

# **ZONIFICACION AGROMETEOROLOGICA DE LAS LLUVIAS EN NICARAGUA**

## **ANEXO METODOLOGICO**

**Bruno Rapidel**  
**Jorge Rodríguez**

**Turrialba, Agosto de 1990**

## INDICE

<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>II. LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>2</b>
<b>II.1. LA PROBLEMÁTICA GENERAL .....</b>	<b>2</b>
<i>Marco general del análisis</i>	
<i>Los registros de análisis</i>	
<i>Las herramientas de análisis</i>	
<b>II.2. LA PROBLEMÁTICA DE CADA CRITERIO Y SU SOLUCION .....</b>	<b>3</b>
<b>II.2.1. LA ENTRADA DE LAS LLUVIAS .....</b>	<b>3</b>
<i>La problemática</i>	
<i>El criterio</i>	
<b>II.2.2. LA CANICULA .....</b>	<b>5</b>
<i>La problemática</i>	
<i>El criterio</i>	
<b>II.2.3. LA RETIRADA DE LAS LLUVIAS .....</b>	<b>6</b>
<i>La problemática</i>	
<i>El criterio</i>	
<b>II.2.4. LAS LLUVIAS DE APANTE .....</b>	<b>6</b>
<i>La problemática</i>	
<i>El criterio</i>	
<b>II.2.5. LA IRREGULARIDAD DE LOS CICLOS .....</b>	<b>7</b>
<i>La problemática</i>	
<i>El criterio</i>	
<b>II.2.6. LOS VOLUMENES PRECIPITADOS .....</b>	<b>8</b>
<i>La problemática</i>	
<i>El criterio</i>	
<b>III. LA METODOLOGIA DE LA ZONIFICACION .....</b>	<b>9</b>
<b>IV. CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES .....</b>	<b>10</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>11</b>

## I) INTRODUCCION

En junio de 1990, el Programa Nacional de Agrometeorología del MAG de Nicaragua y el Programa Regional de Agrometeorología del CATIE publicaron una zonificación agrometeorológica de las lluvias.

Por el amplio público al que estaba dirigida esta publicación, no se consideró necesario explicar detalladamente la metodología que se siguió. Es entonces el objetivo de este documento, que las personas interesadas en reflexionar sobre la metodología de la zonificación o en reproducirla lo puedan realizar.

## II. LA PROBLEMATICA

### II.1) LA PROBLEMATICA GENERAL.

#### *Marco general del análisis*

Antes de entrar en la descripción de los criterios que se utilizaron en la zonificación, es necesario precisar algunos fundamentos del análisis.

El estudio agrometeorológico de las lluvias procede del análisis combinado de dos elementos:

- *la forma (cantidad y distribución) en que precipitan las lluvias.*
- *las relaciones entre lluvias y desarrollo de los cultivos.*

Existe una infinidad de formas para combinar estos factores, entre las cuales el investigador tiene que operar una selección juiciosa.

Con fines operativos, para esta zonificación, la selección de los criterios ha sido determinada con base en el conocimiento empírico de los factores agronómicos y meteorológicos que, en la práctica, los agricultores, los técnicos y los investigadores utilizan para razonar la adecuación de un cultivo a una zona determinada.

La formulación matemática de los criterios seleccionados para la zonificación resulta de la relación formal de los factores agronómicos y meteorológicos, según las leyes físico-biológicas dictadas por la Agrometeorología.

### Los registros de análisis

El utilizar un conjunto de años meteorológicos de registro para establecer elementos sobre el futuro consta de dos supuestos que importa validar:

- que el registro histórico considere un número de años suficientemente grande para representar fielmente la variabilidad inter-anual del clima. Este punto cobra mayor importancia en el caso de las precipitaciones. En la práctica, se considera que 30 años de datos constituye un registro ideal y 15 a 20 años como un registro aceptable.
- que el clima no cambia en los años considerados, de tal forma que una referencia establecida con datos históricos siga siendo válida en el futuro a corto y mediano plazo.

Se considera que estos supuestos son válidos en el caso del banco de datos pluviométricos del Programa Nacional de Agrometeorología de Nicaragua.

