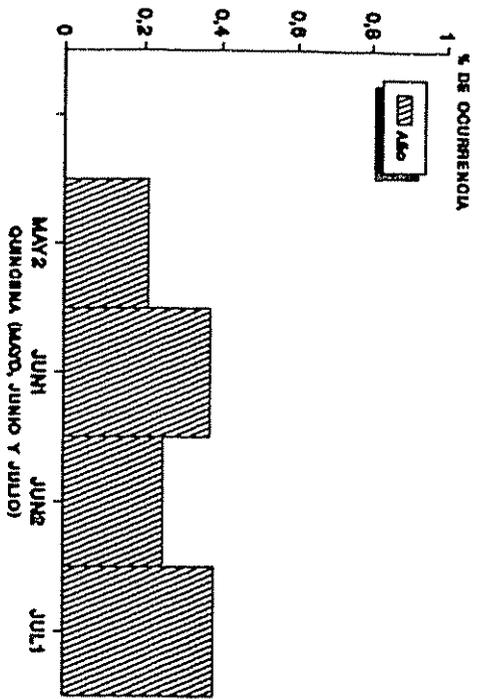


Fig. 1. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos, Estellí

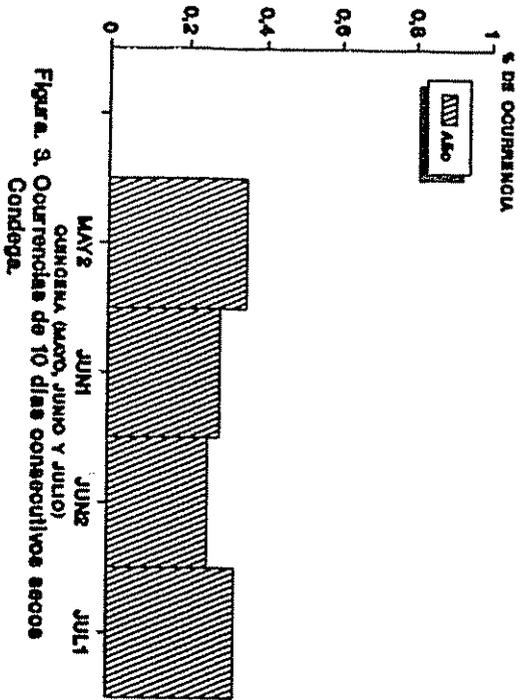


Figura. 3. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos Condega.

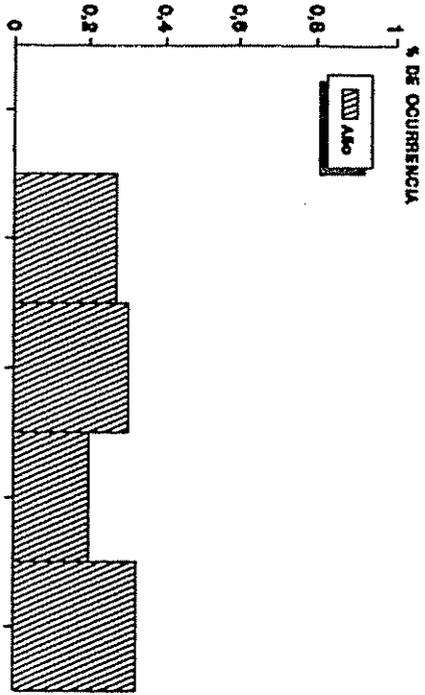


Figura. 2. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos San Isidro (La Trinidad)

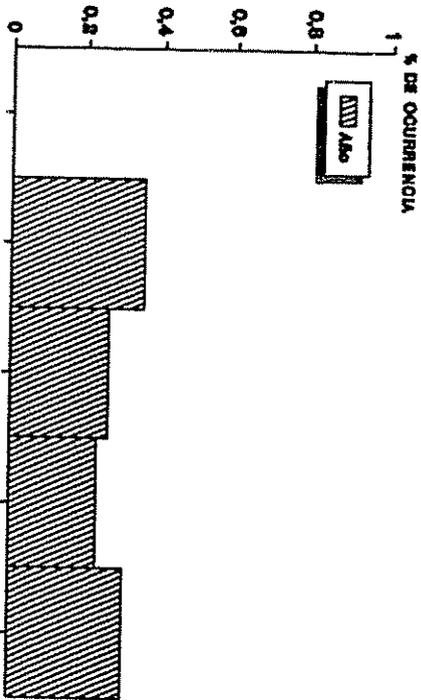


Figura. 4. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos Pueblo Nuevo.

Figuras D-6. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos en las estaciones de Estellí, Pueblo Nuevo, Condega y San Isidro durante la época de primera.

