

IICA
E14
I59pr
v.2

IICA



REPUBLICA DOMINICANA
PROYECTO: DESARROLLO AGRICOLA SOSTENIBLE
EN SAN JUAN DE LA MAGUANA

VOLUMEN II
DOCUMENTOS GLOBALES
ANALISIS HIDROLOGICO



CENTRO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSION (CEPPI)



Faint, illegible text or markings located below the large redaction block.

Faint, illegible text or markings located below the small redaction block.

**REPUBLICA DOMINICANA
PROYECTO: DESARROLLO AGRICOLA SOSTENIBLE
EN SAN JUAN DE LA MAGUANA**

**VOLUMEN II
DOCUMENTOS GLOBALES
ANALISIS HIDROLOGICO**

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA
14/11/2014
SECRETARÍA DE ESTADO

**UNIDAD DE
DOCUMENTACION PARA
LA PREINVERSION**



REPUBLICA DOMINICANA

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

CENTRO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSION

IICA - CEPPI

CONVENIO IICA/BID ATN/SF-3185-RE

PROYECTO DESARROLLO AGRICOLA SOSTENIBLE

EN SAN JUAN DE LA MAGUANA

PRODAS

ANALISIS HIDROLOGICO

Elaborado por:

**John W. Labadie
en Hidrología
Consultor**

Santo Domingo, Abril 1992

00004647

II CA
E14
IS9 jr.
v.2

INDICE

INTRODUCCION	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
I. CARACTERISTICAS DE LA ZONA EN EL ESTUDIO	3
A. Ubicación	3
B. Fuentes de Información	3
C. La Presa Sabaneta	6
D. Canales de Irrigación	6
E. Problemas de la Zona en Estudio	7
F. Estudio Batimétrico del Embalse de Sabaneta	7
II. MODELO DE SIMULACIÓN DE CUENCAS HIDROGRAFICAS	8
III. CALIBRACIÓN DEL MODELO	10
IV. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	26
A. Patrones Iniciales de Cultivo	26
B. Patrones Finales de Cultivo	27
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA CONSULTORIA	38



INTRODUCCION

El propósito de este estudio es aportar información en cuanto a si hay o no hay suficiente agua para sostener la agricultura actual y la proyectada en la Cuenca del Río San Juan al suroeste de la República Dominicana, considerando diversos mecanismos que mejoran la distribución del agua, entre otros: (i) mejores sistemas de administración y entrega de aguas a lo largo y ancho de la cuenca, (ii) mejor administración y eficiencia en cuanto al uso de las aguas en la hacienda, (iii) nuevo sistema de canales para la distribución del agua, (iv) mejoramiento de la capacidad de almacenamiento de la Presa Sabaneta en la subcuenca alta, (v) mejoramiento de las estructuras institucionales que rigen la asignación y uso de las aguas: (vi) mejores sistemas de drenaje en zonas irrigadas y de aprovechamiento de las aguas ya usadas y (viii) posibles cambios en las prácticas agrícolas en la cuenca, en lo que a patrones e intensidad de cultivos se refiere. Sin embargo, el éxito de cualquiera de estas medidas o de todas ellas en conjunto depende mucho de la disponibilidad y rendimiento confiable de los caudales de agua para riego.

Además del tema concreto de la disponibilidad de agua, se tiene el propósito de desarrollar un modelo computarizado para la administración constante en tiempo real de los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del río San Juan y de ser posible, sea utilizado en otras cuencas hidrográficas de la República Dominicana.

Las tareas del equipo encargado del Estudio han sido asignadas como sigue:

John Labadie:

Preparar el modelo computarizado según el programa MODSIM para la simulación de la administración de aguas de la cuenca del río San Juan.

Dar orientación general al equipo e INDRHI en cuanto a la preparación de los datos y la calibración del modelo.

Supervisar la aplicación del modelo para la estimación de los rendimientos confiables y esperados.

Preparar el Informe final del proyecto.

Julio Linas y Julia Marte. INDHRI

Preparar toda la información necesaria para el Estudio.

Participar en los ejercicios de calibración del modelo y en el análisis de resultados.

Valentín Cordero. INDHRI

Preparar los archivos de datos necesarios para activar el modelo de simulación MODSIM.

Ejecutar el modelo MODSIM y participar en el análisis e interpretación de los resultados.

Participar activamente en el desarrollo y evaluación de planteamientos para la administración de aguas de la Cuenca del río San Juan.

RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó un análisis hidrológico como apoyo al Proyecto Desarrollo Agrícola Sostenible en San Juan de la Maguana, República Dominicana, utilizando un modelo de simulación para una cuenca hidrográfica, llamado MODSIM. El modelo fue instalado con éxito en el equipo de computación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos INDRHI en Santo Domingo. El personal del INDRHI ha sido capacitado en el uso del modelo y está en condiciones de capacitado para usar el modelo. El MODSIM se ha desarrollado como un instrumento importante para el análisis hidrológico, y el desarrollo de la agricultura sostenible en la cuenca hidrográfica del río San Juan. Este modelo también puede servir como instrumento muy útil para otros estudios de programación agrícola que eventualmente se realicen dentro de la cuenca del río San Juan o en otras cuencas hidrográficas del país. Además, puede ser usado para la administración del tiempo real y la asignación de recursos hídricos.

Inicialmente se hicieron esfuerzos para tratar de calibrar el modelo MODSIM según los datos existentes sobre el caudal de las aguas. Aspecto importante para generar confianza en la capacidad del modelo y producir una simulación mensual de almacenamiento, distribución, (riego y consumo humano) retorno para riego de las aguas. El ejercicio de calibración se basó en un conjunto limitado de datos históricos, así como en los resultados del estudio batimétrico recientemente realizado en la Presa Sabaneta. Este estudio batimétrico indica que la sedimentación de la cuenca ha reducido la capacidad máxima disponible de almacenaje de la presa en aproximadamente un 15%

Una vez efectuada la calibración del modelo, se orientaron los esfuerzos hacia la utilización del MODSIM para simular entregas y caudales en la cuenca según futuras demandas de agua estimadas por efecto del PRODA. Estas futuras demandas se basaron en el aumento de la productividad agrícola proyectada para el PRODA, estimando en un aumento de la intensidad del cultivo de 0,94 a 1,5 en la margen izquierda del río San Juan y de 0,82 a 1,3 en la margen derecha, también se supuso que el Proyecto sería capaz de generar aumentos en cuanto a eficiencia de aplicación de agua hasta un 50% para la mayoría de los cultivos, mediante una mejor administración de las aguas y mejores prácticas culturales así como, mejores sistemas de drenaje y uso de las aguas de retorno. Actualmente los grados de eficiencia en cuanto a aplicación del agua son extremadamente bajos: oscilan del 12% al 23%. También se tomaron en cuenta la construcción del sistema de canales de riego de la margen izquierda del río San Juan, la actual alta proporción de cultivo de arroz de la zona y el supuesto de que se alcanzarían los niveles meta de intensidad de cultivo al séptimo año de haberse implantado el Proyecto.

Los resultados de la simulación, que se basaron en uno de los datos mensuales sobre afluencia, estimados o medidos a lo largo de 36 años, confirmaron que sería imposible sostener desde un punto de vista hidrológico el modelo de cultivos señalado, no por falta de agua en la cuenca, sino por la capacidad de almacenamiento limitada de la Presa Sabaneta, ya que como se pudo comprobar en la base de datos mensuales y anuales el flujo de agua de la cuenca es variable e irregular, lo que obliga a niveles altos de almacenamiento de agua, capacidad con la que no cuenta actualmente la Presa Sabaneta.

Con base en estos resultados iniciales, se hicieron modificaciones en los patrones de cultivo, manteniendo el mismo nivel estimado de intensidad de cultivo en el Valle a ambos márgenes del río San Juan. Estos nuevos patrones de cultivo reducen significativamente el área de cultivo de arroz en la margen derecha, de acuerdo a recomendaciones de estudios de suelos y reducen más modestamente el cultivo del arroz en la margen izquierda. La simulación con el modelo MODSIM, con los patrones de cultivo modificados, produjo resultados aceptables, habiéndose comprobado que con un 90% de confiabilidad, se puede satisfacerse las necesidades de agua de los canales del sistema de riego. Sin embargo debe tenerse en cuenta que estos resultados no consideran aumentos del área irrigada en el Valle y se limita a un mejoramiento en la intensidad de los cultivos actuales. Se estima que con el régimen hidrológico de la cuenca no sería sostenible el sistema si se programa un aumento de la zona irrigada. Si se decide

Incrementar la zona irrigada se deberá desarrollar adicionales recursos hídricos, tales como proyectos de integración de cuencas o una mayor utilización de las aguas subterráneas.

I. CARACTERISTICAS DE LA ZONA EN EL ESTUDIO

A. Ubicación

El río San Juan es el mayor tributario de la cuenca de Yaque del Sur, que desagua en el Mar Caribe en la punta meridional de la isla. La ubicación de la cuenca hidrográfica del río San Juan aparece en las ilustraciones 1 y 2.

El río San Juan, a su vez, tiene dos afluyentes principales: el Río Mijo y el Río Los Boas, así como diversos tributarios menores como el Arroyo Loro, el Arroyo Dajay, el Río Jinova, el Río Maguana y el río Mogollón. En esta cuenca se encuentra una de las más importantes ciudades de la zona; San Juan de la Maguana, con una población proyectada al año 1995 de 90.000 habitantes. El Río San Juan cuenta con un embalse multiuso para almacenamiento de agua llamado Presa Sabaneta. Los propósitos primordiales de la presa son: i) provisión de agua para uso agrícola, industrial; ii) la generación de energía hidroeléctrica; iii) la generación de agua potable y iv) evitar riadas de fatales consecuencias.

Siendo el valle de la Cuenca Hidrográfica particularmente de vocación agrícola e importante en el contexto de la República Dominicana, existe una constante preocupación acerca de la capacidad real de los recursos hídricos para mantener la actual y futura agricultura bajo riego, por lo que, al margen de otros factores que inhiban la producción agrícola, el objetivo de este estudio es analizar la disponibilidad de agua para irrigación.

B. Fuentes de Información

La información básica acerca de la Cuenca del Río San Juan proviene principalmente de los resultados obtenidos en el Proyecto recientemente concluido: "Optimización de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Yaque del Sur" de la Organización Meteorológica Mundial.

Como en la ejecución del proyecto mencionado se incluyó la Cuenca del río San Juan, existe una amplia gama de información que puede aplicarse al Proyecto, entre otros los siguientes:

- i) capacidades y características físicas de las estructuras hidráulicas, de la Presa Sabaneta, los principales canales y las estructuras de derivación del sistema de riego.
- ii) datos hidrometeorológicos de diversas zonas de la cuenca. Estos datos incluyen, precipitación, caudal de las corrientes, temperatura, humedad relativa, medidas de la velocidad del viento e información de las estaciones hidrométricas de los ríos. La mayoría de los datos disponibles fueron recopilados desde 1956.
- iii) análisis de los patrones de cultivo de las 21 zonas de irrigación del Distrito del Valle de San Juan y estimaciones de las necesidades de agua de los cultivos más importantes en estas zonas.
- iv) eficiencia de transporte; de aplicación del riego y globales en las zonas de irrigación en el valle de San Juan.
- v) estimación de la demanda de agua de consumo humano requerida por el Municipio de San Juan de la Maguana.

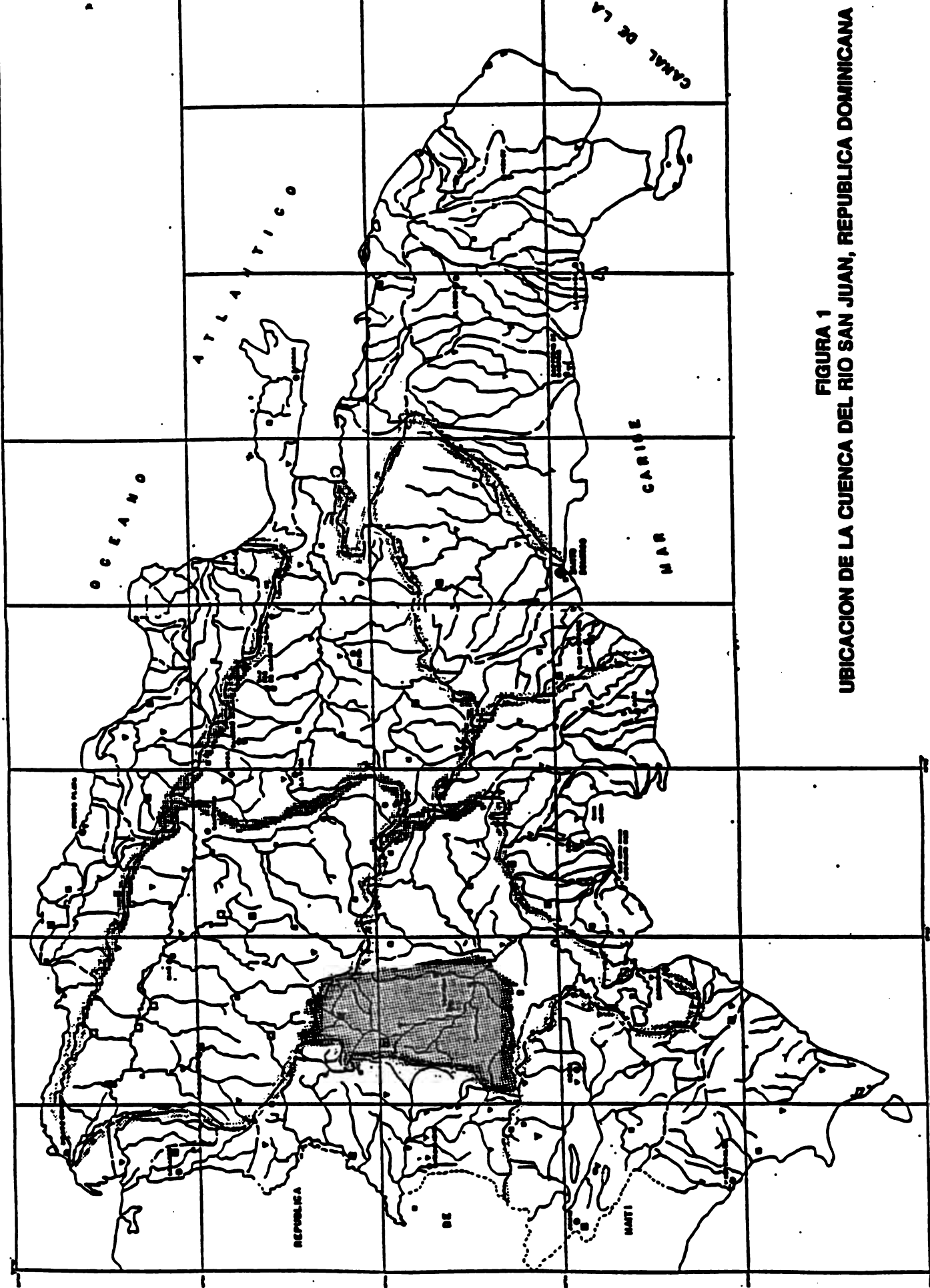


FIGURA 1
UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN, REPUBLICA DOMINICANA