### Las herramientas de análisis

Las herramientas de análisis de los registros pluviométricos deben de restituir la variabilidad interanual de las precipitaciones ( que los agricultores integran de cierta manera en el riesgo que aceptan al realizar una siembra), y la secuencia de las lluvias durante un ciclo de cultivo.

Las herramientas comúnmente utilizadas para el análisis de las precipitaciones no logran representar, por lo general una referencia satisfactoria de ambos componentes:

- El manejo en términos de promedios no restituye el factor de riesgo que está al centro de las preocupaciones de los agricultores.
- El estudio frecuencial de las precipitaciones (determinación de la mediana, de los cuartiles o de los quintiles), si bien considera la dimensión del riesgo, no restituye la secuencia del fenómeno en un ciclo determinado.

La herramienta que más se utilizó en la zonificación es la simulación de balance hídrico y el análisis probabilístico de los resultados (prácticamente, de los índices de satisfacción de las necesidades hídricas). Al contrario de las otras herramientas, esta técnica restituye tanto la secuencia de las precipitaciones como los riesgos que se toman. En fin, toma en cuenta otros factores que interactúan sobre la utilización del agua por los cultivos, como son: la demanda evaporativa del clima y de los cultivos, las reservas de agua disponible de los suelos, las pérdidas de agua por drenaje profundo y por escorrentía.

El modelo que se utilizó en la zonificación es el modelo de de Franquin-Forest, cuyo funcionamiento se describe rápidamente en el anexo No 1.

A continuación se estudia la filosofía de cada uno de los parámetros utilizados, y la construcción matemática de los indicadores asociados a los parámetros:

- *La entrada de las lluvias*
- *La Cenicula*
- *La retirada de las lluvias*
- *Las lluvias de Apante*
- *La irregularidad de los ciclos*
- *Las cantidades acumuladas de precipitaciones*

## II.2 LA PROBLEMÁTICA DE CADA CRITERIO Y SU SOLUCION

### II.2.1 LA ENTRADA DE LAS LLUVIAS

#### Problemática

La definición concreta de este criterio es relativamente compleja. Por ejemplo, en Nicaragua, la mayoría de los agricultores dicen que siembran después del 'tercer aguacero'. Esto podría ser un criterio: la fecha de la tercera lluvia. Pero queda por definirse la cantidad de agua necesaria para considerar que una lluvia es un aguacero.

Luego, se puede definir la fecha de la entrada de las lluvias como la fecha después de la cual una siembra puede establecerse durablemente. Este concepto integra una noción de cantidad de lluvia caída a esta fecha (en relación con las necesidades de agua del cultivo), y una noción de continuidad de las precipitaciones.

Ahí se vislumbra la utilización del balance hídrico que permite estudiar la secuencia de las lluvias.

#### Criterio

En función de los planteamientos anteriores, se definió la fecha de entrada de las lluvias en un año cualquiera de la manera siguiente:

- Se simula el balance hídrico de un cultivo de referencia (el césped, cuyos coeficientes de cultivo<sup>1</sup> siempre toman el valor 1 desde el primero de mayo).
- Se estudian los índices de satisfacción de las necesidades hídricas (ISNH) del césped en el mes de mayo. Habitualmente, como no llueve al inicio del mes, los índices están nulos. La fecha de entrada de las lluvias se determina como el momento en que, debido a las precipitaciones, los índices son superiores a 50 %.

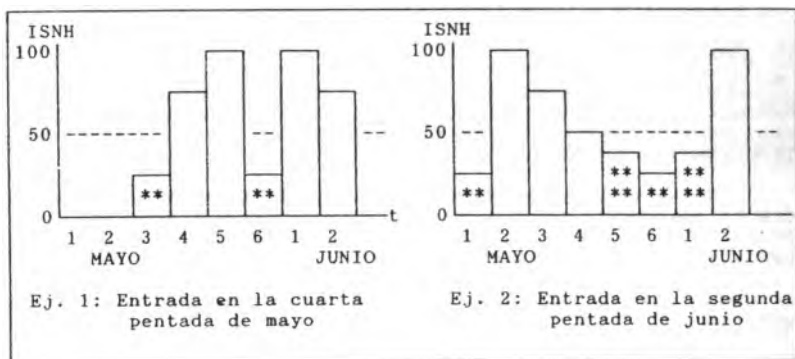
---

<sup>1</sup>Los coeficientes de cultivo (Kc) caracterizan la repuesta del cultivo ante la demanda climática ETP; determinan las necesidades de agua de los cultivos:  $ETM = ETP \cdot Kc$

- Además, se introdujo una condición suplementaria para descartar las lluvias precoces y aisladas: si después de la supuesta entrada, el índice vuelve a pasar debajo de estos 50% durante tres pentadas<sup>2</sup> consecutivas en el mes de mayo, entonces la entrada de las precipitaciones se considerará como el final de este período de estrés.