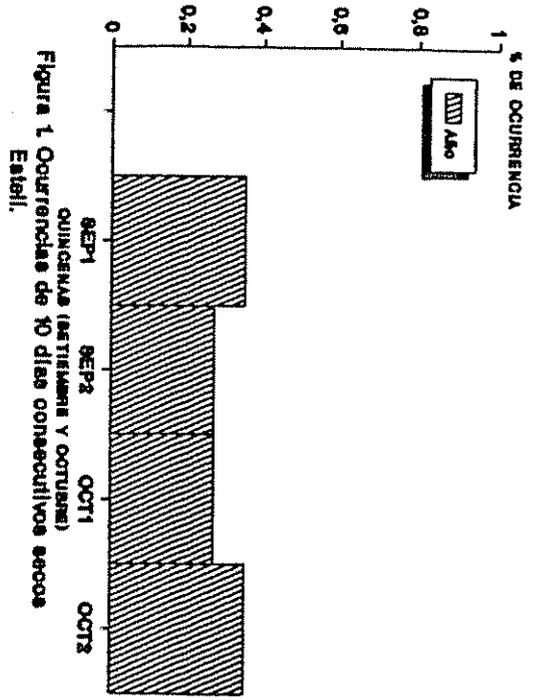


Figura 1. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos Estelí.

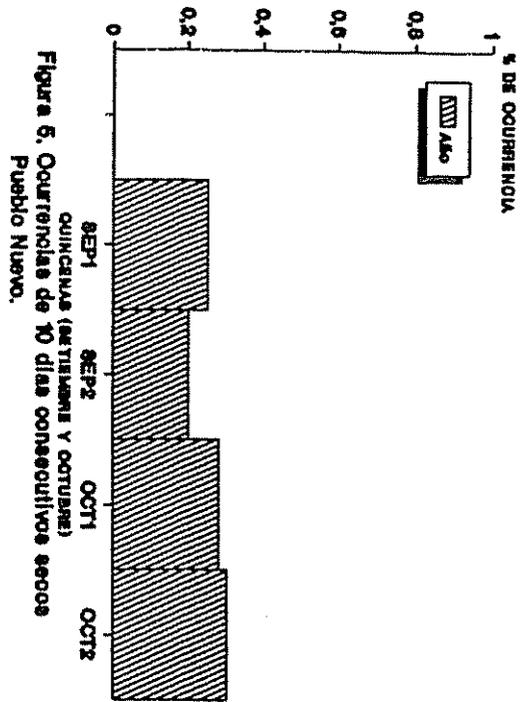


Figura 5. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos Pueblo Nuevo.

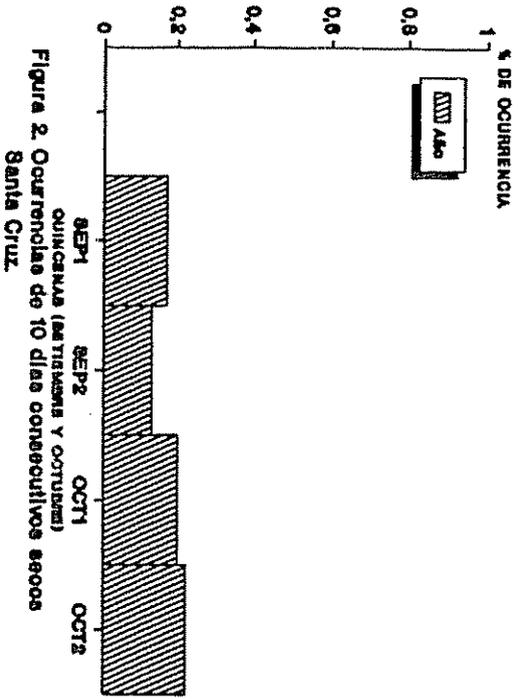


Figura 2. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos Santa Cruz.