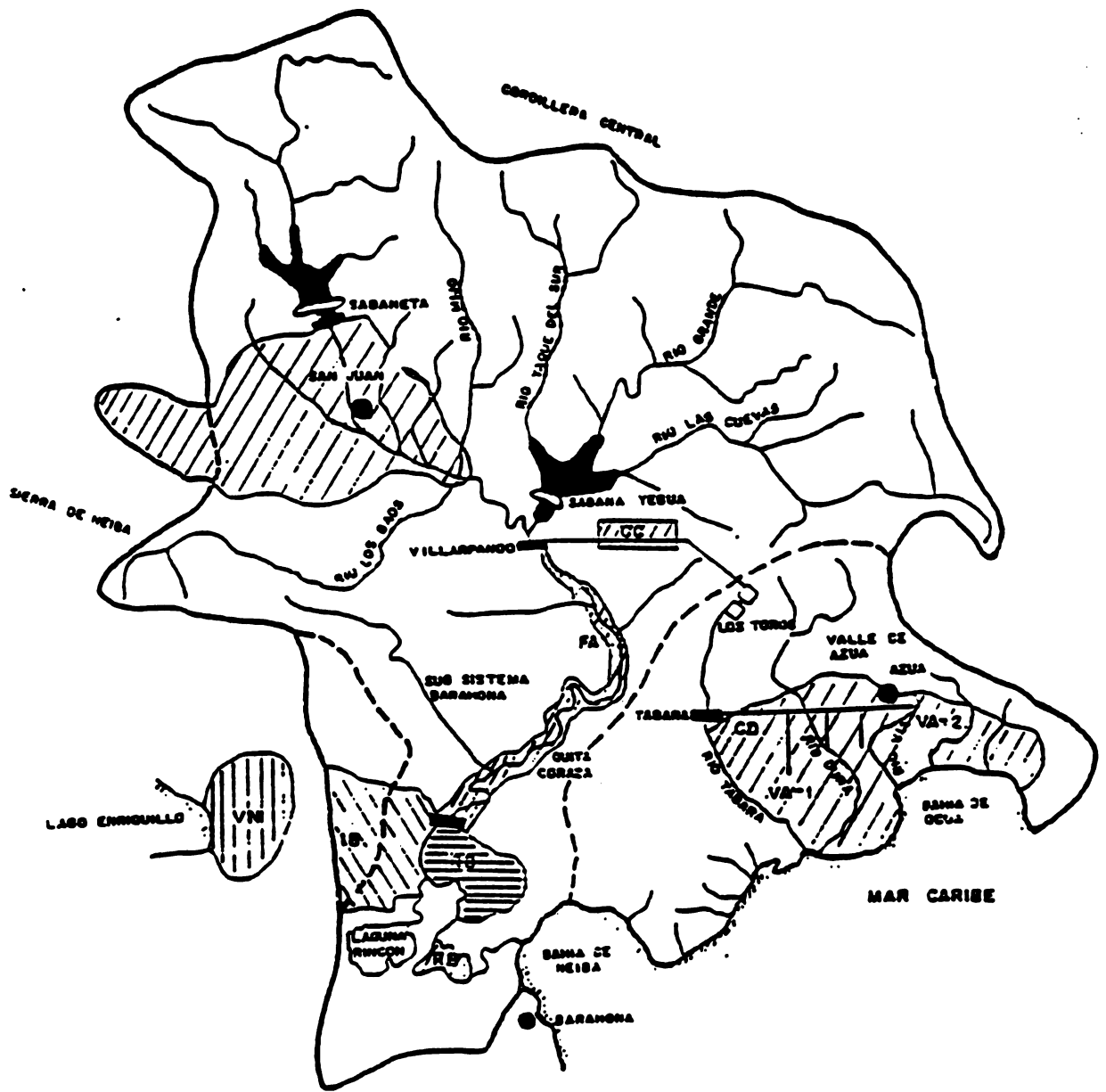


FIGURA 2
CUENCA DEL RIO SAN JUAN COMO TRIBUTARIO DEL RIO YAQUE DEL SUR

- vi) **datos empíricos sobre la operación de la Presa Sabaneta, incluyendo los niveles de almacenamiento, descargas, afluencias, características de las plantas hidroeléctricas, producción de energía y el valor económico de la generación de dicha energía producida por la planta hidroeléctrica de Sabaneta.**
- vii) **patrones de drenaje en la cuenca, incluyendo sitios en los que concluyen las aguas de retorno de superficie y del subsuelo.**

Por otra parte las curvas de elevación-área-capacidad usados en el proyecto de la Organización Mundial de Meteorología han sido actualizadas con base en recientes estudios batimétricos realizados en el embalse.

Las necesidades de agua para uso a nivel de finca han sido determinadas por la División de Operaciones del INDHRI, complementado con la información obtenida para el Proyecto PRODAS. También se obtuvo información adicional de la Secretaría de Estado de Agricultura del país (SEG) y el Instituto Agrario Dominicano (INA).

C. La Presa Sabaneta

El área de drenaje de la Presa Sabaneta consta de 642 km², con una afluencia media de 8,13 m³/s. La capacidad de almacenamiento viva de la represa se estimó anteriormente en 79 millones de m³, pero estudios batimétricos recientes en el sitio han estimado en 66,3 millones de m³ debido a la sedimentación acumulada en el embalse. La Presa tiene una estructura de tierra de aproximadamente 70 metros de altura, con un rango normal de operación de aproximadamente 35m (entre 609,0 y 644,0 m). Las operaciones del control de avenidas permiten que el nivel del embalse suba temporalmente a la elevación de 652,0 m, sin embargo por razones de seguridad este volumen adicional de almacenamiento no es posible alcanzar.

La Presa Sabaneta dispone de un vertedero del tipo campanilla ("morning glory") con un diámetro de 8 metros y su cresta está a una elevación de 644 m., pudiendo llegar a una capacidad de 980 m³/s. Sin embargo el conducto de evacuación complementario de 2 m de diámetro, ha sido bloqueado con hormigón, debido a una fuga de agua que se presentó por presiones naturales incontrolables como los huracanes. Adicionalmente, ha sido construido un vertedero de emergencia hacia un valle secundario y que consta de una presa de cresta ancha de 145 m de longitud con la banqueta o reborde a una elevación de 646 m. La capacidad del vertedero al nivel de diseño (652 m) es de 4000 m³/s.

La Presa Sabaneta está equipada también con un desagüe secundario (by-pass) por el que se libera agua para irrigación. Este desagüe se controla mediante una válvula de mariposa que, estando completamente abierta y al nivel máximo de operación (a la elevación de 644 m), hace posible una capacidad de desagüe de 27,5 m³/s.

Se ha determinado que la planta de energía eléctrica en la Presa tiene una capacidad instalada de 6,35 MW. La capacidad de desagüe de la turbina es de 11,25 m³/s y la eficiencia media de la unidad se ha estimado en 92%. El nivel máximo de operación es el de la elevación de 644 m, siendo el mínimo el de la de 612m. La producción anual media de energía se estima en 20,9 GWh en el supuesto de un factor de carga del 38%.

D. Canales de Irrigación

La cuenca del Río San Juan es una zona agrícola importante que cuenta con los siguientes canales principales de irrigación: José Joaquín Puello, Mijo, San Juan, Hato del Padre y Guanito San Juan.

El Canal J. J. Puello toma el agua del Río San Juan aguas abajo de la Presa Sabaneta. El canal está revestido de concreto y tiene una longitud total de 25 km y un declive medio de 0.38%. La capacidad a nivel de diseño es de 7,5 m³/s. El canal corre primero hacia el sur, luego hacia el sureste hasta un punto cercano al pueblo de Pedro Corto en la línea divisoria entre las vertientes del Yaque del Sur y Artibonito para dividirse después entre dos canales laterales: Pedro Corto y Las Charcas.

El Canal Pedro Corto atiende el oeste e irriga lo que se estima un 32% del área total de influencia del Canal J. J. Puello. Las aguas de retorno de este canal desaguan en el Río Calabozo en la Vertiente de Artibonito, de tal manera que este flujo es considerado como una pérdida de la Cuenca del Río San Juan. El Canal Las Charcas va hacia el sur, irrigando el resto del área total asignada al Canal J. J. Puello para desaguar en el Arroyo Loro, tributario del Río San Juan. El total del área irrigada por el sistema del Canal J. J. Puello es de 87.6 km².

Existe otro sistema de canales de riego que se inicia con el Canal San Juan, cuya fuente de abastecimiento de agua es el Río San Juan. Se inicia aproximadamente 10 kilómetros aguas arriba de la ciudad de San Juan de la Maguana y 3,5 km aguas abajo de la confluencia con el Río Maguana. El canal se dirige al sureste sobre la margen izquierda del río San Juan hacia el Río Jinova, al cual vierte sus aguas. El Río Jinova es un tributario del Río San Juan, depositando sus aguas, a unos 45 km aguas abajo de la confluencia con el Arroyo Loro y 5 km aguas arriba de la confluencia con el Río Mijo. El área total irrigada se estima en 30,7 km².

El Canal Guanito San Juan toma sus aguas de la margen derecha del Río San Juan, más arriba de su confluencia con el arroyo Rancho García. De hecho, el flujo del San Juan se divide en dos brazos 2 km aguas abajo de la toma de aguas del Canal San Juan, hasta 2 km aguas abajo de la toma del Guanito San Juan y 3 km aguas arriba de la confluencia con el Río Jinova. El canal irriga un área de 9,4 km² y finalmente vierte de nuevo en el Río San Juan.

El Canal Hato del Padre es relativamente nuevo y ha estado en funcionamiento sólo durante 2 ó 3 años. Este canal toma sus aguas del Río San Juan entre la toma del Canal San Juan y la salida del Arroyo Loro y drena de nuevo en el río. Su capacidad a nivel de diseño es de 4 m³/s y se estima que el área total irrigada es de 1862 ha. Otro canal adicional, el Canal Río Mijo, no está bajo el control de la Presa Sabaneta y por lo tanto no se considera en este estudio.

E. Problemas de la Zona en Estudio

Los trabajos de la Presa Sabaneta empezaron en 1976 y concluyeron en 1982, pero muchas de las instalaciones de la represa no se terminaron. La operación en sí empezó en 1981 a pesar de lo incompleto de la construcción. Han surgido interrogantes acerca de la seguridad de la presa debido a fugas en un túnel de presión que se dañó al paso del Huracán David y la necesidad de contar con un vertedero de emergencia. Mientras no se resuelvan estas preocupaciones existirá la incertidumbre acerca de si puede utilizarse la presa a la capacidad máxima.

Un tema importante es determinar si es o no económicamente viable mejorar la presa, en relación con el potencial de un rendimiento confiable mejorado como resultado del proyecto. La eficiencia en cuanto a uso del agua en las zonas irrigadas aguas abajo son muy bajas, sin embargo se reusan con mucha frecuencia las aguas ya usadas, debido a la devolución de flujos tanto de superficie, como de subsuelo, principalmente por prácticas ineficientes de irrigación.

También han surgido preocupaciones acerca de los problemas de salinidad en algunas de las zonas atendidas con riego debido al ascenso del manto freático, particularmente en la zona más

abajo del Canal Pedro Corto. Los rendimientos en la agricultura no han aumentado en proporción con la entrega de mayores cantidades de agua, lo cual quizás pueda atribuirse a un drenaje insuficiente y a una creciente salinización en estas zonas. Esto sugiere la posible necesidad de hacer cambios en los patrones de cultivo, tales como reducir la irrigación del arroz, comprobado como está que es un gran consumidor de agua.

El lado izquierdo (es decir el lado oriental) de la cuenca ya está recibiendo los beneficios de un mejor aprovisionamiento de agua; de tal manera, se prevé que en el futuro se debería hacer énfasis en el lado derecho, que está experimentando carencias de agua más severas. Sin embargo, podría ocurrir que unas prácticas de irrigación más eficientes en el lado izquierdo propiciaran una mayor disponibilidad de agua para el lado occidental y otras zonas, aunque esto podría ser muy costoso. Esto refuerza aún más la necesidad de un análisis completo e integrado de la cuenca hidrográfica en su totalidad.

F. Estudio Batimétrico del Embalse de Sabaneta

Un aspecto importante de este estudio ha sido la inclusión de resultados de un reciente análisis batimétrico del sitio de la Presa Sabaneta; cuyo objetivo fue determinar hasta qué punto las curvas de elevación-área-capacidad del embalse necesitan ser modificados en razón de la acumulación de sedimentación de que se ha producido en el embalse durante la vida de la Presa. Para efectos del Estudio se hicieron transversales laterales en el embalse, con espaciamiento longitudinal entre 100 y 400 metros. Usando una referencia básica en tierra para mantener un correcto movimiento lateral por la superficie del agua, se hicieron lecturas de profundidad continuas en cada transversal. Se hizo un análisis computarizado de los datos recogidos usando mapas topográficos de escala 1:5000 para evaluar las curvas de relieve originales del sitio del embalse y así poder estimar la cantidad de sedimentación depositado. Los resultados muestran una excelente correspondencia entre los datos computarizados y los levantamientos originales.