En el cuadro siguiente, se ilustra este criterio:

Cuadro 1: ejemplos de determinación de la fecha de entrada de las lluvias



En fin, en un lugar determinado, considerando varios años de registro, se considera que el período lluvioso se inició en la primera fecha en que, en más de 50% de los años analizados, las lluvias han entrado según el criterio definido anteriormente.

Este criterio acumula y combina informaciones acerca de la reserva de agua del suelo, de la ETP y de las precipitaciones; representa, para cada año, la primera fecha en que un cultivo sembrado no se pierde en los primeros estadios por falta de agua.

<sup>2</sup>Las pentadas son períodos de cinco días. Se divide cada mes en seis pentadas.

## II.2.2) LA CANICULA

### *Problemática*

La Canícula, o veranillo, es un período durante el cual disminuyen las lluvias en el invierno. Es más pronunciado en la zona del Pacífico. Se ubica entre los meses de julio y agosto.

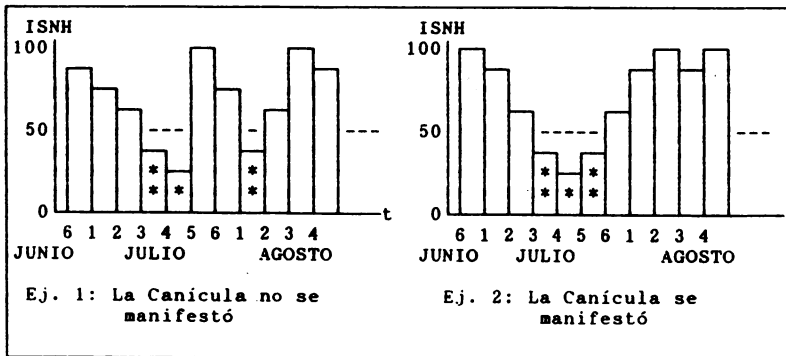
Tiene efectos dañinos evidentes pero también efectos favorables; es el período durante el cual se pueden efectuar las recolecciones de los cultivos de Primera.

El caracterizar la Canícula es complejo, porque su intensidad y sobre todo, el momento en que se manifiesta varían según los años. Además, la intensidad de la Canícula depende evidentemente de las capacidades de los suelos en almacenar el agua y de la capacidad de los cultivos en extraer con sus raíces el agua del suelo. De nuevo, la caracterización de este fenómeno se hace a través de simulaciones de balance hídrico.

### *El criterio*

Se escogió un criterio semejante al que se utilizó para la entrada de las lluvias. Se considera que hay Canícula si, un año determinado, entre el primero de julio y el 15 de agosto (estas fechas cubren el período más probable de ocurrencia de Canícula), existen tres pentadas consecutivas con un nivel de estrés hídrico tal que el índice de satisfacción de las necesidades hídricas del césped sea inferior a 50%. Se utilizan las mismas hipótesis que en la simulación que permitió definir la entrada de las lluvias. En este caso, se supone que todos los cultivos están afectados, y que los cultivos cuya fase sensible a la sequía está ubicada en este momento están muy seriamente afectados. A continuación se presenta un ejemplo de determinación de Canícula.

Cuadro 2: Determinación de la ocurrencia de la Canícula



Luego, el parámetro que se plotó en el mapa es el porcentaje de los años en que se registró este fenómeno con respecto al conjunto de los años de registro. Es la probabilidad, en un año determinado, de que ocurra una Canícula.

## II.2.3 LA RETIRADA DE LAS LLUVIAS

### *Problemática*

La forma de determinar la fecha de la retirada de las lluvias es comparable con la que se utilizó para determinar el inicio del invierno.