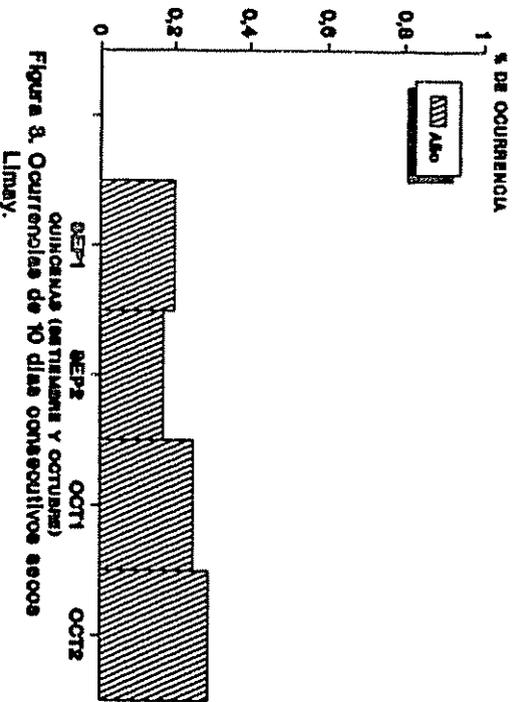
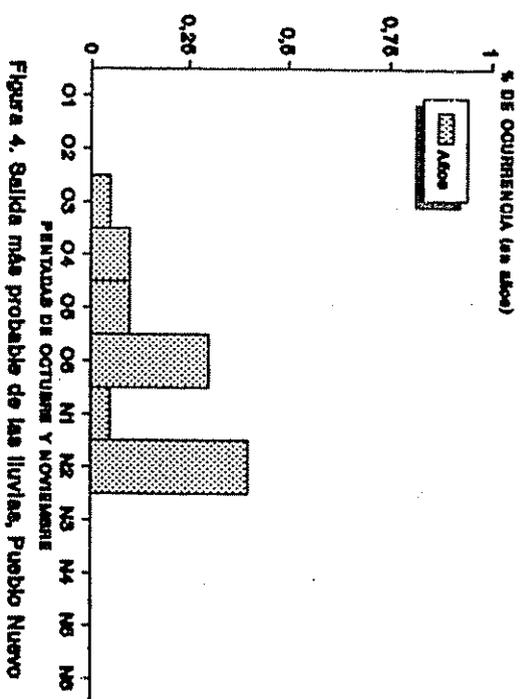
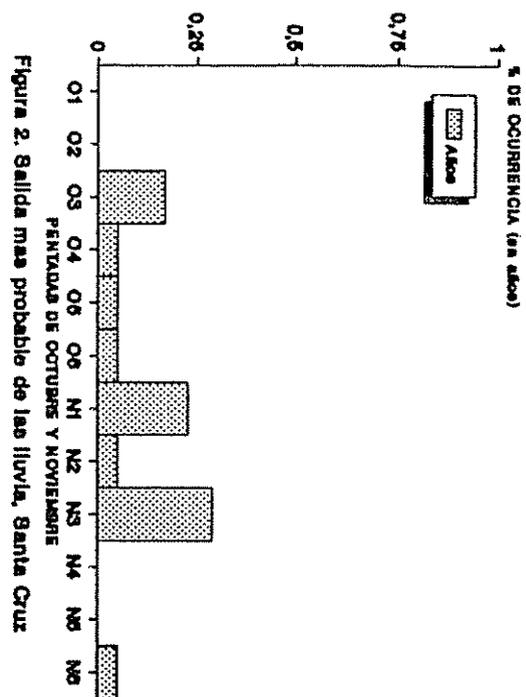
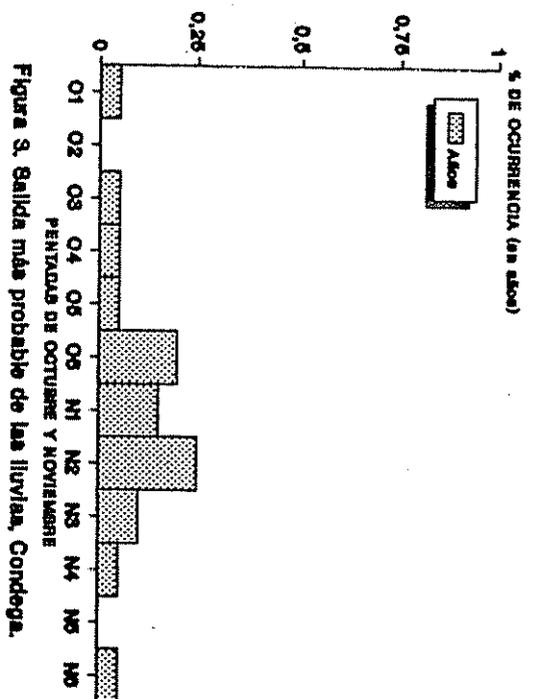
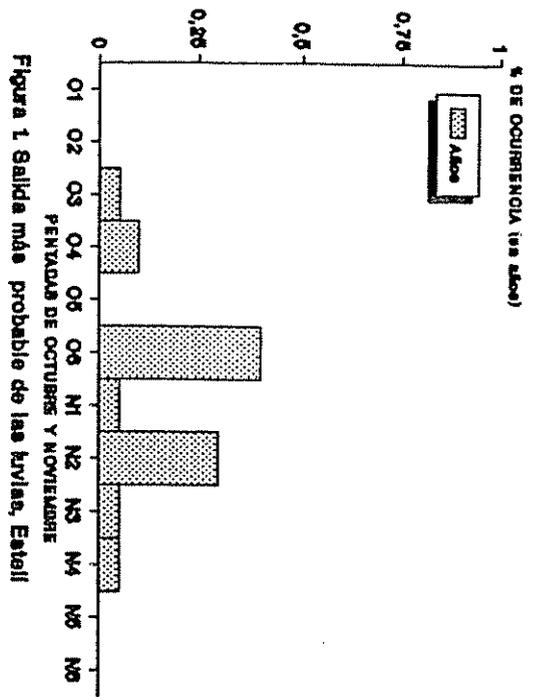


Figura 3. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos Limay.

Figuras D-7. Ocurrencias de 10 días consecutivos secos en las estaciones de Estelí, Pueblo Nuevo, Condega, Limay y Santa Cruz durante la época de postera.



Figuras D-8. Salida más probable de las lluvias en las estaciones de Estelí, Pueblo Nuevo, Condega, Santa Cruz.

Cuadro D-9. Años en que ocurre las siembras
intermedia (del 11 al 20 de mayo).

