

30904

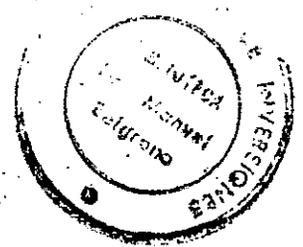
COMUNICACION

JORNADAS CIENTIFICO-TECNICAS

"Modelos matemáticos hidrológicos para grandes llanuras y su aplicabilidad en la zona deprimida del Salado"

- La Plata -

1410



SINTESIS DESCRIPTIVA DEL
MODELO MATEMATICO DE SIMULACION HIDROLOGICA
DE LOS BAJOS SUBMERIDIONALES

- Octubre 1984 -

X.12
H.1112
B.32
Chaco
Santa Fe
Santiago del Estero

Trabajo realizado

por

Equipo de la Unidad Técnica Operativa Santa Fe
Convenio Bajos Submeridionales

Consejo Federal de Inversiones
Provincias de Chaco, Santa Fe y Santiago del Estero

Trabajo presentado

por

Elsa A. Vinzón de FRATTI
Ingeniera en Recursos Hídricos

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

1. Descripción del área y su situación actual.
2. Propuestas de acciones y potencialidad del área.
3. Proyectos de inversión de la etapa.

1. DESCRIPCION DEL AREA Y SU SITUACION ACTUAL.

El área de 11.000.000 de Has. que ocupa la región de los Bajos Submeridionales se encuentra sometida a fenómenos hidrometeorológicos recurrentes y cíclicos, caracterizados por situaciones alternadas de extrema sequía y humedad, con precipitaciones anuales que varían entre los 1.300 mm. (zona de Resistencia) y 600 mm. (zona al Oeste de Añatuya).

El relieve presenta características muy particulares, manifestándose una depresión central anegable e inundable, en una planicie con pendiente muy suave y receptora de aportes de agua provenientes desde Santiago del Estero y Chaco.

El funcionamiento hidrográfico regional tiene escurrimientos hacia el río Paraná en su zona Norte (Chaco Central y Oriental), hacia la depresión central (lagunas Encadenadas, Golondrina, Calchaquí, Río Salado) en la zona Norte Santiagueña, Sur-occidental Chagueña y Noroccidental Santafesina; y a través del Río Salado, en la zona Sur Santiagueña, y Sur-occidental de Santa Fe.

No se aprecian cursos permanentes ni definidos, apareciendo el fenómeno de inundación por el efecto de los ciclos plurianuales húmedos, la desigual distribución de precipitaciones (concentradas en verano-otoño) y la presencia de un nivel freático muy superficial.

Con referencia al área santafesina, la producción agropecuaria presenta gran disparidad entre las características productivas de la región de bajos propiamente dicha y de la zona de influencia.

La zona de Bajos "sensu stricto" es la de menor nivel productivo y menor intensidad en la actividad agropecuaria, dado que sus suelos son pesados, de poco desarrollo e influenciados por la capa

freática y de alto grado de hidromorfismo y salinidad. Su capacidad está restringida por el desarrollo de pastizales hidrófilos, con / capacidad de laboreo nulas.

El sector Oeste, con suelos más evolucionados, considerados como de buena aptitud productiva, responde acorde a la incidencia de los factores climáticos. Es así que, al variar las condiciones extremas de sequía e inundación, genera un incentivo a la producción agrícola en los cultivos de verano (sorgo granífero, girasol, algodón, etc.), que la mayoría de las veces se malogran por exceso de lluvia, produciendo: la destrucción del cultivo en sí, o la imposilidad de cosecharlo por falta de "piso", o por la intransitabililidad de las vías de comunicación para retirar el grano.

Ahora bien, las pérdidas no solamente son soportadas por la agricultura, sino también afecta la ganadería -de importante peso / relativo-, provocando mortalidad, disminución de peso, parición antipicipada, bajos precios por venta forzosa, daños a instalaciones, / salinización de campos, etc.

En la Provincia de Santa Fe, las tierras de la región se destinan un 87 % a ganadería, un 7 % para agricultura y un 6 % como "no utilizable".

2. PROPUESTAS DE ACCIONES Y LA POTENCIALIDAD DEL AREA.

Para revertir esta situación de marginalidad, se realizaron // distintos análisis de los componentes que el programa incluye para lograr sus objetivos:

- a) Plan de obras de infraestructura: Tiene como objetivo básico el ordenamiento del recurso hídrico.
- b) Inversiones a nivel de predio: El análisis del capital, tecnología, eficiencia, etc. hace presuponer el incremento en los niveles de producción para la situación con proyecto.
- c) Servicio de extensión agropecuaria: La zona cuenta con un servicio de extensión deficiente, ya que el número y medios técnicos no alcanzan a cubrir las necesidades actuales.
- d) Planes de investigación: Tendientes a responder a los requerimientos que las futuras situaciones de proyecto plantean.

La evaluación económica y financiera del programa tiene una // respuesta positiva. La amplitud del área (10.000.000 Has.) y el elevado monto de las inversiones regionales llevaron a seleccionar/ distintas etapas.

3. PROYECTO DE INVERSION DE LA ETAPA.

Los estudios realizados en las distintas disciplinas, permitieron proponer un conjunto de obras tendientes a superar los obstáculos para la producción y comunicación, basándose en:

- a) Controlar las inundaciones, disminuyendo los tiempos de permanencia y las superficies afectadas.
- b) Mejorar las comunicaciones viales.
- c) Facilitar el almacenamiento de agua con fines ganaderos.