La retirada de las lluvias corresponde con el momento en que las precipitaciones (y las reservas de los suelos) dejan de satisfacer las necesidades hídricas mínimas para mantener un cultivo en buenas condiciones fisiológicas.

De la misma manera que en el caso anterior, conviene descartar las últimas lluvias aisladas, ya que estas no garantizan la continuidad de este abastecimiento.

### *El criterio*

Se utilizaron las mismas simulaciones de balance hídrico que en los casos anteriores, y se decidió que la fecha de salida del invierno en un año determinado correspondía con el momento de la aparición del primer índice de satisfacción de las necesidades hídricas por debajo de los 60 % en el mes de noviembre. La fecha más probable de salida del invierno, en una estación determinada, es la fecha después de la cual esta situación ocurre en más de 50% de los años.

Este factor es relativamente arbitrario, por lo que se recomienda utilizarlo principalmente como indicador de comparación entre diferentes estaciones.

## II.2.4 LAS LLUVIAS DE APANTE

### *La problemática*

La estrategia de Apante se escoge esencialmente en las zonas húmedas o semi-húmedas. Es un ciclo irregular, caracterizado por grandes rachas de varios días de lluvias y períodos secos alargados.

Además, esta estrategia está utilizada por pequeños agricultores de la zona del Atlántico que aceptan tomar un cierto nivel de riesgo. La herramienta de análisis que se escogieron tiene que reproducir esta disponibilidad en tomar riesgos importantes.

### *El criterio*

Se definió un solo criterio para este ciclo, que son las lluvias 'seguras' en el período comprendido entre el 15 de noviembre y el 31 de enero. Estas lluvias seguras son el nivel de precipitación, alcanzado o sobre pasado 4 años entre 5 (o sea que solamente un año de cada 5 cae menos que esta lluvia en este período).

Luego, se considera que si caen más de 200 mm de manera segura en este momento, entonces el agricultor puede tomar el riesgo de sembrar.



## II.2.5 LA IRREGULARIDAD DE LOS CICLOS

### *La problemática*

La irregularidad de un fenómeno se caracteriza generalmente por el coeficiente de variación. Sin embargo, no representa en este caso el mejor indicador, ya que no se dispone de herramientas operacionales para analizar las consecuencias de los excesos de agua sobre los cultivos. En todo caso, suele destacar que, con excepción de los fenómenos excepcionales tipo huracanes, los excesos de agua no representan en Nicaragua una importante limitante para la agricultura. Por lo tanto, la herramienta que se utilizará no permitirá caracterizar la irregularidad de las precipitaciones en las zonas húmedas.

La herramienta escogida conduce a la estimación de las probabilidades de presentarse un período peligrosamente seco durante los ciclos vegetativos.

### *El criterio*

Se decidió calcular durante los períodos vegetativos la probabilidad de presentarse un período de más de cinco días sin lluvias. Por motivos prácticos de comparación entre diferentes tipos de estaciones o entre diferentes tipos de pluviómetros, no se consideraron las lluvias inferiores a 1.5 mm (en el caso contrario, se hubiera hecho diferencias entre los pluviómetros que tenían la capacidad de medir las décimas de milímetro con los que sólo miden los milímetros).

Se crea un indicador que se incrementa de la manera siguiente: Si ocurre un período de 6 hasta 10 días sin lluvias, se agrega el valor 1, de 11 a 15 días se agrega el valor 2, etc.

Luego, se saca el promedio interanual de este indicador, que indirectamente estima el número de períodos secos de cada uno de los dos ciclos analizados. Este promedio representa una probabilidad que se presente una sequía de más de 5 días durante el ciclo.

## II.2.6 LOS VOLUMENES PRECIPITADOS

### La problemática

Para seguir caracterizando cada uno de los ciclos de producción del punto de vista climático, es necesario precisar las cantidades de lluvia que precipitan durante estos ciclos. De esta manera, se establece un elemento importante de comparación entre estaciones, aunque, como se apuntó anteriormente, no es un muy buen indicador agronómico de los efectos de las lluvias sobre los cultivos.

Además, estos factores representan elementos de comparación entre este estudio y todas las zonificaciones anteriores que utilizaban este indicador.

### El criterio

El criterio que se escogió es el más sencillo y de uso más generalizado en la materia: el promedio de las cantidades de lluvia acumuladas durante el ciclo considerado.