ESTACION	AÑO	Nº DE LLUVIA	CANTIDAD (mm)
ESTELI	1971	1	67.2
	1975	1	20.7
	1980	1	21.1
	1986	1	70.7
	1991	1	44.6
	1989	1	32.0
	1970	1	20.0
	1972	1	72.4
	1974	1	30.0
	1978	1	36.8
SANTA CRUZ	1969	1	25.0
	1970	1	118.0
	1971	1	30.5
	1976	1	28.0
	1979	1	24.0
	1972	1	32.0
	1973	1	21.4
	1974	1	24.5
	1975	1	39.0
	1991	1	41.0
SAN ISIDRO	1972	1	65.5
	1974	1	18.1
	1975	1	42.1
	1977	1	22.0
	1983	1	43.2
	1974	1	55.1
	1973	1	19.0
	1978	1	65.0
	1991	1	30.0
PUEBLO NUEVO	1976	1	58.6
	1980	1	26.0
	1971	1	24.1
	1972	1	22.7
	1974	1	60.7
	1975	1	30.4
	1978	1	36.0
	1982	1	70.0

D-10. Datos de Reserva útil (RU) en mm/m de los suelos del área de estudio.

TEXTURA	%H. D.	PROF (cm)	R. U.
Arcillo arenoso	14	40	56
		60	84
		90	126
Arcillo limoso	16	40	64
		60	96
		90	144
Arcilloso	19	40	76
		60	114
		90	171

% H. D. : Porcentaje de humedad disponible

R. U. Reserva útil de agua, expresada en mm/m de suelo.

La textura predominante en toda la zona es la arcillo arenoso, por lo tanto se tomo su reserva útil para efectuar las simulaciones.

a) En el caso de las simulaciones con el cultivo de referencia se utilizo un promedio de las tres profundidades (RU = 90 mm/m de suelo).

b) En el caso de las simulaciones de los cultivos maíz, frijol y sorgo se utilizo como RU = 125 mm.