Los gobiernos provinciales priorizaron áreas de saneamiento para cumplimentar los objetivos antes expuestos. En la Provincia de // Santa Fe se seleccionó el área del Noroeste Santafesino. Esta comprende dentro del Departamento 9 de Julio desde el río Salado al Norte/ una superficie de 900.000 Has. en la que se hallan asentados 1.065/ productores cuya actividad en el sector agropecuario es dedicado básicamente al cultivo de algodón, girasol y sorgo en la franja occidental y a ganadería extensiva en la franja oriental del mismo departamento.

La propuesta de obras combina el manejo del agua con la circulación vial y consta principalmente de terraplenes viales con canales laterales que se diferencian en mayores o menores por sus dimensiones, aunque su funcionamiento es semejante. Como obras secundarias se consideran los canales de menor envergadura, caminos vecinales, alcantarillado, compuertas, etc.

La conducción y traslado de excedentes desde las áreas de saneamiento se hace a través de la denominada "Línea Golondrina", hasta las áreas de embalse. Estas son zonas deprimidas, con lagunas permanentes, no aptas para la producción y donde no hay asentamiento poblacional.

De esta manera se regulan los caudales de salida, según la capacidad de conducción del receptor final, el Arroyo Golondrina.

Para verificar el funcionamiento de las obras propuestas se realizó un estudio de inundaciones reales, y de cuál sería el efecto / que cada alternativa identificada tendría sobre esas situaciones. / Para ello se utilizó una versión simplificada a paso mensual del modelo de simulación hidrológica que está siendo desarrollado por el equipo de este Convenio.

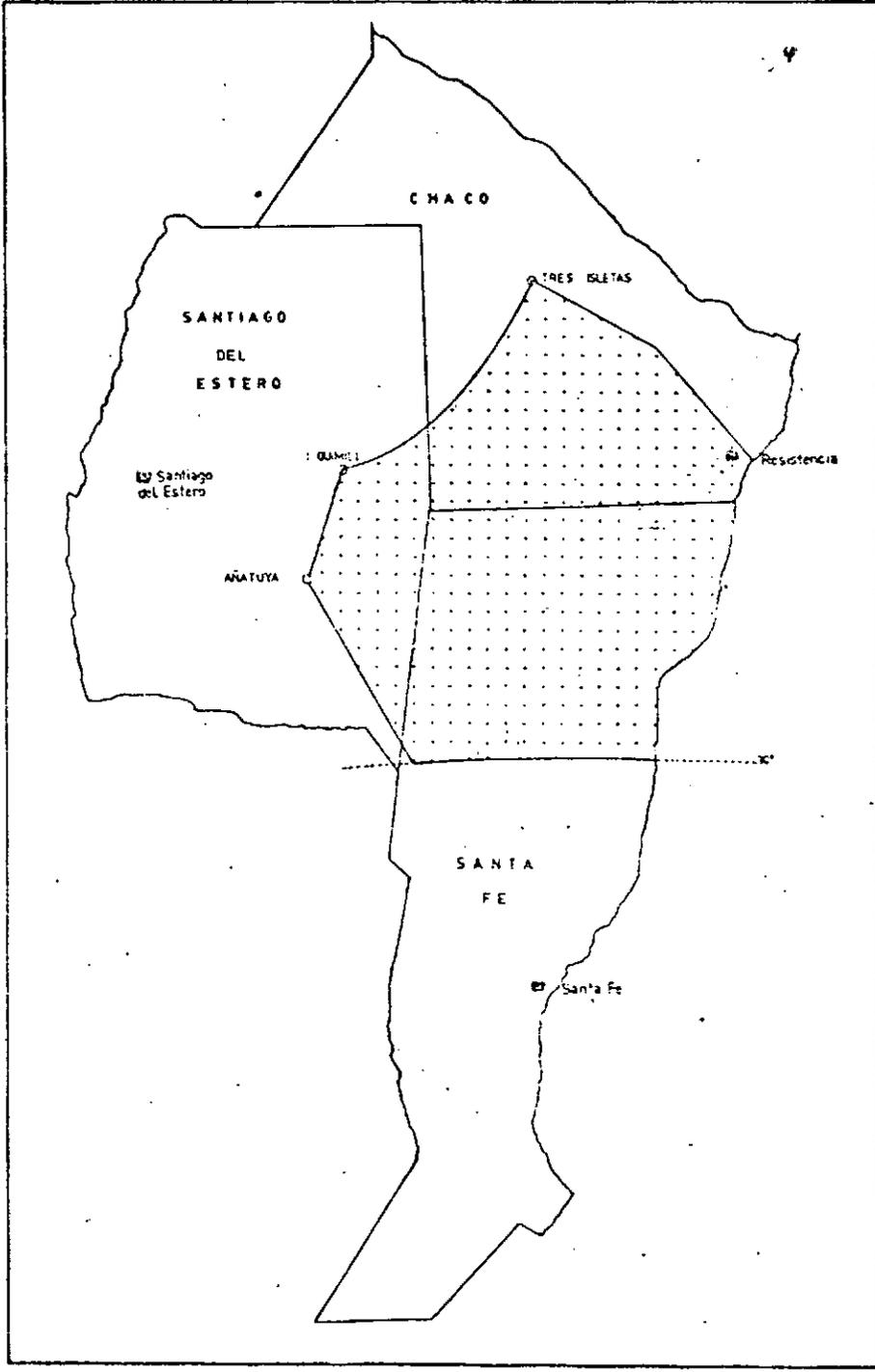
El mismo reproduce la ocurrencia de la inundación y su evolución en el tiempo, mediante el procesamiento de las variables que intervienen en su definición (precipitación, evaporación, nivel freático, almacenamiento en el suelo, escurrimientos, etc.).