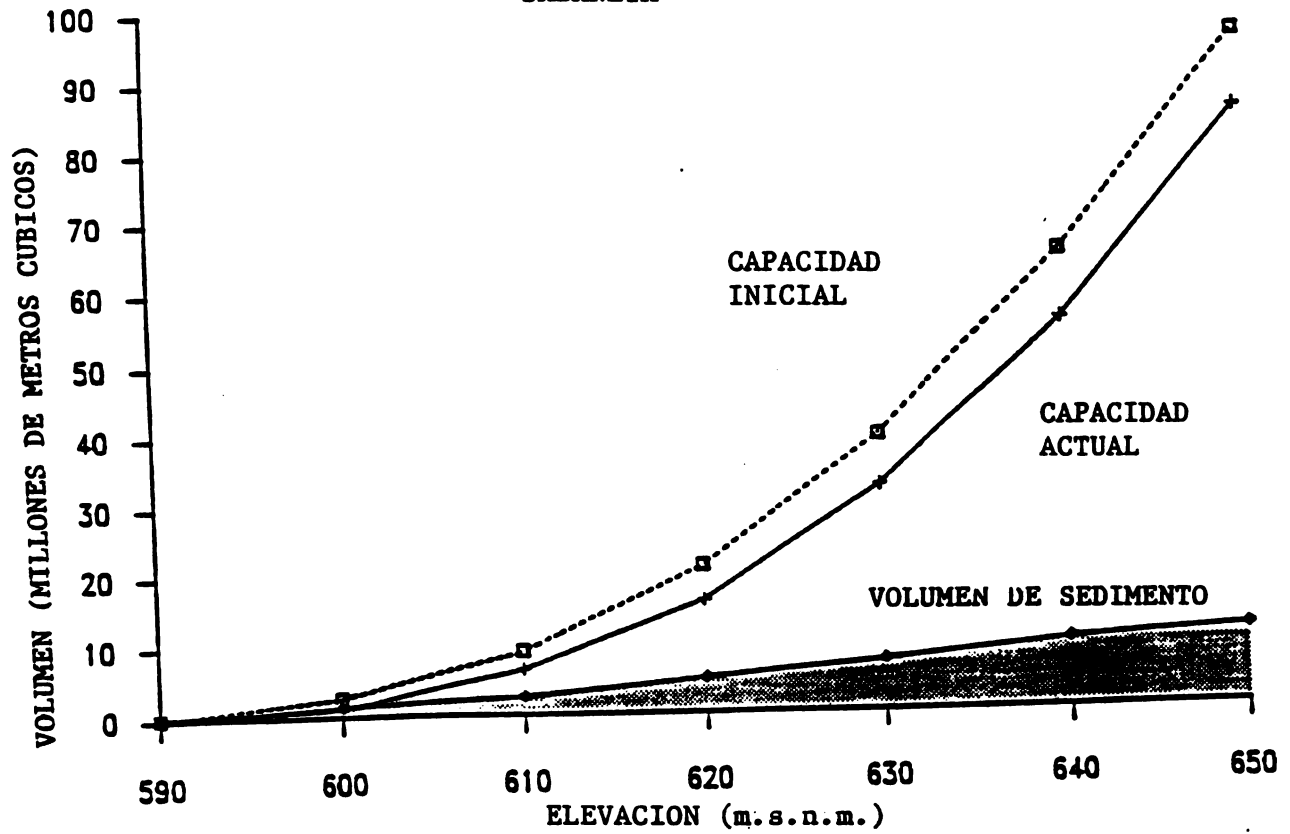
Con base en estos resultados, las curvas de elevación-área-capacidad de la Presa Sabaneta fueron actualizadas obteniéndose los impactos de la sedimentación. La figura 3 muestra la pérdida en capacidad de almacenamiento debido a la acumulación de que se ha producido en los últimos 10 años. Expertos que hicieron la batimetría, opinan que la mayoría del sedimento se depositó durante el Huracán David y que, mientras que se dé un desarrollo moderado aguas arriba de la vertiente, las tasas de sedimentación futuras no deberán ser motivo de preocupación.

II. MODELO DE SIMULACIÓN DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

Uno de los propósitos importantes de este estudio es producir un modelo matemático para determinar el equilibrio hidrológico en el Valle de San Juan, tomando en cuenta la precipitación, el flujo terrestre, las derivaciones de presas, la evapotranspiración, el uso del agua para consumo, la percolación profunda, las fugas y otras variables hidrológicas. La capacidad de almacenamiento y las políticas operativas de la Presa de Sabaneta deberían incluirse en la simulación de la cuenca hidrográfica como medio para maximizar la confiabilidad del aprovisionamiento de agua en la cuenca. En ese sentido se seleccionó el Programa MODSIM desarrollado en la Universidad Estatal de Colorado.

El MODSIM ha sido aplicado con éxito en la Cuenca del Río Nizao en República Dominicana, así como en un gran número de cuencas hidrográficas en todo el mundo, entre otros en la cuenca superior del Río Colorado en Colorado, la cuenca del Río Grande en Colorado, Nuevo México y Tejas, la cuenca del Río Cumberland en Tennessee, la cuenca del Río Platte del Sur en Colorado, la cuenca del Río Mondego en Portugal y el Proyecto del Transportador Meridional en Chipre. El

FIGURA 3
ESTUDIOS BATIMETRICOS DE LA PRESA
SABANETA



MODSIM es un modelo para cuenca hidrográfica generalizado que tiene ciertas ventajas en relación con otros modelos populares tales como el HECs y el SSAAR del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los E.U.A., así como el Modelo CRSS desarrollado por la Oficina de Habilitación de Tierras ("U.S. Bureau of Reclamation") de los E.U.A. En particular, el MODSIM tiene la ventaja de permitir la asignación priorizada de provisiones de agua espacialmente distribuidas, así como la capacidad de incluir directamente la interacción entre corrientes y mantos acuíferos para hacer un cálculo exacto de las aguas de retorno en el subsuelo de la cuenca hidrográfica.

La versión del MODSIM desarrollado para uso del PRODAS fue instalado en el sistema de computación del INDHRI compatible con IBM y presenta un formato habilitado por un menú de fácil uso para el registro de datos, la revisión y la detección de errores. El modelo permite obtener cuadros con gráficos en colores, así como resultados tabulados con mayor detalle para la preparación de informes, que muestran los niveles de almacenamiento, descargas, afluencias, generación de energía, pérdidas y derramamientos del sistema, demandas, carencias, descargas de los canales y aguas de retorno en cualquier punto del sistema. El MODSIM se basa en el original concepto de usar un algoritmo de alta eficiencia para optimizar el flujo de la red para hacer simulaciones de administración de aguas de una cuenca hidrográfica con carácter de prioridad, en contraste con los procedimientos iterativos menos eficientes utilizados por otros modelos.

La versión del MODSIM permite análisis mensuales, así como una administración diaria en tiempo real, de los recursos hídricos. Es capaz de generar planes de operación que cumplen con metas, prioridades y restricciones especificadas. También puede usarse para evaluar la transacción entre usos conflictivos durante los períodos de insuficiente disponibilidad de agua. Esta información puede ofrecer una base racional y documentable que ayude en la difícil toma de decisiones sobre la asignación de aguas.

III. CALIBRACIÓN DEL MODELO

El proceso de calibración del modelo es importante para adquirir confianza en cuanto a que el modelo MODSIM podrá ofrecer proyecciones realistas acerca de la disponibilidad de agua para la agricultura en la Cuenca del Río San Juan. El proceso de calibración compara los flujos computados con los flujos realmente observados por un período histórico seleccionado, como un medio de dar a conocer las ganancias y pérdidas hidrológicas de importancia en el sistema hidrográfico.

Para este proceso de calibración, originalmente se había decidido usar los años 1990 y 1991, pero deficiencias que se presentaron subsecuentemente en los datos de 1991, hicieron necesario basarse sólo en la información de 1990. Esto, por supuesto, no es lo ideal y sería preferible usar datos de una serie de años para la calibración, sin embargo, limitaciones en la disponibilidad de datos fehacientes relacionados con estaciones hidrométricas importantes y canales de distribución de aguas hicieron esto imposible.

Se desarrolló inicialmente una configuración en red del sistema de la Cuenca del Río San Juan para el modelo MODSIM, que se presenta en la figura 4. Se registraron en el MODSIM los datos sobre los niveles prioritarios del embalse en el año 1990, forzando así al modelo a descargar flujos para mantener esos niveles (Figura 5). Luego siguiendo el proceso de calibración se hicieron comparaciones de los caudales de agua en los puntos señalados con anterioridad de acuerdo a la escala de medición de ríos. En esta forma se pudo evaluar la información de la base de datos utilizada y los índices de pérdida en irrigación, así como despejar la incertidumbre sobre los parámetros de eficiencia.

El proceso de calibración realmente utilizó una versión restringida de la estructura de la red mostrada en la figura 4, para reflejar adecuadamente las condiciones actuales. Sin embargo, una vez que se desarrolla una estructura de red, es fácil modificarla para que refleje futuras situaciones y especificaciones en la planificación.

En la red, a la Cuenca del Río San Juan, más abajo del embalse de Sabaneta, se dividió en 2 áreas: Margen Izquierda que es el lado este del río, incluyendo las áreas de Guanito San Juan y Hato del Padre y la Margen Derecha al oeste del río San Juan, incluyendo la zona conocida como subcuenca Media. De este sistema, los siguientes puntos demandan agua:

- Toma 4: Pedro Corto abajo del Canal J. J. Puello
- Toma 5: Las Charcas incluye Pedro Sánchez y laterales (1-4) abajo del Canal J. J. Puello.
- Toma 8: Canal San Juan
- Toma 12: Canal Hato del Padre
- Toma 15: Municipalidad de San Juan de la Maguana
- Toma 19 Canal Guanito San Juan
- Toma 23: Río Mijo (no se incluye en la calibración)

Para efectos de la calibración del sistema no se tomaron en cuenta las tomas 30, 34 y 35, por considerarlos irrelevantes en la situación actual, pero que podrían ser incluidas en estudios futuros cuando exista la posibilidad de aumentar el área irrigada en estas zonas. La toma 27, en la parte más lejana, aguas abajo del sistema, es considerada como un punto de baja demanda, por lo que se le da menor prioridad en el sistema, de manera que todos los flujos disponibles se utilicen primero aguas arriba.

Además de las demandas señaladas, se especificaron algunas "demandas de paso" para ciertos enlaces, aguas abajo de la toma 6 (estación de medición en Guazumal) y la toma 18 (estación de medición El Rosario). Adicionalmente, el sistema señala otras estaciones de medición como; Hato Viejo (toma 16 y 17), el Cacheo (toma 22 y 23) y Sabana Alta (toma 26 y 27), pero que no fueron consideradas como "demandas de paso", aunque los caudales computados fueron comparados con los caudales medidos en Hato Viejo.

Por otra parte seguros que existen captaciones privada a lo largo del Río San Juan aguas abajo de la Presa Sabaneta hasta la derivación del Canal San Juan, se redujeron los aportes de los ríos Maguana y Dajay en la toma 6.

Los afluentes considerados en el sistema son:

- Toma 1: Afluente hacia Sabaneta, medido en Paso de Lima.
- Toma 6: Ríos Maguana y Dajay.
- Toma 9: Ríos Mogollón y Jlnova. Los enlaces (28,9) y (29,8) no fueron incluidos en la calibración, puesto que el traslado de estos flujos a la zona del Canal San Juan requeriría la construcción de nuevos canales de distribución.
- Toma 10: Río La Lavandera.

- Toma 17:** Arroyo Loro, primordialmente aguas de retorno de irrigación medidas en Hato Viejo.
- Toma 22:** Río Mijo (no incluido en la calibración).
- Toma 26:** Los Baos (no incluido en la calibración).

**DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SISTEMA DE RED DEL RIO SAN JUAN
(ENTRE LA PRESA Y EL VALLE)**

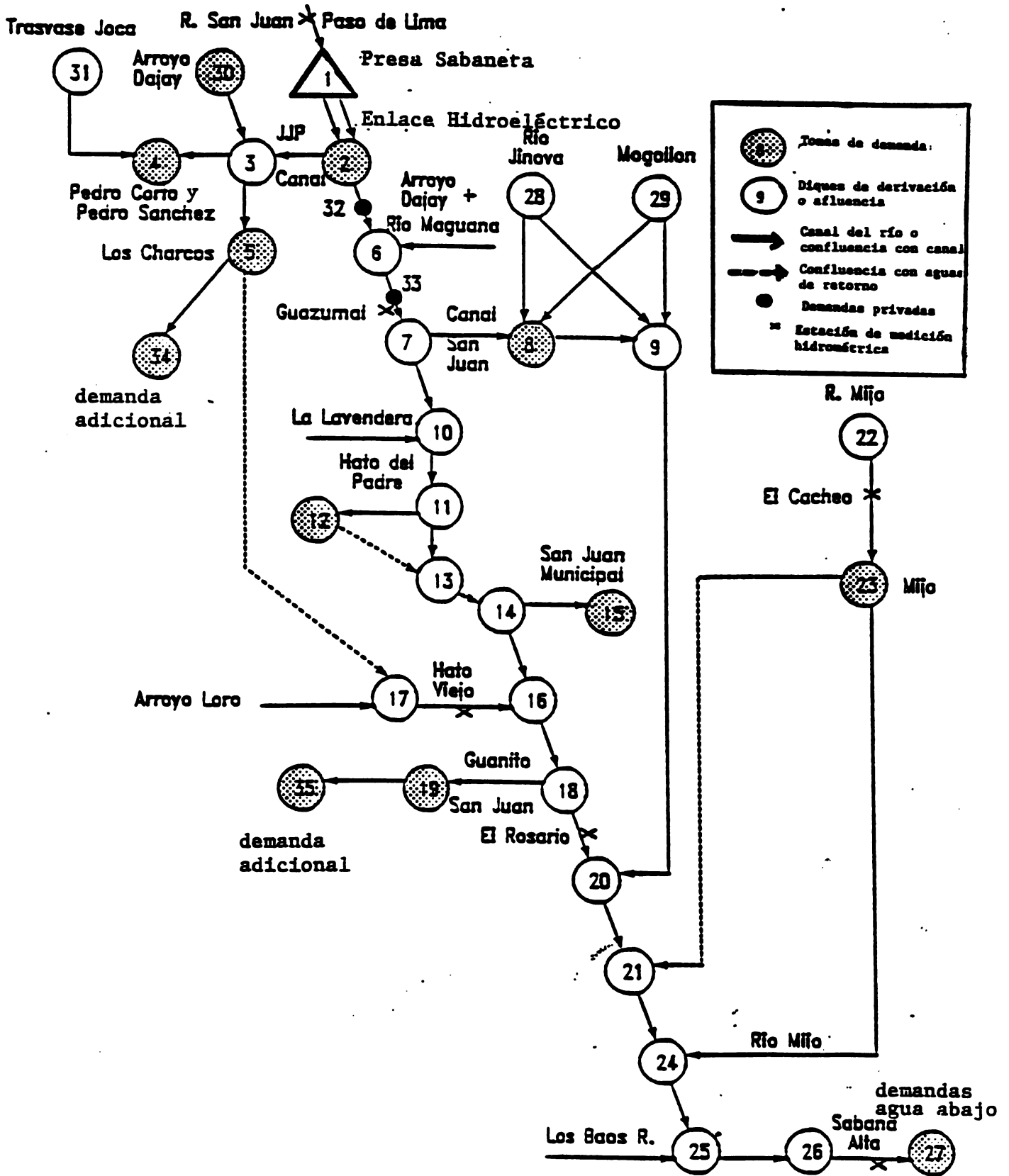
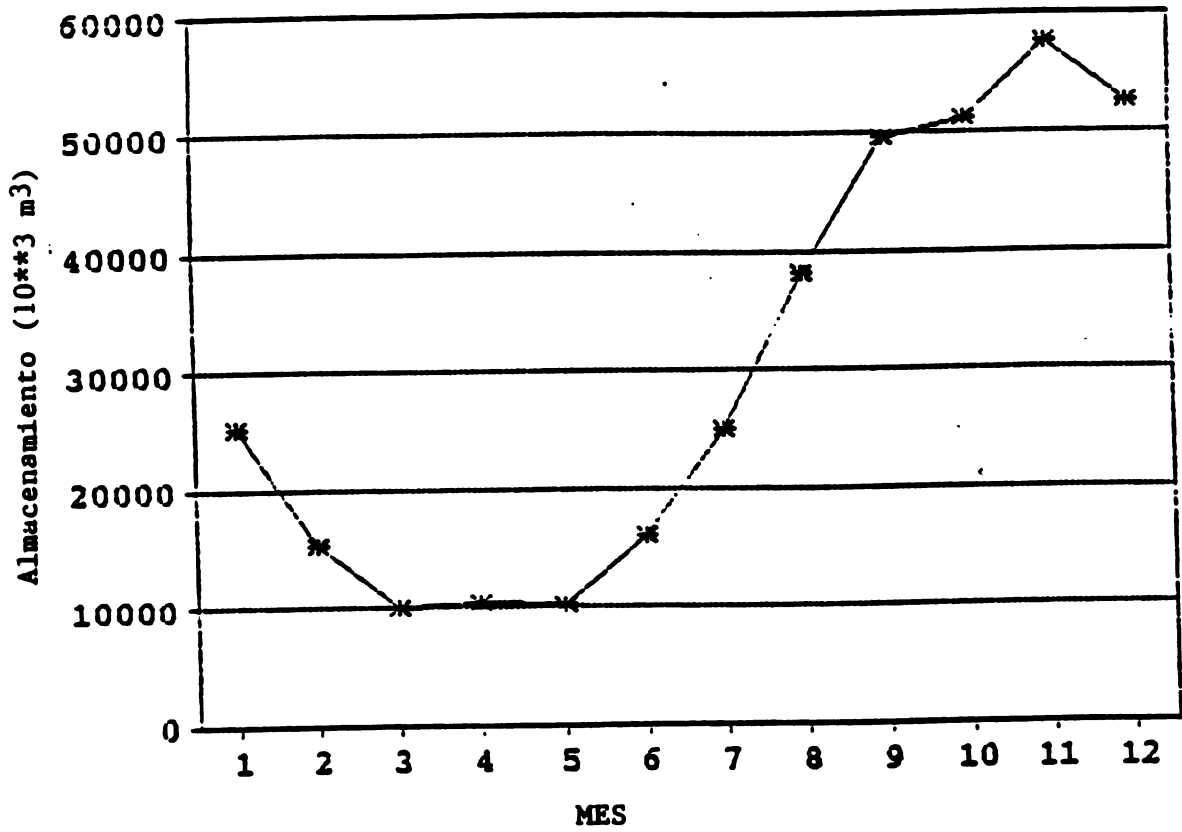


FIGURA 5

ALMACENAMIENTO DEL EMBALSE DE SABANETA
AÑO 1990.



Fuera de los afluentes hacia Sabaneta y Hato Viejo, la mayoría de ellos no fueron medidos, habiéndose utilizado los resultados de un análisis de regresión basado en información de medición tomada en otros sitios. Por lo tanto, las estimaciones del flujo podrían estar erradas, en contados casos se estimaron los flujos durante el proceso de calibración basados en los expedientes de las estaciones de medición.

El modelo MODSIM también es capaz de calcular los flujos de retorno que se producen por prácticas ineficientes de irrigación. Los flujos de retorno han sido calculados en los siguientes sitios:

- Toma 5: Las Charcas hasta la toma 17, Arroyo Loro.
- Toma 8: Demandas del Canal San Juan hasta la toma 9, Ríos Jinova y Mogollón.
- Toma 12: Hato del Padre hasta la toma 13, Río San Juan.
- Toma 19: Guanito San Juan hasta la toma 25, Río San Juan.
- Toma 23: Río Mijo hasta la toma 24 Río San Juan (no incluido en la calibración).

Para efectos del proceso de calibración, las demandas se ajustaron de manera que reflejaran los flujos realmente medidos en los canales. Por ejemplo, existían medidas de flujos para J. J. Puello que luego se distribuyeron a las tomas 4 y 5. Las eficiencias se ajustaron para que reflejaran los flujos realmente medidos. Esto dio por resultado unas eficiencias estimadas bajas, como puede observarse en los cuadros 1 y 2. Estos cuadros indican que para la Zona A (o lado derecho) se hace necesario una eficiencia de aplicación para la mayoría de cultivos del 12,5% y una eficiencia de transporte del agua de 70% si se desea calibrar los caudales medidos en el canal J. J. Puello. De la misma manera, para la Zona B (o lado izquierdo) las eficiencias de aplicación sería de un 23% para la mayoría de los cultivos, junto a una eficiencia de transporte del 75%.

En resumen, la calibración a los flujos de los canales medidos en 1970 da como resultado las siguientes eficiencias estimadas:

- a. 12.5% de eficiencia de aplicación para el lado derecho (20% para el arroz).
- b. 23% de eficiencia de aplicación para el lado izquierdo (36% para el arroz) - esto incluye los canales Hato del Padre y Guanito San Juan.
- c. 70% de eficiencia de transporte para el lado derecho.
- d. 75% de eficiencia de transporte para el lado izquierdo.

Las eficiencias globales se calculan multiplicando las eficiencias de aplicación y de transporte. Estos valores indican claramente que existen posibilidades significativas de mejorar las eficiencias en el sistema, lo que podría resultar en una mayor disponibilidad de agua. Si la eficiencia global está representada por e para cada área i , los flujos de retorno se calculan con la derivada de $(1-e)$.

Para la calibración se omitió la evaporación neta de la superficie del lago, bajo el supuesto de que la evaporación anual neta (es decir: la evaporación menos la precipitación) llega a un promedio cercano a cero para la mayor parte de los años. La figura 6 que muestra la correspondencia entre las emisiones computadas y los valores medidos para el sistema, confirma este supuesto.

CUADRO 1
 CÁLULO DE LA DEMANDA DE BIEGO - VALLE DE SAN JUAN - PROTECCION PRODAS

Sistema o zona	Efic. (%)	Callivo	Area (Ha)	Jan	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1. No. de días del mes				31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
2. Demanda Neta (mm)				69.02	116.00	37.00	0.00	0.00	128.20	103.63	129.00	61.30	6.00	9.30	33.30	59.80
3. Habichuela				104.15	58.96		3.60	13.20	106.79	46.54						
4. Batata (ter)							3.60	13.20	106.79	46.54						
5. Batata (2do)								48.50	60.60							
6. Sorgo																
7. Maiz																
8. Mani																
9. Hortalizas																
10. Arroz Directo																
11. Caudal demandado																
12.5 Habichuela				3.01	0.15	2.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
12.5 Batata (ter)				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	1.58	1.10	0.72	0.07	0.00	0.00	0.00
12.5 Batata (2do)				1.16	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.36	0.67	1.16	
12.5 Sorgo				0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.13	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.5 Maiz				0.00	0.00	0.00	0.06	0.23	2.31	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.5 Mani				0.00	0.27	0.62	0.91	0.33	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.5 Hortalizas				0.03	0.15	0.20	0.41	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20 Arroz Directo				0.00	0.00	0.00	0.00	1.48	3.56	3.06	3.70	4.01	2.27	0.30	0.00	0.00
13. Modulacion Mensual de la Ea				1.050	0.625	0.900	1.540	1.030	0.350	0.900	0.900	1.050	1.000	3.000	2.220	11.087003
14. Total demandado				4527.6	9.29	3.29	1.42	2.09	0.37	5.19	5.11	4.01	2.70	0.97	1.61	0.00
15. Ec y Ed (E)				70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
16. Total a derivar				7.46	0.29	4.61	3.13	4.26	4.10	7.06	6.56	7.26	6.95	6.92	5.21	0.0
17. DISTRIBUCION DEL CAUDAL POR LATERAL (10/5)																
18. Peden Carlo				0.11	0.46	0.25	0.17	0.23	0.23	0.39	0.36	0.40	0.30	0.30	0.29	0.00
19. Pedro Sanchez				0.27	0.30	0.16	0.11	0.15	0.15	0.23	0.23	0.26	0.25	0.25	0.19	0.00
20. Las Charcas				1.10	1.22	0.68	0.46	0.63	0.62	1.04	0.97	1.07	1.03	1.02	0.77	0.00
21. Canal J.J.P.				0.40	0.44	0.24	0.17	0.23	0.22	0.30	0.33	0.39	0.37	0.37	0.20	0.00
22. Canal J.J.P.				2.39	2.66	1.48	1.00	1.37	1.31	2.26	2.10	2.33	2.23	2.22	1.67	0.00
23. Canal J.J.P.				0.16	0.17	0.10	0.07	0.09	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.14	0.11	0.00
24. Canal J.J.P.				2.71	3.04	1.69	1.15	1.57	1.51	2.59	2.41	2.66	2.55	2.54	1.91	0.00
25. Canal J.J.P.				7.46	8.29	4.61	3.13	4.26	4.10	7.06	6.56	7.26	6.95	6.92	5.21	0.00
26. Canal J.J.P.				7.30	8.25	4.60	3.10	4.30	4.10	7.10	6.76	7.17	7.20	6.15	5.17	0.00
27. Canal J.J.P.				6822.0	6944.9	4200.8	2771.1	3095.7	3701.4	6433.6	5990.7	6410.8	6309.6	6123.1	4761.7	64352.5
28. Canal J.J.P.				113171.1	13215.3	8125.9	3350.0	7521.4	7146.1	12159.9	11581.5	12392.7	12259.1	11021.0	9199.1	124214.0
29. Canal J.J.P.				0.11	0.11	0.07	0.01	0.06	0.06	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.07
30. Canal J.J.P.				0.11	0.11	0.07	0.01	0.06	0.06	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.07

CUADRO 2

CALCULO DE LA DEMANDA DE RIEGO - VALLE DE SAN JUAN - PROYECTO PROBADO

Sistema o zona	Efic.	Area (Ha)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
ZONA "B"			90.02	116.00	39.00										
Habichuela		1707.9	2.50	3.56	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Batata (1er)		330.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.43	0.60	0.55	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
Batata (2do)		330.8	0.42	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10	0.33	0.33	0.56	0.56
Sorgo		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maiz		205.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.51	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mani		110.5	0.00	0.04	0.15	0.23	0.10	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hortalizas		306.3	0.06	0.00	0.19	0.42	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arroz Directo		1301.3	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	4.43	3.81	4.61	4.99	2.83	0.37	0.00	0.00
Caudal demandado			1.50	0.850	1.900	4.000	1.600	0.500	0.700	0.700	0.600	1.050	4.200	2.900	11.670033
Modelacion Mensual															
de la Ea															
Total demandado		4452.7	2.97	3.79	1.42	0.67	2.00	5.57	4.39	5.20	5.59	3.21	0.70	0.70	0.00
Ec v Ed (Z)			75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Total a derivar			4.16	4.29	3.59	3.55	4.27	3.71	4.10	4.06	4.17	4.50	3.93	3.03	0.0
(Z distr.)															
DISTRIBUCION: Cal. Mato del Padre		1062.0	1.32	1.36	1.14	1.12	1.35	1.10	1.30	1.54	1.42	1.13	1.24	0.96	1.20
Cal. San Juan		3074.0	2.17	2.24	1.07	1.06	2.23	1.94	2.14	2.54	2.34	2.35	2.06	1.50	2.11
Cal. Guanillo-S. Juan		16.043	0.67	0.69	0.50	0.57	0.68	0.60	0.66	0.70	0.72	0.72	0.63	0.49	0.65
TOTAL		100.003	4.16	4.29	3.59	3.55	4.27	3.71	4.10	4.06	4.17	4.50	3.93	3.03	
OBSERVACION															
Cal. San Juan			2.20	2.25	1.90	1.06	2.24	2.00	2.12	2.53	2.30	2.35	2.05	1.50	2.12
Cal. Guanillo-S. Juan			1.65	1.00	1.00	1.50	1.55	1.70	1.75	1.35	1.20	1.10	1.50	1.54	1.57
DEMANDA POR MUJOS															
Mudo 12			3527.0	3707.4	3041.3	2914.7	3610.1	3049.5	3077.0	4110.3	3668.7	3017.9	3226.7	2500.0	40315.4
Mudo 0			5022.8	5127.2	5020.9	4812.0	5973.2	5034.5	5741.5	4799.0	4056.6	4303.1	5327.0	4239.6	66557.2
(10-3 H3/ees)			1786.8	1665.6	1510.7	1476.6	1033.0	1544.9	1741.9	2066.4	1050.6	1931.2	1634.7	1301.0	20424.0
DEMANDA POR MUJOS															
Mudo 0			0.53	0.00	0.00	0.07	0.09	0.00	0.09	0.10	0.09	0.09	0.00	0.06	1.0
Mudo 12			0.09	0.00	0.00	0.07	0.09	0.00	0.09	0.10	0.09	0.09	0.00	0.06	1.0
(Factor)			0.03	0.00	0.03	0.07	0.09	0.00	0.09	0.10	0.09	0.09	0.00	0.06	1.0