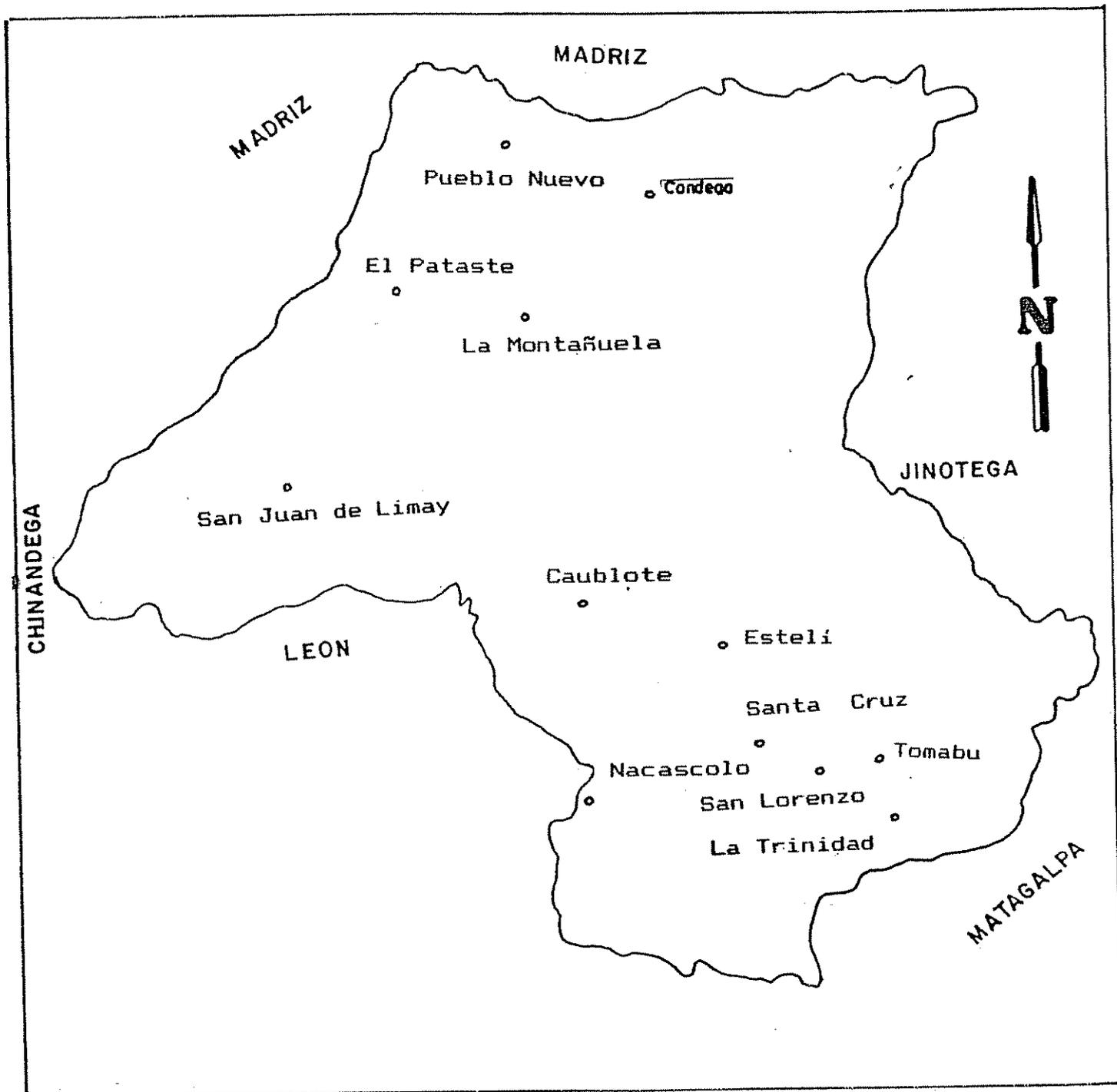


Figura D-11. Ubicación geográficas de las estaciones meteorológicas.

Anexo E. Días con déficit hídrico en los cultivos maíz, frijol y sorgo con relación a los periodos de siembra (por pentadas).

Cuadro E-1. Período de siembras tempranas (del 01 al 06 de mayo).

Años	Frijol (75)		Maíz (90)		Sorgo (95)		Maíz (110)	
	01	06	01	06	01	06	01	06
	Estelí							
1977	0	0	8	8	8	10	10	10
1982	0	0	5	8	9	11	8	9
	Santa Cruz							
1977	1	4	3	3	2	3	2	3
1982	0	0	2	4	3	4	4	8
	San Isidro							
1977	0	5	6	14	16	15	10	12
1983	1	0	7	11	15	13	14	14
	Pueblo Nuevo							
1974	3	0	6	10	11	12	5	8
1981	0	3			6	6		
1982	0	-	4	6	5	7	4	8

Cuadro E-2. Período de siembras intermedias (del 11 al 16 de mayo).

Años	Frijol (75)		Maíz (90)		Sorgo (95)		Maíz (110)	
	11/5	16/5	11/5	16/5	11/5	16/5	11/5	16/5
Estelí								
1972	1	-	14	-	14	-	15	-
1977	-	0	-	10	-	13	-	10
1982	0	0	5	12	6	10	10	12
Santa Cruz								
1971	3	6	5	8	4	7	11	14
1972	3	5	4	9	8	9	10	11
1977	6	-	4	-	4	-	7	-
1982	-	5	-	3	-	10	-	15
1991	-	1	-	4	-	4	-	16
San Isidro								
1975	10	-	7	-	8	-	2	-
1977	-	9	-	14	-	15	-	15
1983	-	6	-	10	-	11	-	13
Fueblo Nuevo								
1974	-	5	-	12	-	12	-	13
1982	4	6	6	10	-	-	4	16

Cuadro E-3. Período de siembras tardías (del 21 al 26 de mayo).

Años	Frijol (75)		Maíz (90)		Sorgo (95)		Maíz (110)	
	21	26	21	26	21	26	21	26
Estelí								
1972	-	13	-	14	-	16	-	11
1977	12	15	12	14	15	17	16	16
1982	8	15	14	14	14	14	15	15
1991	3	-	14	-	14	-	14	-
Santa Cruz								
1971	-	13	-	10	-	10	-	-
1972	9	14	13	14	11	12	11	-
1977	10	12	13	14	12	15	15	-
1982	10	15	7	6	14	11	16	-
1991	0	5	8	11	10	11	18	-
San Isidro								
1976	8	10	3	6	-	-	-	-
1977	12	15	15	16	15	15	15	15
1983	-	13	-	11	11	11	10	7
1991	11	-	11	-	13	11	11	10
Pueblo Nuevo								
1974	-	-	14	12	15	13	10	14
1981	6	9	12	11	10	11	13	14
1982	0	11	12	14	12	14	15	18

ANEXO F. Figuras de días con déficit hídrico en la floración de los cultivos frijol y sorgo en estelí, Santa Cruz, San Isidro (La Trinidad) y Pueblo Nuevo