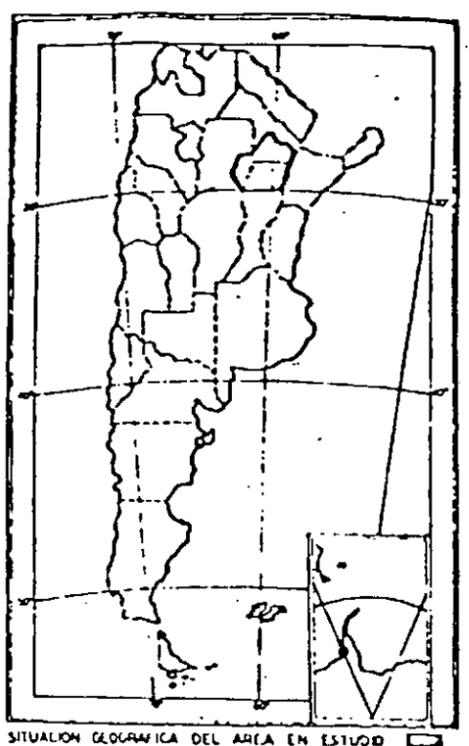
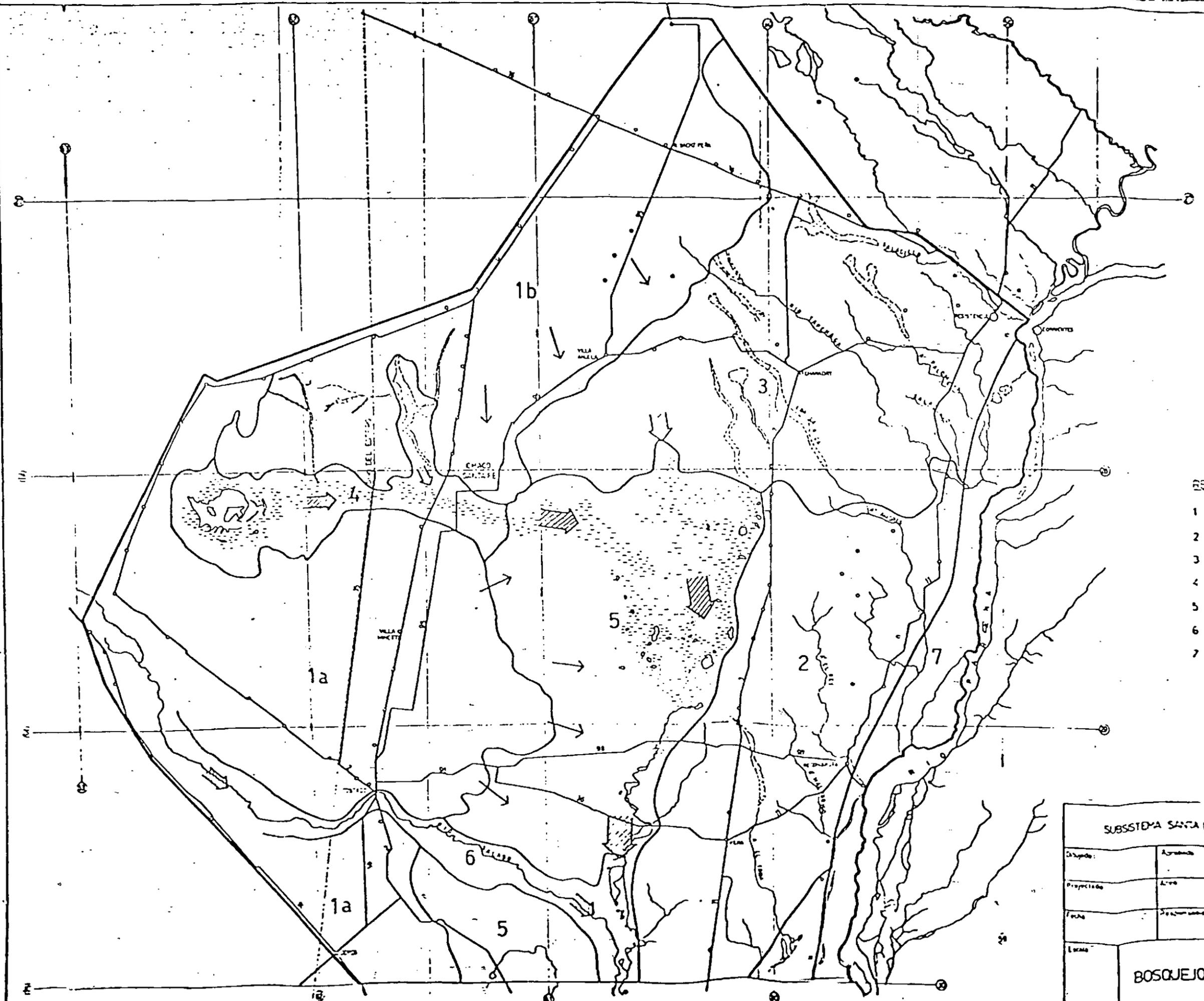
Una vez ajustado el proceso de cálculo con los fenómenos reales, se aplicaron las modificaciones correspondientes a las efectuadas por las obras al sistema natural.

Este conjunto de obras propuestas con su factibilidad técnica probada, generó la necesidad de un marco normativo que permitiera realizarlas sin que se alteraran las relaciones de convivencia, se preservaran los recursos naturales y no se modificara la ecología de la región. A principios de 1982, los gobiernos provinciales aprobaron un conjunto de normas que avalan los conceptos generales propuestos.