La figura 7 muestra los caudales medidos en las estaciones de medición de Guazumal y El Rosario. Los hidrólogos del INDHRI recomendaron que no se utilizarán los caudales medidos en El Rosario por considerarlas no confiables, particularmente para los últimos 6 meses del año. Sin embargo, se introdujeron al modelo MODSIM estos caudales medidos (toma 6.7), a fin de efectuar una comparación con los caudales computarizados. La figura 8 muestra esta comparación entre los caudales medidos y los estimados en los canales Pedro Corto y Las Charcas. Los caudales medidos y estimados de Las Charcas son coincidentes, no así en el caso de los caudales de Pedro Corto, probablemente por que existen otros afluentes locales que no fueron tomadas en cuenta. Sin embargo, como desviaciones fueron detectadas en solo 2 de los 12 meses, los resultados obtenidos fueron considerados aceptables.

La figura 9 compara los caudales reales y los calculados del Canal San Juan y muestra una excelente correspondencia, excepto por un mes (julio). En cuanto a La Maguana y Dajay ha sido necesario agregar afluentes en la toma 6 a fin de forzar la correspondencia entre los caudales reales y estimados, tal como se muestra en la figura 10. Los hidrólogos del INDRHI estiman que es un ajuste razonable, puesto que las estimaciones de los afluentes de La Maguana y Dajay no provienen de mediciones empíricas, sino de la información que diera un análisis de regresión con datos básicos de otras estaciones de medición.

La calibración también confirmó la exactitud de las estimaciones de las aguas de retorno con base en las eficiencias de aplicación supuesta. Se había supuesto que la Estación de Medición de Hato Viejo (toma 17,16) sería un buen indicador, considerando que los caudales de Arroyo Loro son primordialmente aguas de retorno de la irrigación. De hecho, la figura 11 muestra que, sobre una base anual promedio, las estimaciones de las aguas de retorno son razonables. La figura 12 muestra que existe buena correspondencia en los caudales de Hato del Padre y Guanito San Juan, así como en las captaciones para la Municipalidad de San Juan.

En general, se considera que la calibración tuvo un éxito razonable, excepto por los afluentes, que se requirió agregar a los ríos Maguana y Dajay.

FIGURA 6

SISTEMA DE SABANETA
(descarga calculada vs. real 1990)