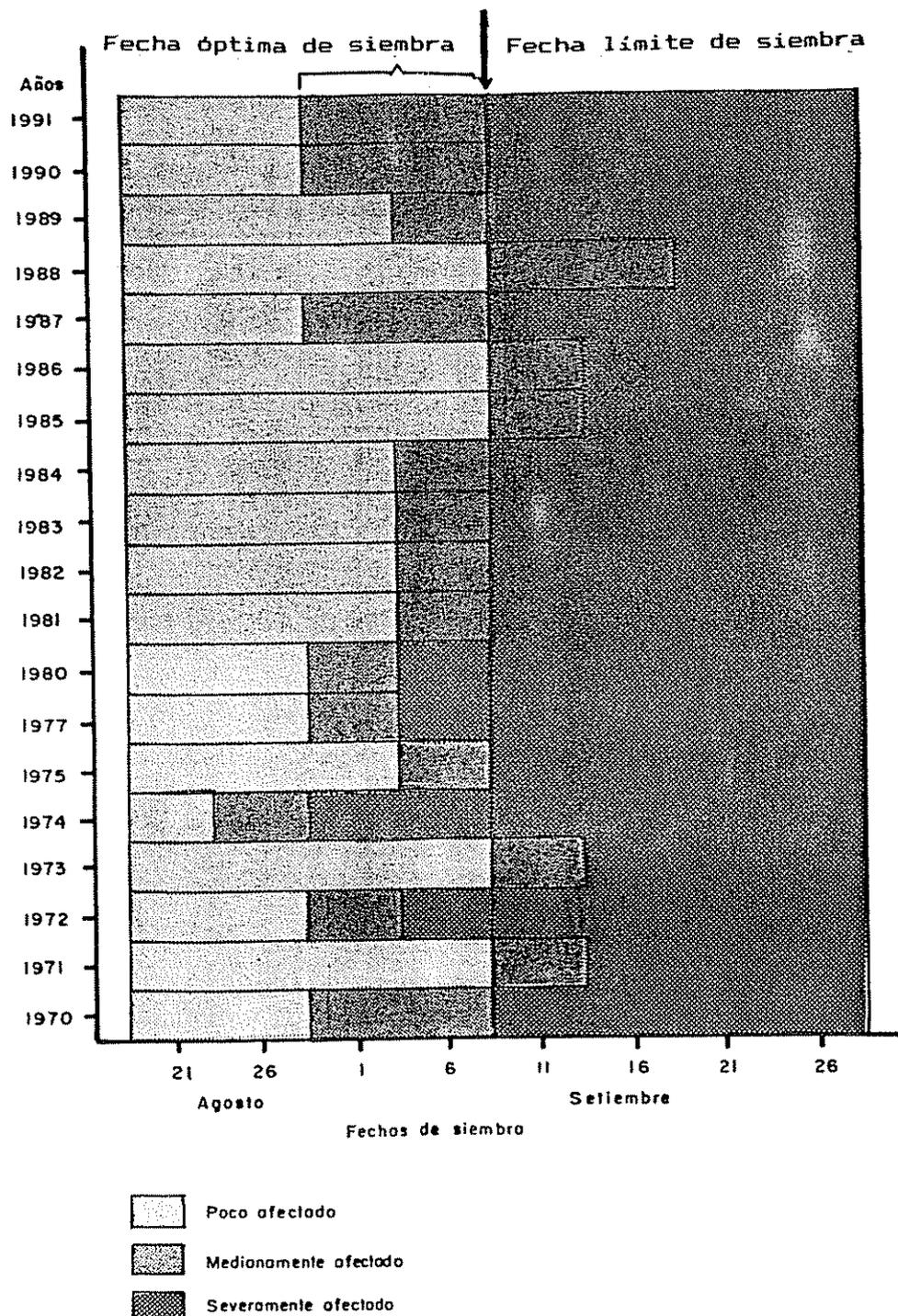


Figura F-1. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días en base a la propuesta, Estelí.