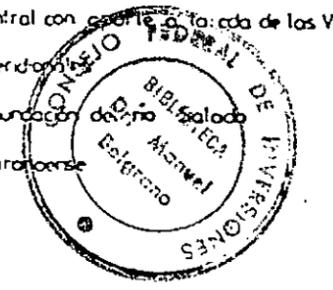
AREA INTERPROVINCIAL DE LOS BAJOS SUBMERIDIONALES



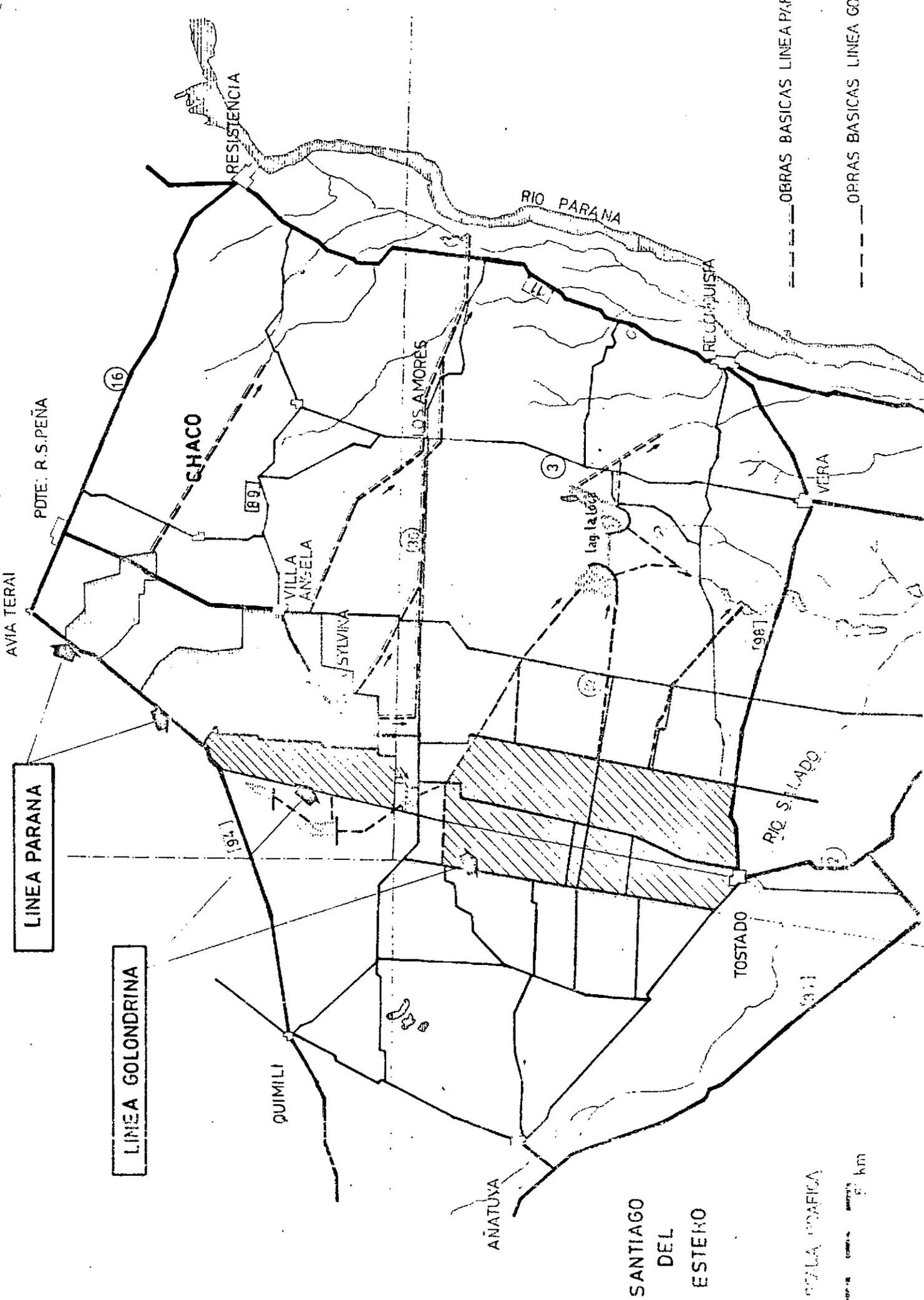


SITUACION GEOGRAFICA DEL AREA EN ESTUDIO

- REFERENCIAS**
- 1 Dorsos Occidental a) Santafesino b) Chaqueño
 - 2 Dorsos Oriental
 - 3 Complejo fluvial palustre choqueño
 - 4 Depresión central con aporte de la cca de las Víboras
 - 5 Bajos Submeridianos
 - 6 Planicie de inundación
 - 7 Ambiente paranaense



SUBSISTEMA SANTA FE		CONVENIO BAJOS SUBMERIDIONALES COMITE TECNICO CFI-PCA STA FE
Origen:	Academia	
Proyecto:	Año	
Fecha:	Presentado	
Lugar:	BOSQUEJO MORFOHIDROLOGICO	
Escala:		Plano nº:
Surto de planta nº:		Surto de planta nº:
Surto de planta nº:		Surto de planta nº:



AVIA TERAI

PDTE. R.S. PEÑA

LINEA PARANA

LINEA GOLONDRINA

RESISTENCIA

CHACO

LOS AMORES

VILLA ANABELA

SILVINA

RIO PARANA

RECUPERISTA

VERA

RIO SALADO

TOSTADO

QUIMILI

ANATUVA

SANTIAGO DEL ESTERO

ESCALA GRAFICA

1 cm = 5 km

--- OBRAS BASICAS LINEA PARANA

--- OBRAS BASICAS LINEA GOLONDRINA

C A P I T U L O I I

MODELO MATEMATICO DE SIMULACION HIDROLOGICA DEL SISTEMA

BAJOS SUBMERIDIONALES

1. Generalidades y objetivos.
2. Descripción y formulación matemática.
3. Estimación de parámetros y datos de ajuste.

1. GENERALIDADES Y OBJETIVOS.

Este trabajo tiene como metas en esta etapa:

- a) El conocimiento y evaluación en detalle del funcionamiento hidrológico del sistema de Bajos Submeridionales.
- b) El diseño definitivo de las obras de saneamiento y compensación // propuestas, analizando en forma exhaustiva el efecto que producirán sobre el sistema natural en sus distintos estados.
- c) El establecimiento de las pautas de manejo regionales y prediales/ que permitan optimizar los recursos naturales.

Las condiciones más relevantes del sistema que se tuvieron en cuenta para la formulación del modelo matemático fueron:

- * El relieve tiene muy baja energía (con pendientes que oscilan entre 5 y 30 cm./Km.).
- * Esguerrimiento mantiforme y multidireccional, que se verifica a nivel regional sólo en grandes eventos y alcanza valores significativos únicamente en áreas de gran acumulación superficial.
- * Marcada preponderancia de los volúmenes almacenados en superficie / frente a los de esguerrimiento.
- * Los suelos pesados son predominantes, con baja permeabilidad y buena capacidad de almacenamiento.
- * Los niveles freáticos se mantienen en general cercanos a la superficie, lo cual es determinante para la generación de situaciones de inundación.

- * La permanencia del agua en superficie es muy prolongada para períodos de máxima debido a la época de ocurrencia de las precipitaciones (verano-otoño), el escaso escurrimiento, la baja infiltración y la inexistencia de un sistema de escurrimiento definido y con la capacidad de conducción necesaria.
- * La gran extensión del área a modelar y su difícil acceso, que en los períodos de inundación se agrava por el deterioro total de la red vial existente (caminos de tierra).
- * Se deben establecer las condiciones de borde del área a modelar, pues no existe independencia física del sistema.
- * Predominio de las transferencias de masas verticales frente a las horizontales, y un déficit metodológico para su evaluación.
- * La necesidad de desarrollar técnicas para la medición de las variables fundamentales del sistema, entre las que sobresale el almacenamiento superficial y subterráneo.
- * Las series históricas de caudales (generalmente usadas para calibrar en áreas de escurrimiento organizado), no son aplicables en este caso, como único y definitivo dato de contraste, por su escasa magnitud frente a otras variables.

Los elementos descriptos, y la necesidad de conocer tanto el funcionamiento regional del sistema como sus distintos componentes/ en sectores localizados, llevó a realizar un modelo a paso diario / determinístico conceptual de índole descriptiva y analítica que contiene funciones explícitas que describen los procesos que tienen lugar entre la entrada y la salida. Es decir, el sistema se trata co-

mo un conjunto de áreas distribuidas en el espacio y se simula el comportamiento interno de cada una, considerando coordenadas de tiempo, con algoritmos que permiten individualizar cada uno de los procesos.

La elección de este tipo de modelo (y dadas las características especiales del área) implica gran laboriosidad en su implementación, pero proporciona una serie de ventajas, por ejemplo:

- * Con respecto a la predicción, el hecho de representar los mecanismos físicos del sistema hace que la validez de los resultados no esté limitada por los eventos usados para el ajuste de los parámetros (que son empíricos y estrictamente físicos).
- * Permite trabajar mediante aproximaciones sucesivas. Esto es importante, ya que por razones de índole metodológicas, operativas y económicas se hace muy difícil la obtención de datos para la estimación de los parámetros y sobre todo para el ajuste y calibración. Por otro lado, es necesario brindar respuestas a los requerimientos técnicos de cada etapa del proyecto.
- * Proporciona gran detalle en los resultados, ya que se puede individualizar el comportamiento de cada uno de los principales componentes (oscilación freática, evolución de la inundación en cada punto, humedad del suelo, etc.). Esto hace que la información generada por el modelo pueda ser utilizada en estudios de diversa índole del medio físico, tanto natural como modificado (por ejemplo, calidad de agua, impacto ecológico de las obras, erosión, etc.).

El modelo puede aplicarse tanto al total del área del sistema (del orden de 40.000 Km²) como a sectores menores, siempre que sea posible establecer las condiciones de borde.

2. DESCRIPCION Y FORMULACION MATEMATICA.

Para simular el sistema, el modelo se basa en una división en / módulos (subáreas), en donde se determinan los almacenamientos super_ ficial y subterráneo y el flujo de masas dentro de la celda y entre/ celdas vecinas, regido por las ecuaciones de continuidad y las leyes de transferencias verticales y horizontales.

La subdivisión se realiza teniendo en cuenta la homogeneidad de/ las características hidrológicas (que permita asignar un sólo valor/ a cada parámetro por módulo), la máxima independencia de los cuerpos de agua y la mayor definición de las secciones de transferencias, se_ gún elementos de dinámica hídrica superficial naturales y artificia- les. La modulación resultante, debe respetar además, las hipótesis / de cálculo usadas para la determinación de la propagación.

El balance en el sistema subterráneo considera transferencias // fundamentales las siguientes: infiltración, flujo vertical en el es- pacio no saturado del suelo, variación del nivel freático por evapora_ ción, infiltración, pérdida profunda y aporte del almacenamiento su- perficial por efecto localizado. Tanto el escurrimiento hipodérmico/ como el subterráneo se consideran nulos, ya que su magnitud es des-/ preciable referido a otras variables, dada la escasa pendiente del / terreno y la baja permeabilidad del medio poroso.