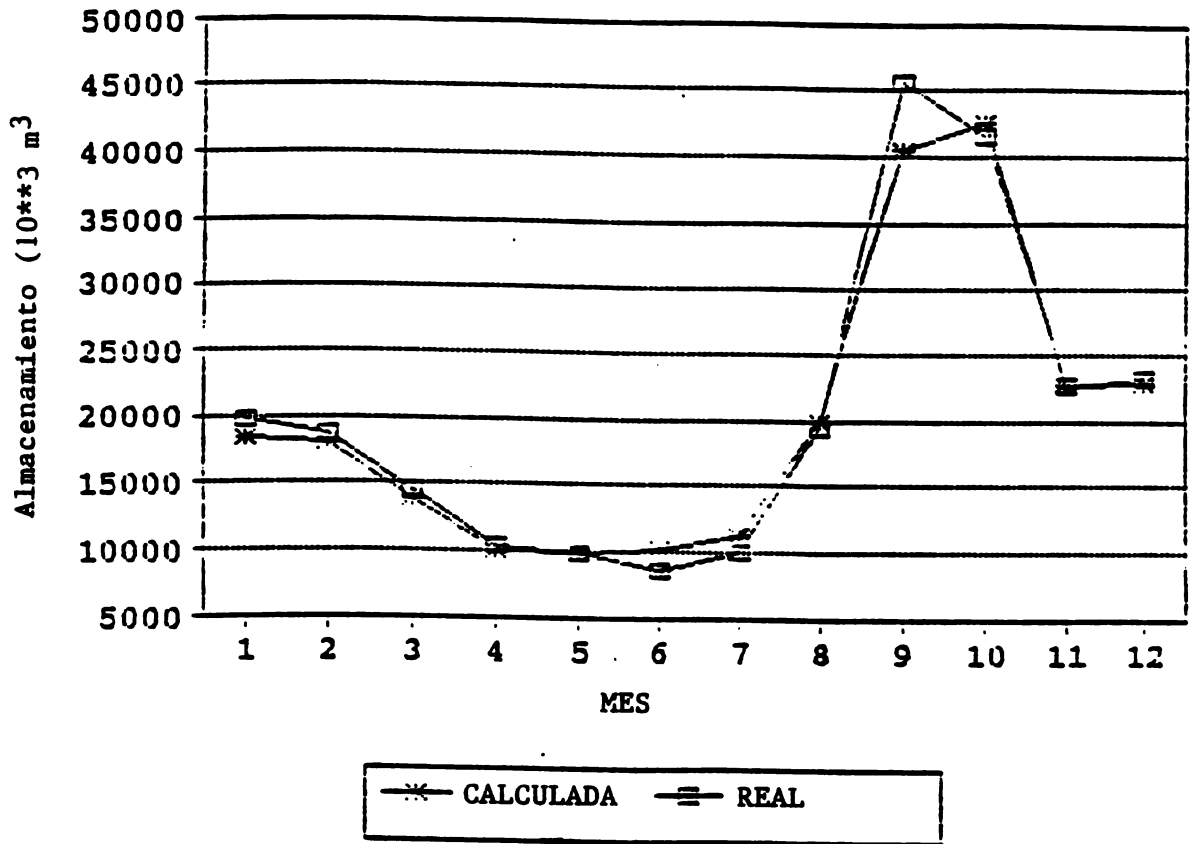


FIGURA 7
CAUDALES MEDIDOS
GUAZUMAL Y EL ROSARIO

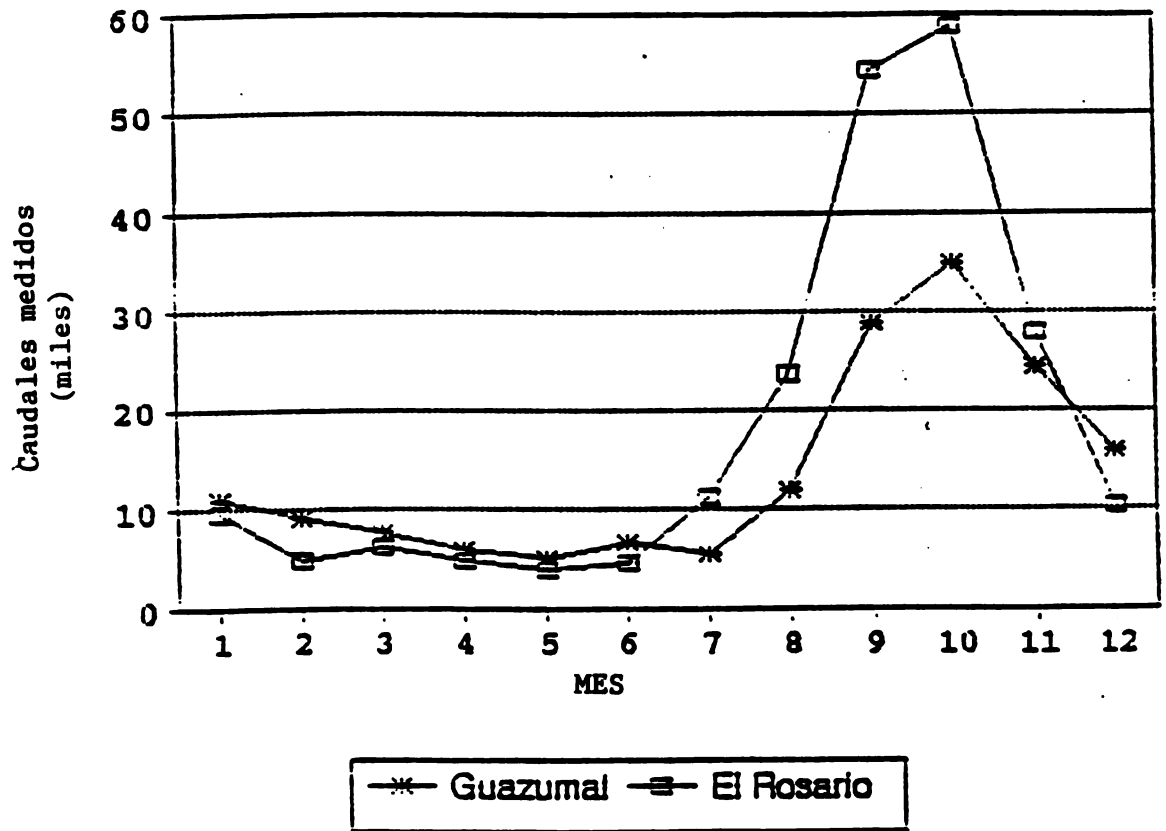


FIGURA 8

Pedro Corto - Las Charcas

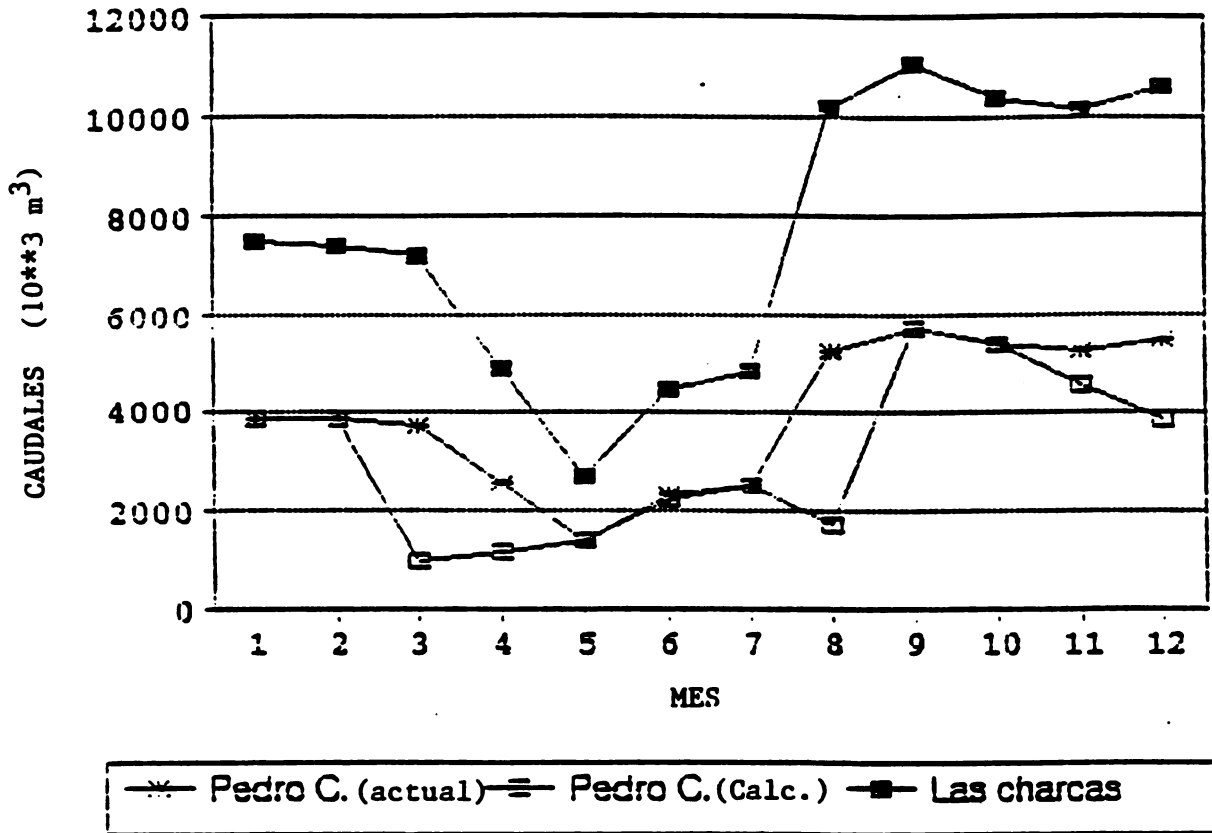


FIGURA 9
 CANAL SAN JUAN
 CAUDALES REALES vs. CAUDALES CALCULADOS

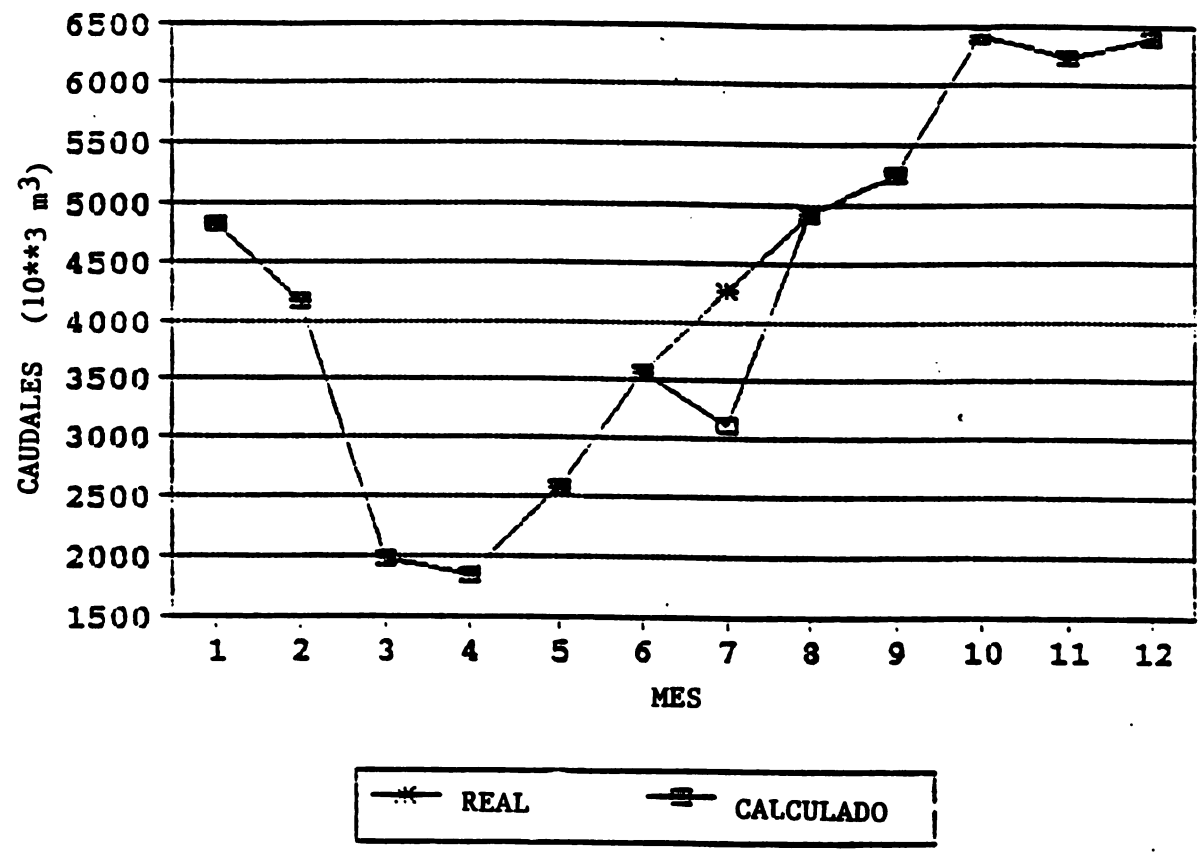


FIGURA 10
LA MAGUANA Y DAJAY
AFLUENTE ORIGINAL Y AGREGADA (1990)

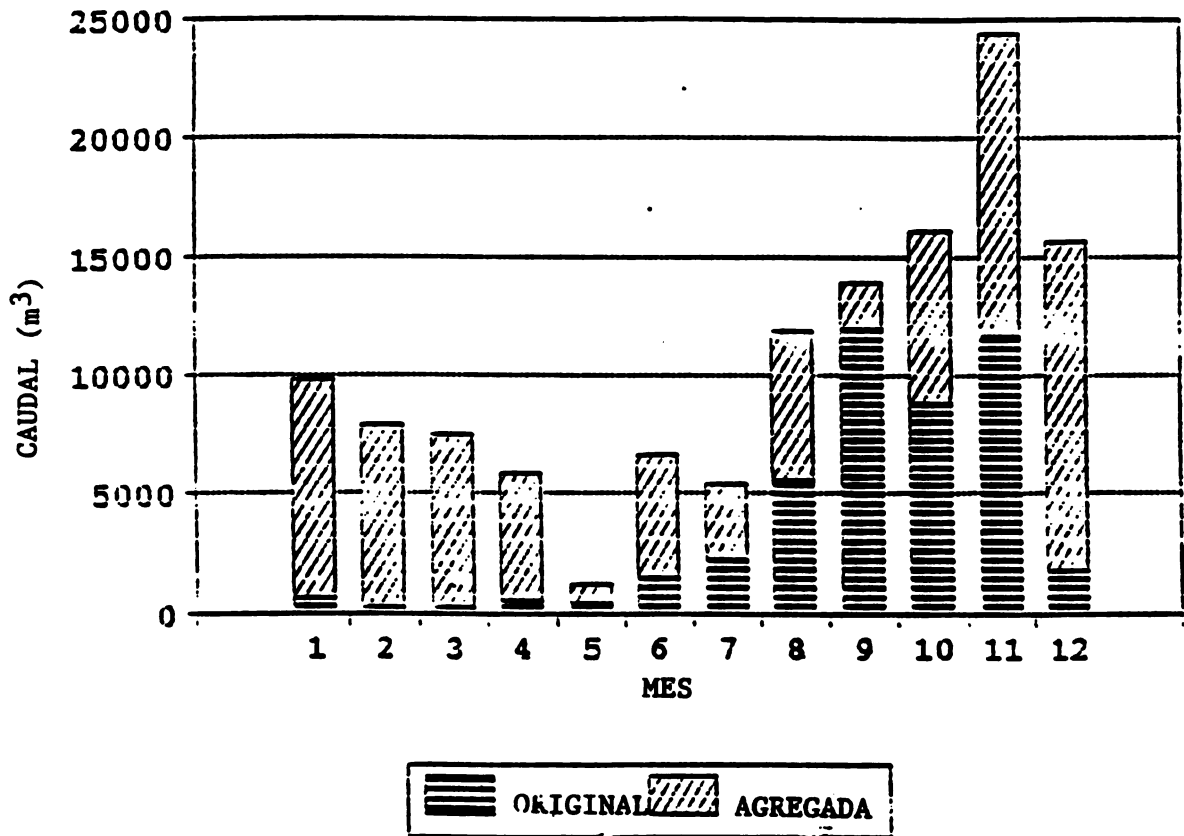


FIGURA 11
ARROYO LORO - HATO VIEJO
Calibración 1990

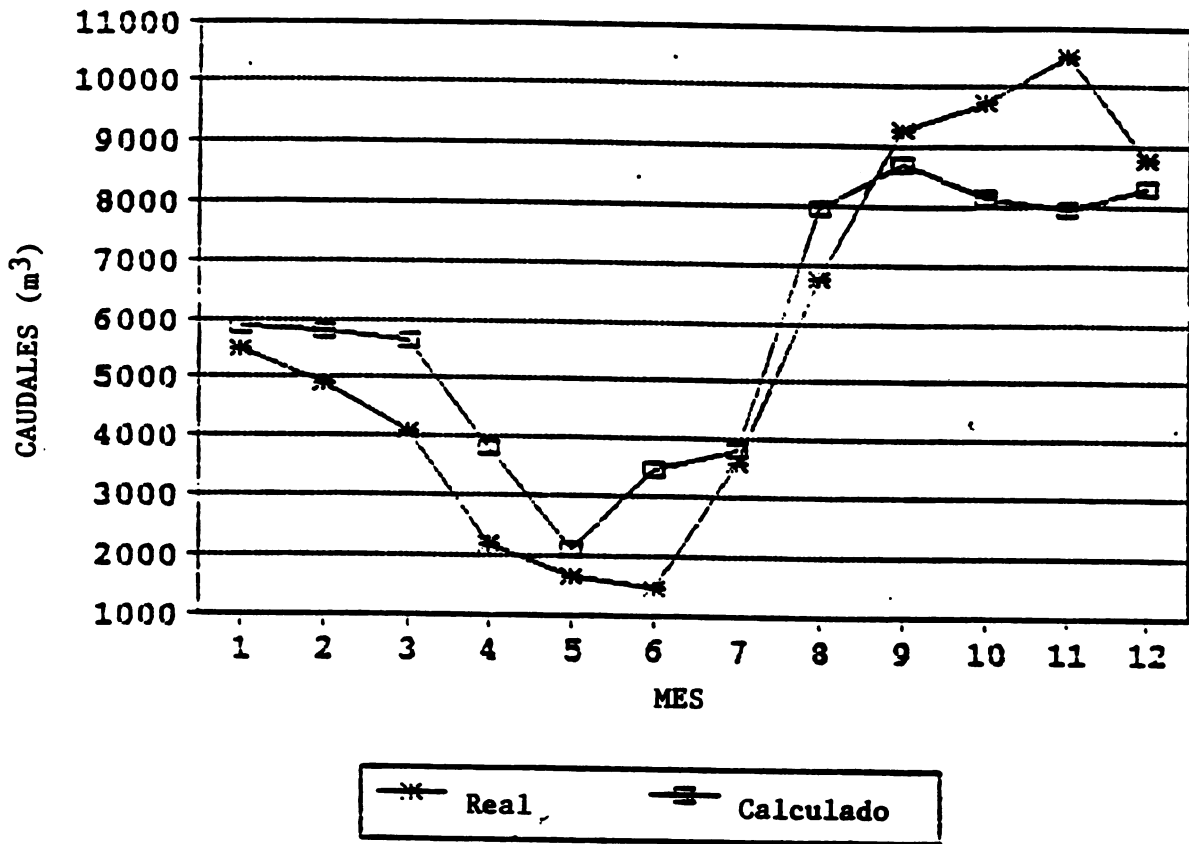
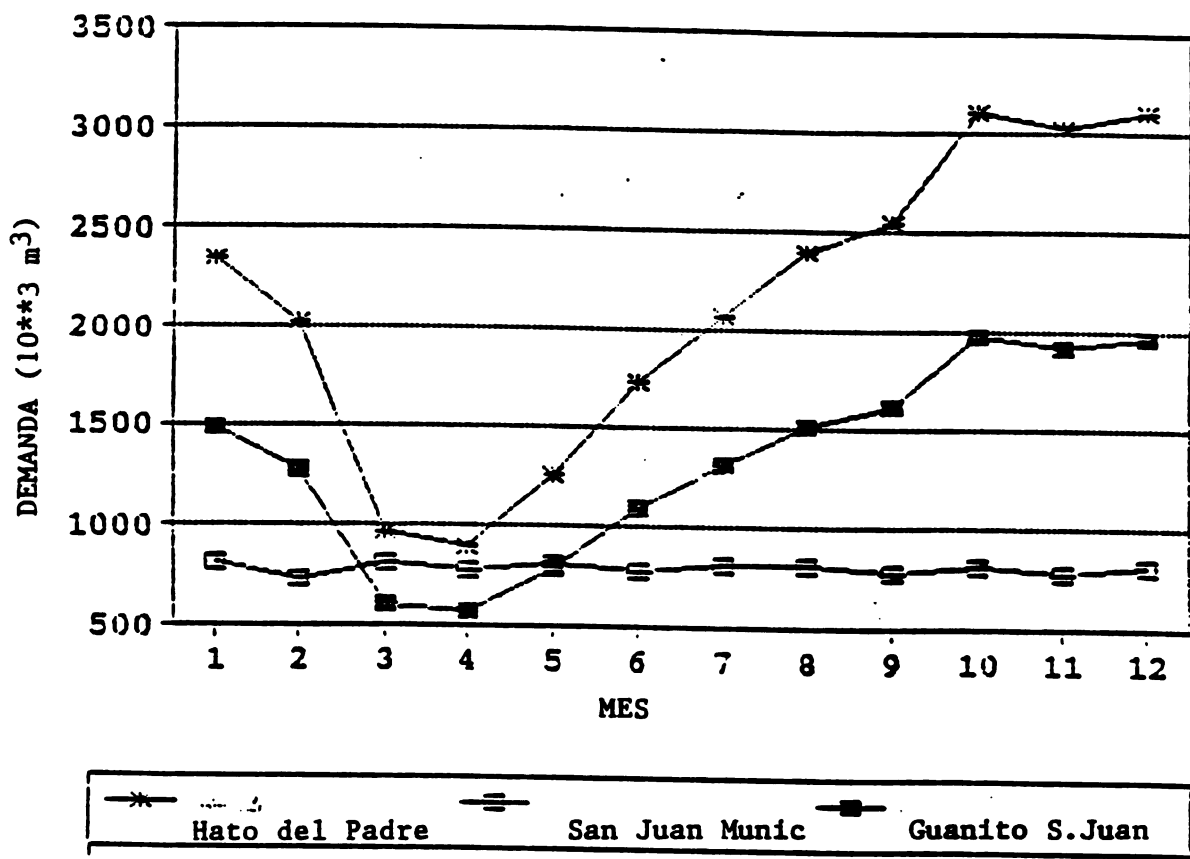


FIGURA 12

DEMANDA REAL. (= CALCULADA)
Año 1990



IV. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

A. Patrones Iniciales de Cultivo

Tras la calibración del modelo se hicieron simulaciones por la disponibilidad de agua en la Cuenca del río San Juan, según las futuras necesidades de agua, proyectadas en función a las distintas situaciones de agricultura que se pretende desarrollar en la cuenca. La base estadística está referida a los datos registrados sobre el flujo de agua a lo largo de 36 años (1956 a 1991), incluyendo los caudales reales y los estimados. Los cuadros con los datos para todas las tomas se presentan en un Anexo.

Las demandas proyectadas fueron inicialmente estimadas basándose en los planes futuros de cultivo y de patrones de cultivo con el Proyecto Desarrollo Agrícola Sostenible en San Juan de la Maguana.

Estas proyecciones están basadas en el logro de una intensidad de cultivo de aproximadamente 1,3 en el lado derecho y de 1,5 en el lado izquierdo del Valle de San Juan dentro de un período de 7 años. Esto representa un aumento considerable sobre las actuales estimaciones de intensidad para estas zonas, que se supone son de 0.82 y 0.94 respectivamente. El cálculo de las necesidades de agua con base en esas proyecciones se presenta en los cuadros 3 a 6. Los cuadros 3 y 4 presentan para 1991 las demandas mensuales de agua sin proyecto, en ambas zonas. Los cuadros 5 y 6 presentan demandas adicionales de agua por efecto de la ejecución del Proyecto durante los siete años de operación. Debe tenerse en cuenta que se ha hecho la suposición de que, bajo las condiciones del Proyecto la eficiencia de aplicación aumenta al 50% para todos los cultivos, a excepción del arroz, cuyo caso se supone que la eficiencia aumentará al 80%. Se recalca que según los patrones de cultivo, continúa dedicándose una proporción considerable al cultivo del arroz.