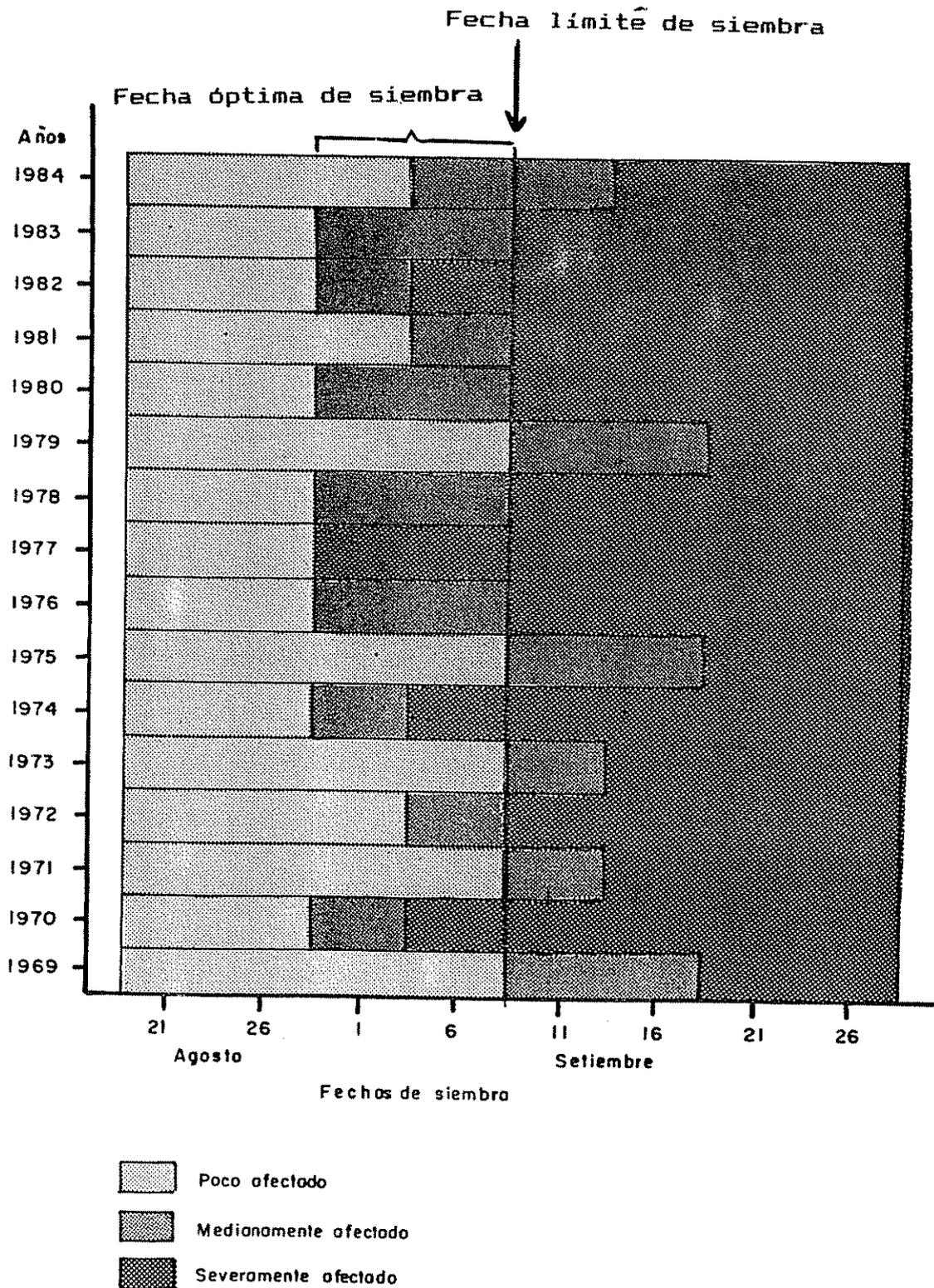


Figura F-2. Número de días con DH en la floración (20 días) del sorgo de 95 días en base a la propuesta, Santa Cruz.