A nivel de superficie, se considera el análisis en dos ámbitos / diferenciados:

- a) el área no anegada, en donde, cuando hay precipitación los térmi- nos de balance afectan en mayor medida al sistema subterráneo y a la generación de aportes a las áreas anegadas (las que se incre- mentan en detrimento del área de las primeras). Para los días en/

que no se genera lámina superficial, el sistema opera sólo sobre el reservorio subterráneo.

- b) el área anegada, donde se considera evaporación y precipitación / directa, aportes hacia el reservorio subterráneo saturado y los / flujos superficiales horizontales materializados por: aporte de / las áreas no anegadas y escurrimiento mantiforme entre reservo- / rios anegados.

En el aspecto computacional, el programa está escrito en FOR- / TRAN IV, tiene cinco miembros principales y dos subrutinas de cálcu / lo. Su funcionamiento global se esquematiza en el diagrama de blo- / ques adjunto.

a) Lectura de datos:

Permite la lectura de siete archivos de entrada y la asigna- / ción de valores de las variables y condiciones iniciales.

b) Programa principal:

Es el programa llave, que maneja la participación de los de- / más miembros estableciendo las condiciones de entrada a cada uno.

Además, calcula el flujo del almacenamiento superficial hacia / el subterráneo, la pérdida por evaporación directa del primero y / el aporte superficial del área no anegada.

Por último, sistematiza la impresión de resultados y la rea- / lización de los distintos tipos de gráficos.

c) Infiltración:

Esta subrutina simula el flujo vertical de humedad en el estrato no saturado del suelo, calculando la variación del perfil de humedad, la oscilación del nivel freático y la evolución de la lámina de precipitación en la superficie del terreno.

Se considera suelo homogéneo, dividido en estratos cuyo espesor se determina junto con el intervalo de tiempo de tal forma que aseguren la estabilidad de los resultados del método.

Las ecuaciones que intervienen en el análisis son:

* Velocidad de flujo:

$$v = - K \left[\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right] \quad (\text{Fórmula de Darcy para flujo vertical})$$

donde: v = velocidad de flujo.

ψ = tensión de humedad.

z = profundidad.

k = conductividad capilar.

* Conductividad:

$$k = K_0 \cdot e^{\alpha \psi} \quad (\text{Rijtema})$$

donde: K_0 = conductividad capilar para $\psi = 0$

α = constante.

* Ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = - \frac{\partial v}{\partial z}$$

donde: m = contenido de humedad

t = tiempo

Utilizando la expresión de Rijtema para la permeabilidad capilar, se integra la ecuación de flujo. La ecuación resultante permite calcular, partiendo de una condición inicial de humedad, la entrada y salida de flujo de cada estrato. Utilizando la ecuación de continuidad se obtiene la variación del perfil de humedad y, por ende, las variables restantes.

d) Evapotranspiración:

El programa correspondiente a esta subrutina permite calcular el agotamiento del reservorio subterráneo (espacio no saturado y acuífero freático) en las áreas libres de inundación.

Considera el descenso del nivel freático determinado por relaciones empíricas que lo vinculan con la evapotranspiración potencial y la profundidad del mismo. Las mismas han sido ajustadas estadísticamente mediante datos piezométricos y evaporimétricos obtenidos en un área piloto dentro de la zona de estudio.

El agotamiento del reservorio no saturado se realiza teniendo en cuenta la profundidad máxima de influencia de la evapotranspiración. Esta resulta de considerar la profundidad radicular y la humedad de los primeros estratos. La pérdida de agua de cada estrato hasta esa profundidad se calcula en función del almacenamiento y la posición en el perfil de cada uno.

La pérdida total (evapotranspiración real) será:

$$EVR = (W + C) * EVP,$$

cumpléndose que: $W + C \leq 1$

EVR = evapotranspiración real.

W = factor de descenso del nivel freático.

C = factor de descuento de la humedad del suelo.

EVP = evapotranspiración potencial.

e) Evolución del almacenamiento superficial por escurrimiento:

Esta subrutina se utiliza cuando la acumulación de agua en superficie permite una interconexión entre las subáreas con un tirante tal que el escurrimiento tenga significación. Se utilizó un modelo hidráulico que es una aproximación al desarrollado por SOGREAH - UNESCO para el delta del río Meckong.

El área inundada en cada módulo está definida por una curva que la relaciona con el tirante efectivizado en el centro del módulo. Esta relación es característica de cada subárea y define el almacenamiento superficial, existiendo por ende una relación biunívoca entre el volumen y el tirante.

Debido a la lentitud con que se da el escurrimiento en estas zonas, se pueden despreciar los términos de aceleración de la ecuación de flujo, por lo que se considera que la transferencia entre módulos es función solamente de la carga de agua en cada uno.

La ecuación de continuidad de un compartimiento i entre los tiempos t y $t + \Delta t$ es:

$$A_{i1} \cdot \Delta h_i = A_{Pi} + \Delta t \cdot \sum^k \bar{Q}_{ik}$$

donde: A_{i1} = área inundada en el instante t .

Δh_i = variación de la altura del módulo en Δt .

ΔP_i = significa la variación del almacenamiento producido por el aporte de la superficie no anegada dentro del módulo más la precipitación directa menos las pérdidas.

$\sum_k Q_{ik}$ = transferencia total entre el módulo i y todos a los que está interconectado.

El hecho de que las variaciones de nivel en el paso de tiempo empleado (un día) son pequeñas, hace que el cálculo sea posible.