Con la información señalada anteriormente, se preparó la simulación del MODSIM bajo el supuesto de que el Embalse de Sabaneta está lleno y se producen derramamientos del embalse en diversas ocasiones durante el proceso de simulación. Los resultados indicaron una carencia masiva de agua, debido principalmente al cultivo del arroz, puesto que, estas carencias de agua se producen durante períodos en los que el flujo de agua de la cuenca está en su nivel más bajo. La conclusión es que sería imposible sostener la agricultura en la cuenca con estas intensidades y patrones de cultivo, a menos que se hicieran disponibles nuevas fuentes de agua. Esto podría implicar el desarrollo de un proyecto de derivación entre cuencas (el Tránsito Joca) o el posible mejoramiento de la capacidad de almacenamiento de Sabaneta. Otra posibilidad sería una mayor explotación de los recursos acuíferos subterráneos. Sin embargo, todas estas opciones serían extremadamente caras y es posible que ni siquiera así pudiera hacerse frente a las demandas proyectadas.

Es de hacer notar que se pudo observar durante la simulación que la dificultad de sostener las demandas no parece deberse a una deficiencia en cuanto a disponibilidad de agua en la cuenca, sino a la limitada capacidad de almacenamiento del Embalse de Sabaneta. Para confirmar esto, se desarrollaron diversas simulaciones sucesivas, incluyendo, en cada una, un hipotético aumento de la capacidad de almacenamiento de Sabaneta. No fue sino hasta que el almacenamiento llegara a tener una capacidad similar a la del Embalse de Sabana Yegua, (aguas abajo del Río Yaque del Sur con aproximadamente 6 veces mayor que la capacidad actual de Sabaneta), que se pudo satisfacer todas las demandas proyectadas. Reiterando, todo parece indicar que el Valle de San Juan carece de capacidad de almacenamiento y no de disponibilidad total de recursos hídricos.

B. Patrones Finales de Cultivo

De acuerdo a los resultados de la simulación, se hizo evidente que era necesario hacer una revisión drástica de los patrones de cultivo proyectados para el Proyecto. Por tanto si bien se mantuvieron las intensidades de cultivo de 1,5 y 1,25, en el lado izquierdo y derecho del Río San Juan respectivamente, la proporción de cultivo de arroz se reduce sustancialmente en la margen derecha junto con reducciones más limitadas en la margen izquierda.

La figura 13 compara las demandas anuales antes y después de las modificaciones en el patrón de cultivo. Comparaciones entre la situación anterior y la posterior de las distribuciones mensuales de estas demandas también se presentan en las figuras 14 y 15. En las figuras señaladas puede observarse que los nuevos patrones de cultivo traen una menor demanda total de agua, pero mantienen de todas maneras la misma intensidad de cultivo. Las figuras 14 y 15 indican que las demandas se trasladan en alguna medida alejándose del período estival de bajo caudal. Los patrones definitivos de cultivo se resumen en los cuadros 7 y 8.

Según estos patrones de demanda se desarrollaron simulaciones con el modelo MODSIM, habiéndose obtenido resultados positivos en cuanto al aprovisionamiento del agua. Los resultados se resumen en la figura 16 y se basan en un análisis de frecuencia para cada mes calendario. Las carencias que excedan el 10% de la demanda en cualquier mes se cuentan como una imposibilidad de entregar los caudales requeridos durante ese mes. La figura 16 también muestra la probabilidad de lograr un 90% de la provisión de agua para cada mes, con base en la simulación de 36 años. Puede apreciarse que las confiabilidades son generalmente superiores al 90% para la mayor parte de los meses, con la excepción de los riesgos de carencia más severos que todavía existen para Pedro Corto.

Por otra parte las simulaciones MODSIM indican que deben llevarse aguas abajo, hasta la cuenca del Yaque del Sur, los caudales de agua en cantidad considerable, debido a la ineficiencia de almacenamiento en Sabaneta. Finalmente, a pesar de que la sedimentación en el embalse ha reducido la capacidad útil máxima en un 15%, la simulación MODSIM demostró que el restablecimiento de esta capacidad, tendría un efecto muy pequeño en los resultados del MODSIM.

Estos resultados finales están condicionados a no aumentar el área irrigada en el Valle de San Juan, por lo que solo es permitido aumentos en cuanto a la intensidad de los cultivos, en las zonas existentes, así como, modificaciones en los patrones de cultivo para los lados izquierdo y derecho del río San Juan.

No se realizaron simulaciones en el supuesto de que se construyera el proyecto de derivación intercuenas del Trasvase Joca, pero puede incluirse fácilmente futuras simulaciones.

Finalmente, se recomienda que los estudios que se hagan en el futuro consideren la operación integrada de la cuenca del Río yaque del Sur, incluyendo la posibilidad de hacer un uso conjunto de las aguas superficiales y las subterráneas. Pueden considerarse otras fuentes de agua también, tales como las aguas drenadas después de la irrigación y los proyectos de derivación y transvase entre cuencas. También se recomienda que el modelo MODSIM continúe siendo utilizado en la Cuenca para la administración en tiempo real del sistema, así como para la planificación futura del desarrollo agrícola bajo riego.

CALCULO DE LA DEMANDA DE RIEGO - VALLE DE SAN JUAN - PROYECTO PRODAS - DEMANDA DEL PROYECTO (24 horas/día y 30 días/mes. Para las láminas netas se considera la precipitación efectiva

Sistema o zona	Efic. Ea	Arca (Ha)	Feb	Mar	Abr	MAY	Jun	Jul	AgO	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Hno. de días del mes			31	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31
ZONA "A" (Actual 1991)			82.02	106.00	0.00	2.31	71.20	112.65	100.00	3.98	0.00	49.00	76.00	
IBatata (1er)			96.45			59.20	89.79	12.60						
IBatata (2do)						59.20	89.79	12.60						
ISergo						27.44	92.70	116.10	3.60					
IMaiz						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
IMaiz						146.70	226.90	219.00	290.50	268.50	152.65	18.38		
IMortalizos														
IMarroz Directo														
50 IBatata (1er)		1471.0	2.86	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
50 IBatata (2do)		837.1	0.00	0.00	0.01	0.35	0.51	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 ISergo		637.1	0.16	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.36	0.00
50 IMaiz		157.6	0.00	0.00	0.07	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 IMaiz		631.4	0.00	0.00	0.00	0.11	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 IMortalizos		306.2	0.00	0.07	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 IMarroz Directo		327.2	0.00	0.03	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 IMarroz Directo		2812.2	0.00	0.00	0.00	1.65	2.61	2.17	3.27	3.12	1.72	0.21	0.00	0.00
Modulation Mensual			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
de la Ea														
Total demandado			3.32	4.08	1.68	2.22	3.54	3.68	3.75	3.14	1.72	0.46	0.64	0.00
Ec y Ed (E)			70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Total a derivar			4.74	6.00	2.40	3.18	5.06	4.39	5.35	4.19	2.15	0.66	0.92	0.00
(E distr.)														
DISTRIBUCION LATERAL 1		4.362	0.21	0.20	0.10	0.02	0.19	0.23	0.20	0.11	0.03	0.03	0.04	0.00
DEL CAUDAL LATERAL 2		2.823	0.13	0.18	0.07	0.09	0.14	0.12	0.15	0.13	0.07	0.02	0.03	0.00
FOR LATERAL 3		11.702	0.55	0.75	0.28	0.37	0.59	0.51	0.63	0.53	0.29	0.08	0.11	0.00
(R/S)		4.212	0.20	0.27	0.10	0.13	0.21	0.19	0.23	0.19	0.10	0.03	0.04	0.00
IPedro Carlo		25.372	1.20	1.63	0.61	0.81	1.20	1.11	1.36	1.14	0.62	0.17	0.23	0.00
IPedro Sanchez		1.652	0.08	0.11	0.04	0.05	0.08	0.07	0.09	0.07	0.04	0.01	0.02	0.00
ILas Charcas		29.002	1.38	1.86	0.70	0.92	1.47	1.28	1.56	1.31	0.71	0.19	0.27	0.00
IMato del Padre		20.002	0.99	1.33	0.50	0.66	1.05	0.91	1.11	0.93	0.51	0.14	0.19	0.00
TOTAL		100.002	4.74	6.00	2.40	3.18	5.06	4.39	5.35	4.19	2.15	0.66	0.92	0.00
DEMANDA POR MODO 4			3432.7	4187.2	1737.9	401.0	2298.5	3587.2	3100.4	3073.7	3145.2	1777.0	659.0	662.4
MODO 5			3527.5	4000.1	3355.3	774.3	4337.7	6100.5	6100.3	7470.9	6072.5	3130.9	886.1	1270.9
MODO 12			2641.6	3222.2	1337.3	300.6	1768.0	2729.7	2447.4	2900.9	2120.4	1167.5	353.2	509.7
MODOS			0.12	0.15	0.06	0.01	0.08	0.17	0.11	0.13	0.11	0.04	0.02	0.02

CUADRO 5

CALCULO DE LA DEMANDA DE RIEGO - VALLE DE SAN JUAN - PROYECTO PRODAS - DEMANDA DEL PROYECTO (24 horas/día y 30 días/mes. Para las láminas netas se considera la precipitación efectiva

Sistema o zona	Ejic. Ea	Area (Ha)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
No. de días del mes			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31
ZONA A (Adicional)			82.02	104.00	40.00	0.00	2.31	71.20	112.65	100.00	3.98	0.00	0.00	0.00	8.00
Habichuela															
Ibatata (1er)															
Ibatata (2do)			96.43	49.45											76.00
ISorgo							59.20	89.79	12.60						
IMaiz							59.20	89.79	12.60						
IMani				27.44	92.70	116.16	92.50	3.60							
IMortalizas															
IArroz Directo			0.00	10.70	30.00	49.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
							145.70	226.90	219.00	290.50	260.50	152.65	18.38		
Caudal demandado			1.46	2.11	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14
50 Habichuela		2387.7													
50 Ibatata (1er)		0.0													
50 Ibatata (2do)		0.0													
50 ISorgo		0.0													
50 IMaiz		614.0					0.27	0.43	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 IMani		177.1					0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50 IMortalizas		779.3					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80 IArroz Directo		2516.6					1.74	2.79	2.60	3.45	3.30	1.81	0.23	0.00	0.00
Modulación Mensual de la Ea			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Total demandado (Ic y Ed (I))			1.46	2.22	1.01	0.46	2.11	3.22	2.66	3.45	3.30	1.81	0.23	0.14	0.00
Total a derivar			70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
			2.00	3.17	1.44	0.66	3.05	4.60	3.00	4.93	4.71	2.59	0.32	0.20	0.0
DEMANDA POR NUBOS (10-3 M3/ces)			5595.4	7663.0	3067.6	1697.0	8177.0	11911.7	10100.1	13210.5	12210.0	6941.0	835.0	345.0	82037.2
DEMANDA POR NUBOS (Factor)			0.07	0.09	0.05	0.02	0.10	0.14	0.12	0.16	0.15	0.08	0.01	0.01	0.01

CUADRO 7
ZONA A (LADO DERECHO)

Cultivo	HA
HABICHUELA	5506.0
BATATA (1ST)	334.0
BATATA (2ND)	555.0
SORGO	0.0
MAIZ	3064.0
MANI	381.0
MORTALIZAS	1014.0
ARROZ	1565.0
TOTAL	12419.0

LATERAL	% DISTR	AREA (HA)
LATERAL 1	5.53%	587.2
LATERAL 2	3.56%	379.7
LATERAL 3	14.77%	1574.3
LATERAL 4	5.32%	566.6
PEDRO CORTO	32.04%	3414.1
PEDRO SANCHEZ	2.06%	222.2
LAS CHARCAS	36.72%	3912.7
TOTAL	100.00%	10656.8

Demanda Anual(1000 M3)	
Toma 4	34697
Toma 5	66989

(Nota: Patrones de distribución mensual según la figura 15)

CUADRO 8
ZONA A (LADO IZQUIERDO)

CULTIVO	HA
HABICHUELA	6681
BATATA (1ST)	701
BATATA (2ND)	1170
SORGO	0
MAIZ	1266
MANI	502
HORTALIZAS	646
ARROZ	2719
TOTAL	13685

LATERAL	% DISTR	AREA (HA)
CNL. SAN JUAN	58.77%	5360.3
CNL. GUANITO S. JUAN	19.33%	1762.8
CNL. MATO DEL PADRE	21.90%	1997.4
TOTAL	100.00%	9120.5

DEMANDA ANUAL (1000m ³)		
TOMA	6	86793
TOMA	19	28531
TOMA	12	32340

(Nota: Patrones de distribución mensual según la figura 15)