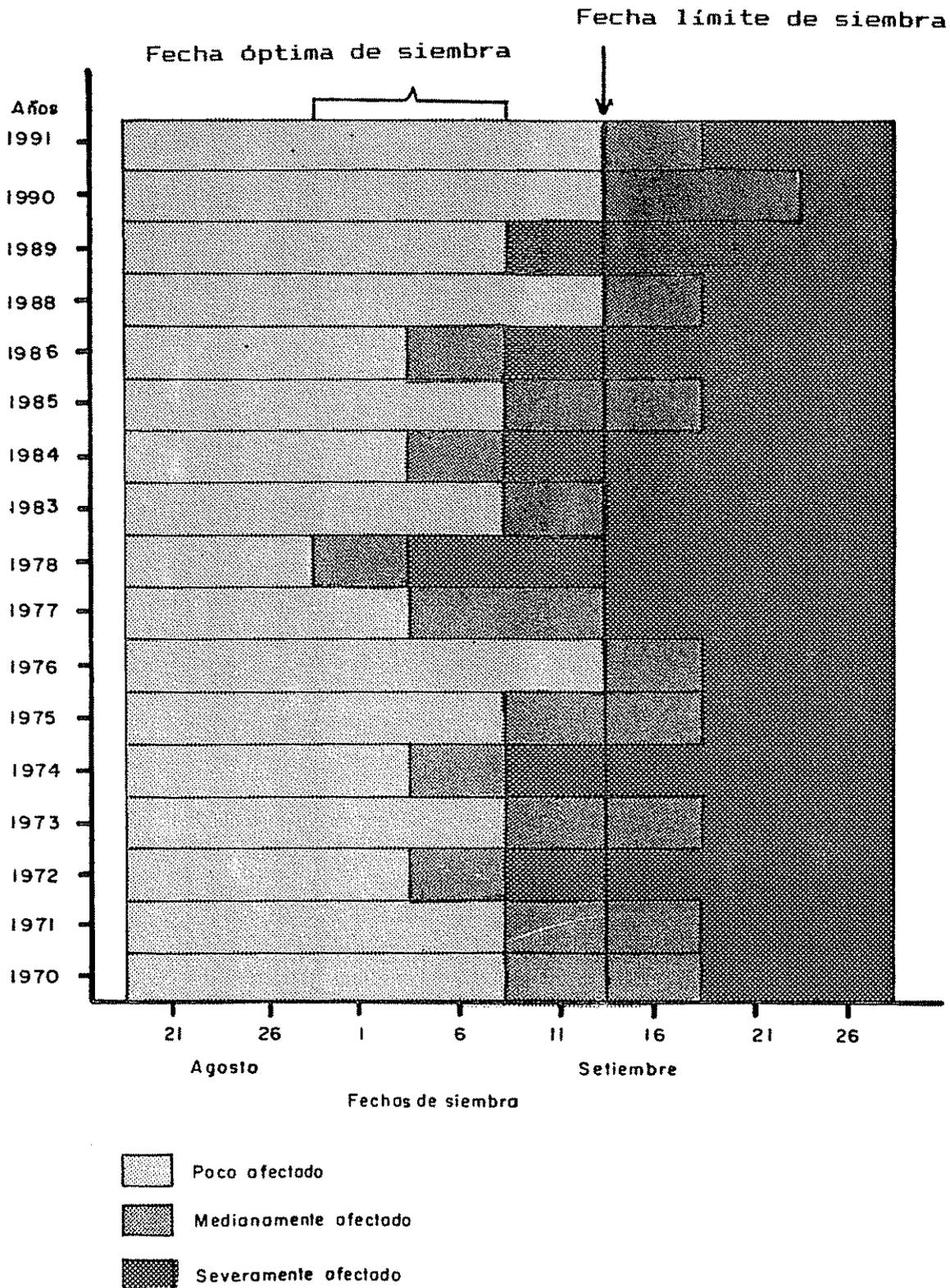


Figura F-3. Número de días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días en base a la propuesta, San Isidro (La Trinidad).

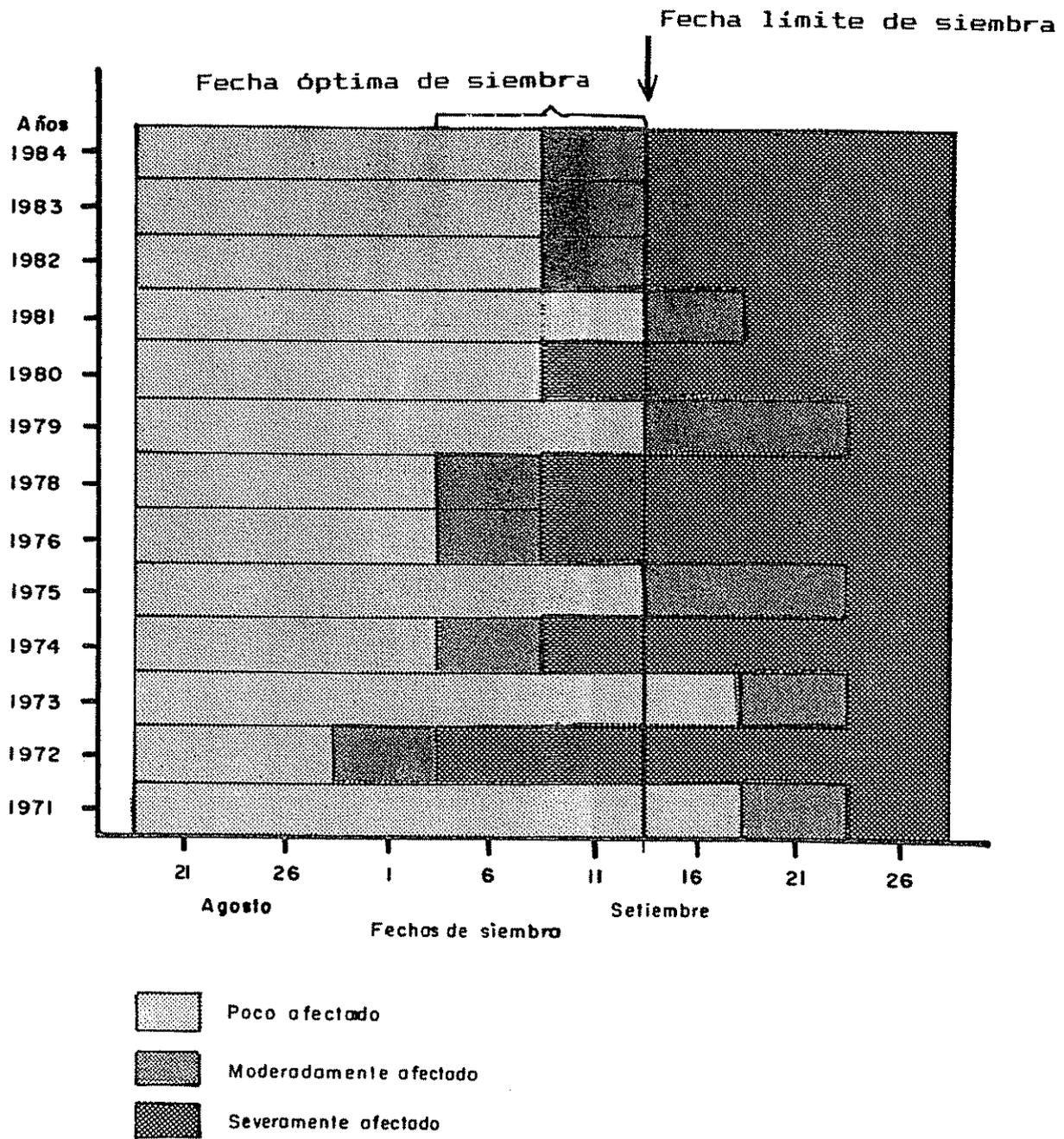


Figura F-4. Número de días con DH en la floración (15 días) del frijol de 75 días en base a la propuesta, Pueblo Nuevo.