En el tercer término de la ecuación anterior, se consideran las leyes de transferencia entre módulos. Estas pueden ser: a) de tipo fluvial, que se expresan con la fórmula de Manning, pudiendo introducir distintos tipos de pérdida de carga o condicionamiento para el escurrimiento; b) de tipo vertedero, es decir considerando sus ecuaciones en los casos que el escurrimiento debe superar obstáculos para materializar la transferencia.

Aplicando la ecuación de continuidad y de flujo en cada módulo, y por un proceso de discretización por diferencias finitas, se construye un sistema de ecuaciones algebraicas, lineal e implícito en Δh_i y explícito en el tiempo. Este constituye una aproximación al sistema de ecuaciones en derivadas parciales de 2do. grado no lineales de tipo parabólico.

Como técnica de solución se adoptó la triangulación de Gauss y sustitución inversa, ya que, además de ser el método

do que menor cantidad de operaciones elementales requiere. esta cantidad de operaciones puede reducirse aún más al tratarse de una matriz dispersa.

3. ESTIMACION DE PARAMETROS Y DATOS DE AJUSTE.

El sistema de simulación utiliza un conjunto de parámetros que pueden variar de un módulo a otro, según varíen sus características hidrológicas e hidráulicas.

Debido a que el área a modelar es extensa y heterogénea, el conjunto de parámetros es voluminoso, por lo que se realiza el siguiente procedimiento: se seleccionan, en base al grado de conocimiento que se alcanza en cada uno (mediciones directas, ajustes parciales, etc.) y su sensibilidad, los que se dejan fijos y los que se varían en el proceso de ajuste global. De esta forma la calibración se realiza con un número de parámetros manejable. Estos pueden agruparse según las instancias de almacenamiento en:

* Parámetros del reservorio subterráneo: los que caracterizan el almacenamiento en el espacio saturado y no saturado (los parámetros físicos del suelo) son: porosidad total, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, relaciones entre humedad-tensión-conductividad hidráulica, etc. Han sido estimados regionalmente en base a algunas determinaciones de campo, por asociación con tipos de suelos afines, utilización de mapas geomorfológicos, de suelos y de niveles de inundación.

realizó el análisis de sensibilidad de cada uno y el ajuste / con contraste de datos piezométricos para algunos tipos de // suelo. Actualmente se trabaja en el mejoramiento de dicha in- formación, sobre todo en lo que hace a la densificación de los datos de campo y a ajustes parciales.

* Parámetros del reservorio superficial:

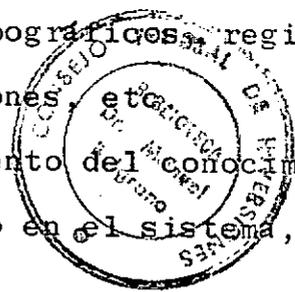
- Los que regulan el escurrimiento en las áreas de transferen- cia como la función tirante-resistencia al escurrimiento, / altura de no flujo y otros.
- Los que caracterizan el almacenamiento superficial, por e-// jemplo altura máxima alcanzada en cada nivel de inundación.

Para facilitar la calibración de este grupo se dispone de un programa auxiliar que calcula las relaciones del tirante y el flujo entre dos módulos para cada conexión, graficando los resultados.

Se ha hecho una estimación preliminar en base a mapas geo- morfológicos, de vegetación y niveles de inundación; interpre- tación de imágenes satelitarias, datos topográficos, regis-// tros de niveles y aforos en algunas secciones, etc.

Actualmente se trabaja en el mejoramiento del conocimien- to de parámetros y variables de mayor peso en el sistema, co- mo por ejemplo:

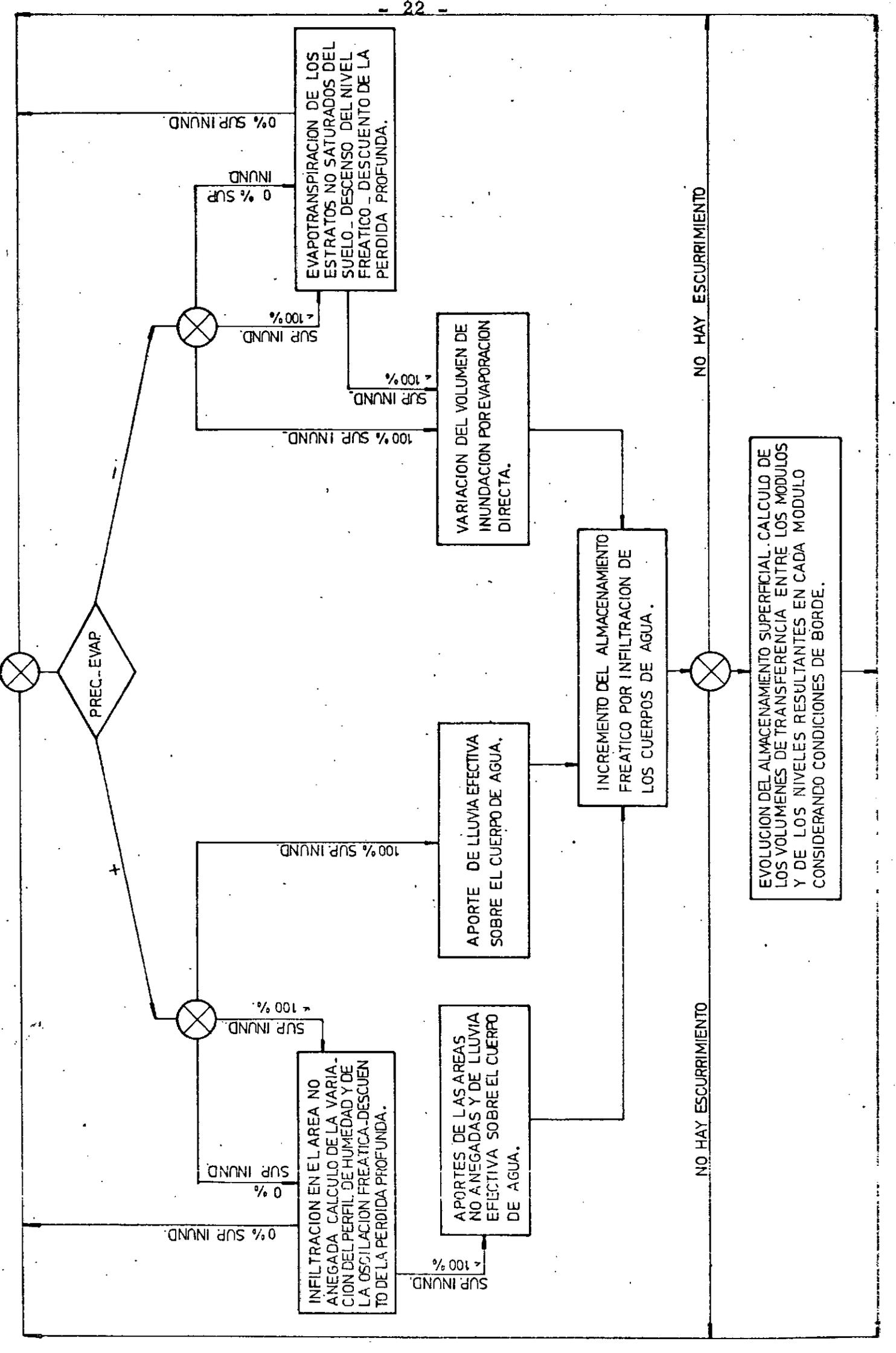
- el almacenamiento superficial, para ello se pone énfasis al seguimiento de inundaciones por imágenes satelitarias, para lo que se estudian los patrones de textura y tonalidad que /



definen el estado de acumulación en cada zona, se intensifican las mediciones de campo, etc.

- la obtención de datos reales respecto a la evapotranspiración en ambientes anegados, generación de microclimas, etc. como contraste de los datos evaporimétricos de tanque usados en el cálculo.
- el desarrollo de red piezométrica e hidrométrica regional.

El ajuste del modelo se realiza para los periodos de inundación, dentro de los cuales se dispone, además de otros datos, de información satelitaria, debiéndose verificar la calibración en cada subárea.



PREC.-EVAP

0% SUP INUND

0% SUP INUND

100% SUP INUND

0% SUP INUND

0% SUP INUND

INFILTRACION EN EL AREA NO ANEGADA. CALCULO DE LA VARIACION DEL PERFIL DE HUMEDAD Y DE LA OSCILACION FREATICA-DESCUENTO DE LA PERDIDA PROFUNDA.

EVAPOTRANSPIRACION DE LOS ESTRATOS NO SATURADOS DEL SUELO. DESCENSO DEL NIVEL FREATICO - DESCUENTO DE LA PERDIDA PROFUNDA.

APORTE DE LLUVIA EFECTIVA SOBRE EL CUERPO DE AGUA.

APORTES DE LAS AREAS NO ANEGADAS Y DE LLUVIA EFECTIVA SOBRE EL CUERPO DE AGUA.

VARIACION DEL VOLUMEN DE INUNDACION POR EVAPORACION DIRECTA.

INCREMENTO DEL ALMACENAMIENTO FREATICO POR INFILTRACION DE LOS CUERPOS DE AGUA.

EVOLUCION DEL ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL. CALCULO DE LOS VOLUMENES DE TRANSFERENCIA ENTRE LOS MODULOS Y DE LOS NIVELES RESULTANTES EN CADA MODULO CONSIDERANDO CONDICIONES DE BORDE.

NO HAY ESCURRIMIENTO

NO HAY ESCURRIMIENTO

B I B L I O G R A F I A

- ** Convenio Bajos Submeridionales. Consejo Federal de Inversiones-Provincia de Santa Fe, Chaco y Santiago del Estero. "Programa de Desarrollo Agropecuario para la región de Bajos Submeridionales - Segunda Etapa de Inversión". Junio de 1980.
- ** Convenio Bajos Submeridionales. Consejo Federal de Inversiones-Provincia de Santa Fe, Chaco y Santiago del Estero. "Alternativas de Manejo Interprovincial de Excedentes Hidricos". Octubre 1981.
- ** Cunge, J.A, Holly. F. Mand Verwey. "Practical Aspects of Computational River Hydraulics". Grenoble, Delft. 1980.
- ** Gloria , R. "Asesoramiento para la formulación de un modelo matemático para la región de Bajos Submeridionales". Convenio Bajos Submeridionales. Consejo Federal de Inversiones-Provincia de Santa Fe. 1981.
- ** Kovacs, G. and Associates. "Groundwater Hydrology". Budapest, 1981.
- ** Paoli, C. y otros. "Contribución al estudio de la infiltración y el movimiento del agua en el suelo". Departamento de Hidrología General y Aplicada. Universidad Nacional del Litoral. 1980.
- ** Vinzón de Fratti, E. y otros. "Relación entre la evapotranspiración y la oscilación freática". Inédito. Convenio Bajos Submeridionales. // Consejo Federal de Inversiones-Provincia de Santa Fe. 1983.

24

** Wind, G. and Van Doorne. "A numerical model for the simulation of unsaturated vertical flow of moisture in soils". Journal of Hydrology. 1974.