Así es que para la Primera se calculó el promedio interanual de las precipitaciones acumuladas entre el 1 de mayo y el 15 de julio. Para la Postrera, se sumaron las lluvias caídas entre el 15 de agosto y el 15 de noviembre. En fin, se determinó la pluviometría del período lluvioso con las precipitaciones entre el 1 de mayo y el 15 de noviembre. Este último tiene un valor ilustrativo antes que analítico.

### III. LA METODOLOGIA DE LA ZONIFICACION

#### *El agrupamiento de las estaciones*

Una vez que estas variables han sido calculadas, y debidamente ubicadas en su respectivo mapa, queda, para llegar al objetivo que se había planteado, el agrupamiento de las estaciones para proponer un mapa sintético que los tome todos en cuenta.

Esta síntesis se fundamentó en el análisis en componentes principales (A.C.P.), cuyo principio y mecanismo está explicitado en el anexo II. Este agrupamiento resulta de un proceso totalmente matemático, y no consideraba ningún supuesto acerca de la proximidad geográfica de las estaciones agrupadas de esta manera. Se confirmó a posteriori la pertinencia de los parámetros de la discriminación de las estaciones al constatar que se habían constituido grupos geográficamente homogéneos.

En fin, se reconstituyeron las características pluviométricas de cada una de las regiones así definidas.

#### *La caracterización agrícola de las zonas*

La caracterización de las prácticas agrícolas específicas de las zonas consideradas se fundamentó en el conocimiento del campo de Nicaragua. Es la parte metodológicamente débil de este estudio, ya que no se utilizó una metodología sistemática en la realización de esta caracterización:

Para las zonas más alejadas, donde el Programa Nacional de Agrometeorología tenía poca presencia, se tuvo que recurrir a datos de encuestas informales y repetidas realizadas acerca de las instituciones del Ministerio de Agricultura presentes en estas zonas.

En las zonas de mayor presencia, el conocimiento preciso de las prácticas agrícolas fue adquirido a lo largo de los años de publicación del boletín de seguimiento agrometeorológico de los cultivos en Nicaragua. La realización de este boletín nos ayudó a conocer y a entender las prácticas agrícolas para poder juzgar de los efectos de una perturbación meteorológica y prever sus repercusiones en la producción.

#### IV CONCLUSION-RECOMENDACIONES

Si bien consideramos que esta zonificación aporta un 'plus' con respecto a las zonificaciones que habitualmente se usaban, como por ejemplo el método de las zonas de vida de Holdridge, en cambio es de una elaboración más compleja, que requiere de varios insumos:

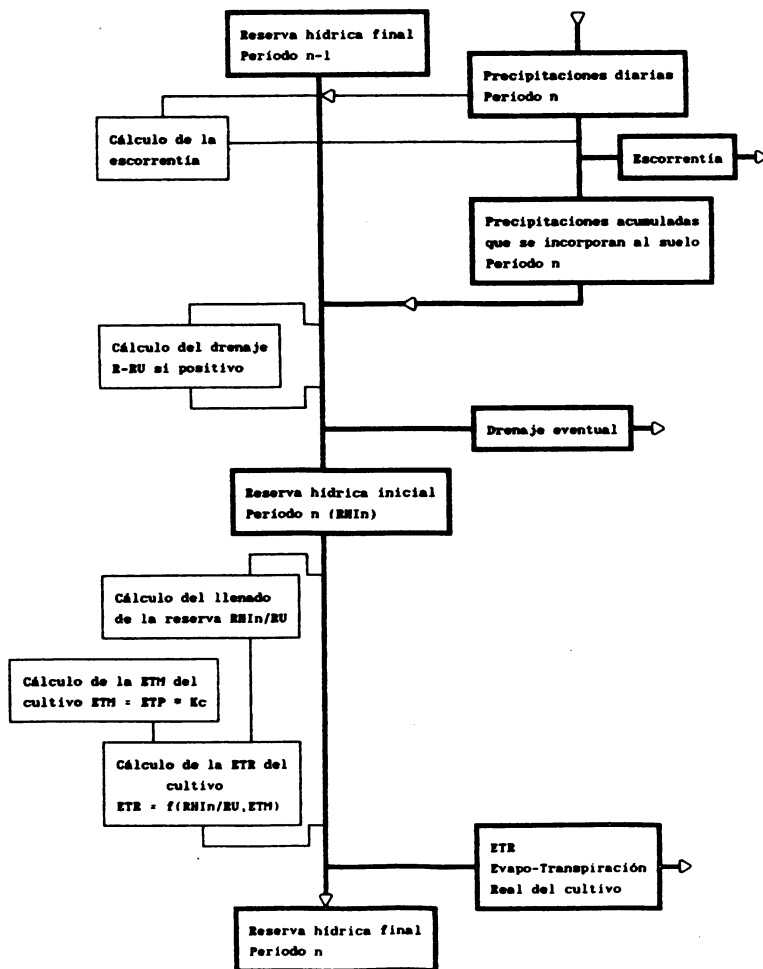
- Una identificación previa de los parámetros de zonificación, la cual tiene que hacerse con base en el conocimiento profundo de los sistemas de producción implementados a través de los años por los agricultores, y de las principales limitaciones de orden meteorológicas de estos sistemas.
- Buenas referencias (observadas y mapaadas) de suelo, especialmente con relación a la reserva de agua de los suelos, y a la profundidad del sistema radical de los principales cultivos anuales.
- Una buena base de datos meteorológicos, con buena cobertura geográfica, la cual es indispensable para calcular la EvapoTranspiración Potencial (ETP, ver anexo III), y hacer las simulaciones de balance hídrico pertinentes.
- Una biblioteca de programas computarizados, de Agrometeorología y estadísticas, para el procesamiento matemático de los criterios, y las posteriores reagrupaciones.

La metodología aquí propuesta no tiene entonces, ni pretende tener un carácter universal, en el sentido que no pueden ser reproducidos tales como cuales en todos los países en forma estándar los parámetros y criterios utilizados en el caso de Nicaragua. Sin embargo, es precisamente esta especificidad que hace el interés del producto final.

## ANEXO I

## DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MODELO DE BALANCE HIDRICO DE FOREST / FRANQUIN

Este diagrama está organizado de la manera siguiente: a la izquierda están los pasos de cálculo, en el centro están los estados de la reserva hídrica y a la derecha están los flujos de entrada y de salida del agua en el suelo.



## ANEXO II

### EL ANALISIS EN COMPONENTES PRINCIPALES

Esta herramienta de la estadística descriptiva permite describir lo más completamente posible un conjunto de puntos ubicados en un espacio de "n" dimensiones (en este caso, los seis indicadores escogidos y presentados en este documento), en un espacio de menor número de dimensiones. El interés de este método consiste en definir nuevos ejes (que son combinaciones lineales de los ejes originales, independientes entre sí) de tal manera que se concentre en los primeros ejes de esta nueva descripción la mayor parte de la información. La supresión de los últimos ejes no tendrá entonces mayor consecuencia sobre la descripción del conjunto.

En resumen, este proceso tiene la ventaja de concentrar en un pequeño número de ejes, es decir de nuevas variables, la mayor cantidad posible de información.

Este análisis se hace sobre datos centrados y reducidos (el centrar y reducir las variables es un proceso matemático que permite estandarizar los promedios y las varianzas de las variables, con el fin de que los valores absolutos que tienen influyan con igual peso en la definición de los nuevos ejes). Se ubicaron todas las estaciones en un plano constituido de los nuevos ejes 1 y 2. Las estaciones que tienen un comportamiento climático parecido se encontraron agrupadas en este plano.

## ANEXO III

### CALCULO DE LA ETP

El cálculo de la EvapoTranspiración Potencial se ha realizado básicamente por el método de Penman: sobre 16 estaciones que presentaban todos los parámetros meteorológicos necesarios para este cálculo (temperatura media, brillo solar, humedad relativa y viento), sobre un número significativo de años de registro, se han calculado los valores decádicos promedios de ETP (se entiende por década un periodo de 10 días, y por péntada un período de 5 días).

Para las estaciones llamadas secundarias, que no disponían de todas estas informaciones, se procedió sencillamente a interpolar por triangulación los valores de ETP Penman más cercanos. En algunos casos (estaciones de altura), se hizo intervenir también de manera específica el factor altura sobre el nivel del mar en la interpolación.