FIGURA 13

COMPARACION ENTRE LA DEMANDA ANUAL INICIAL Y FINAL

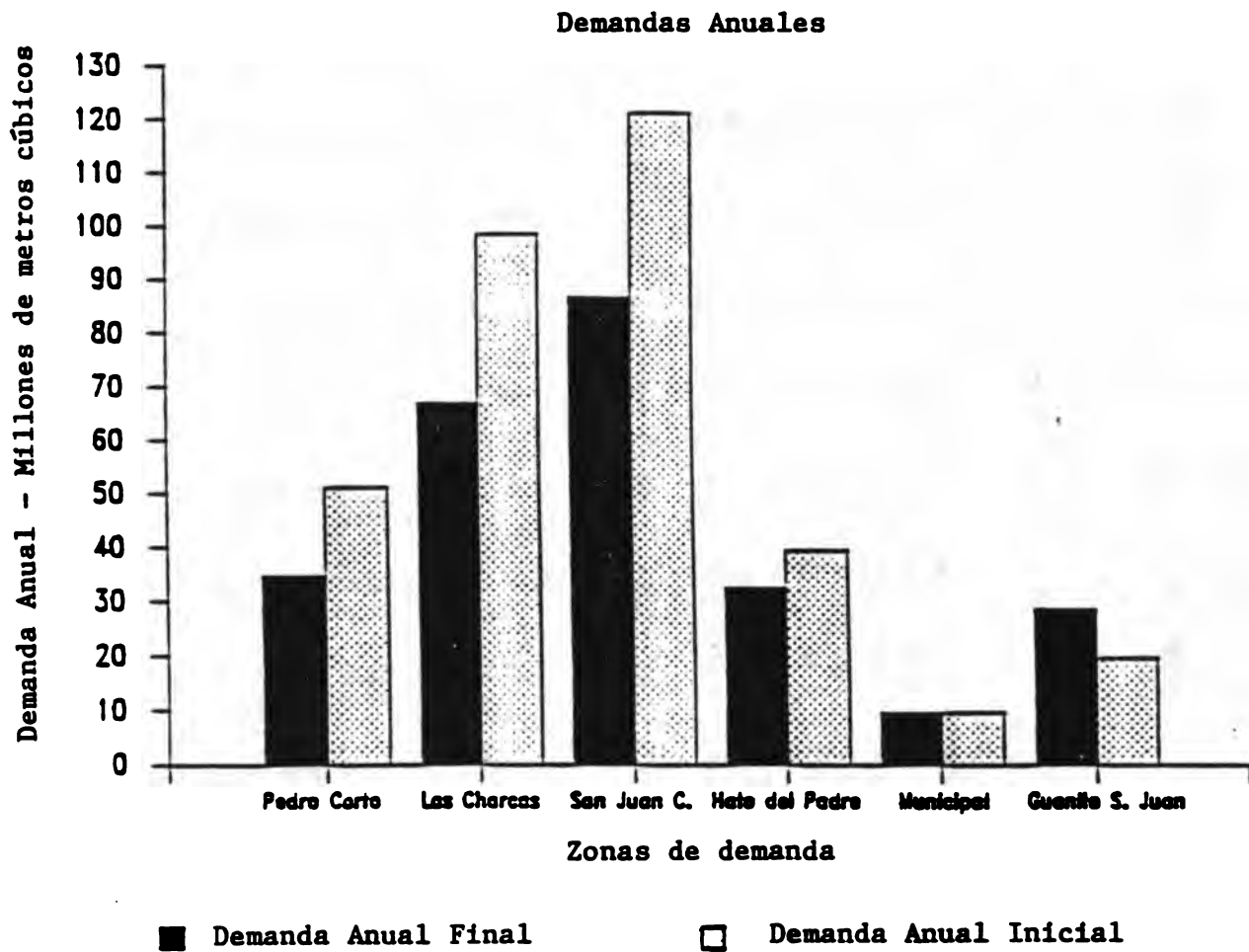


FIGURA 14

PATRONES DE LA DEMANDA MENSUAL INICIAL (Coeficientes)

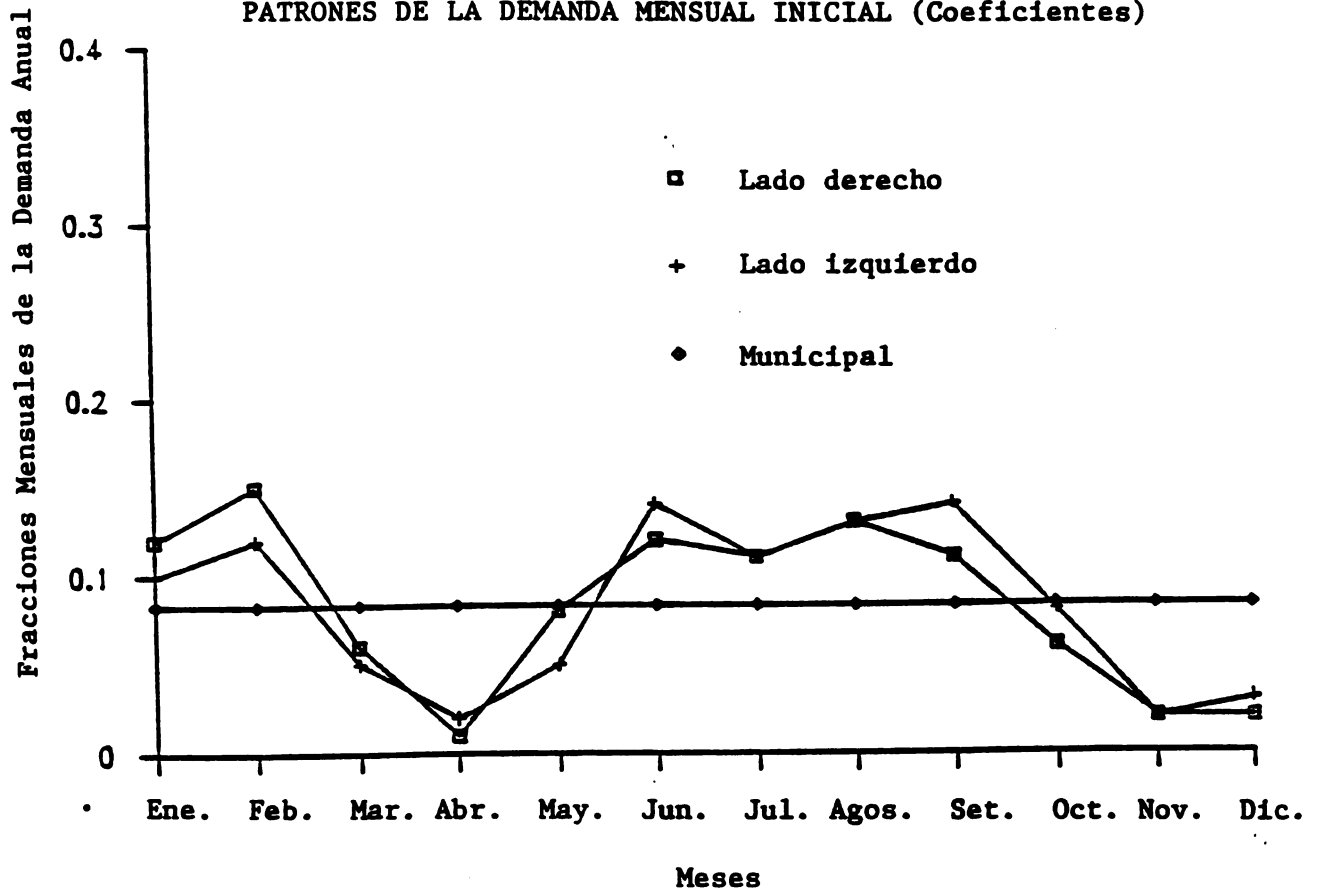


FIGURA 15
 PATRONES DE LA DEMANDA MENSUAL INICIAL
 (Coeficientes del Uso Mensual de Agua)

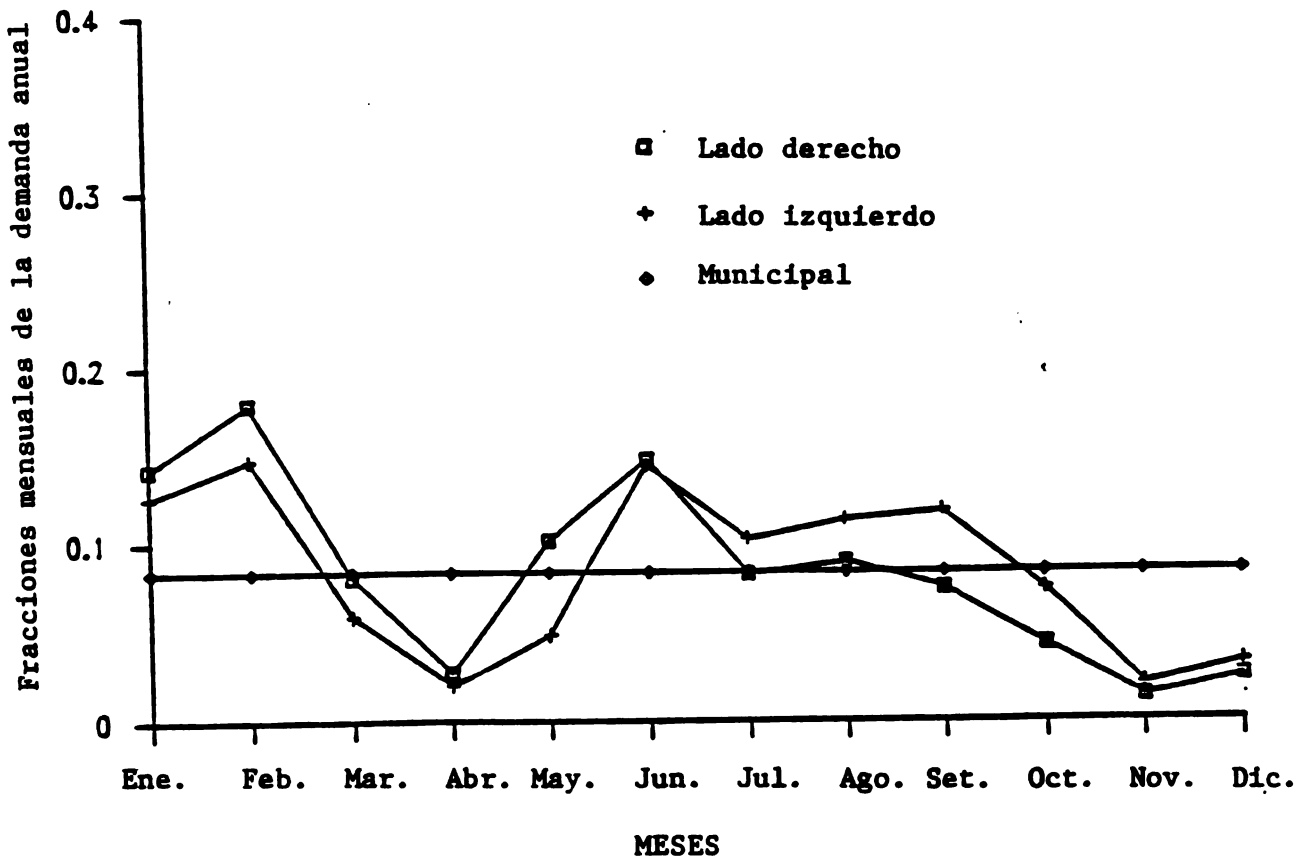
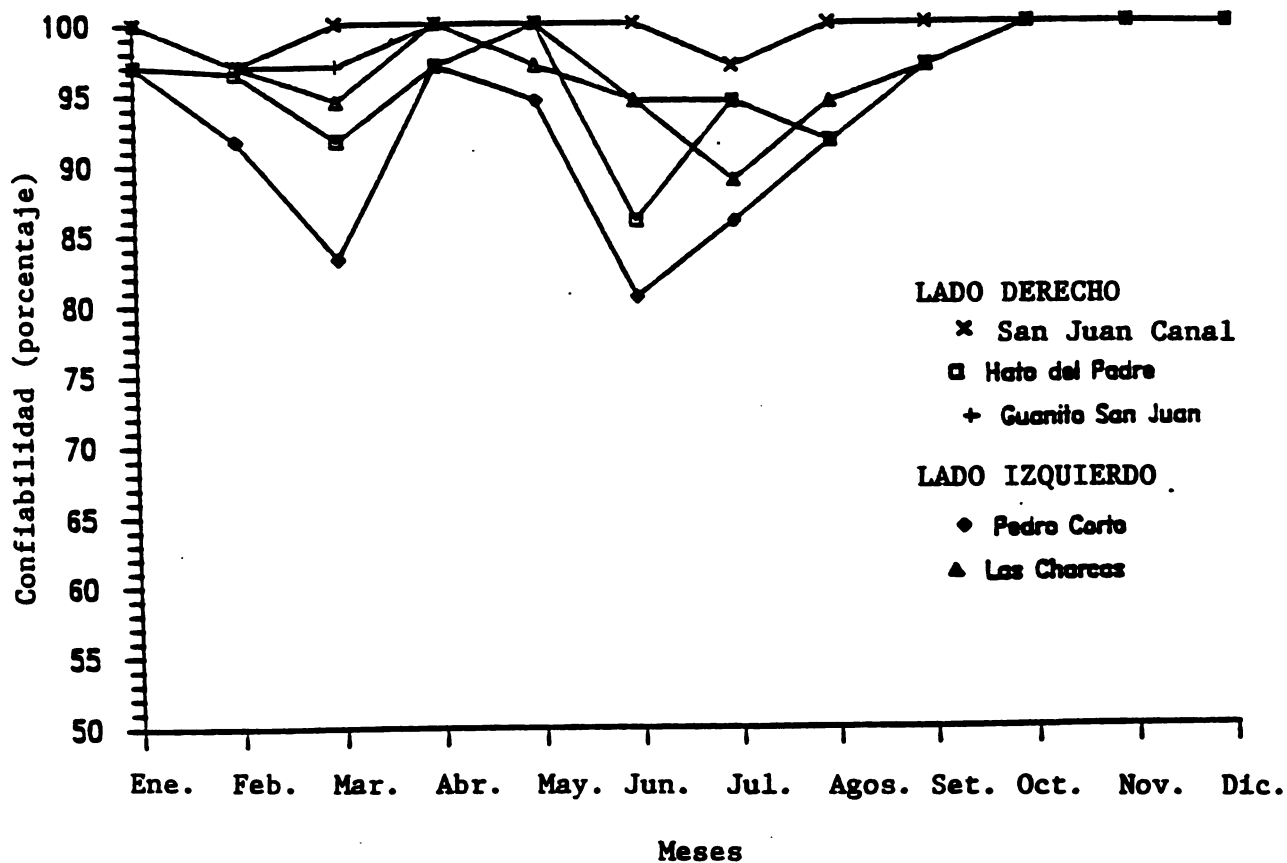


FIGURA 16

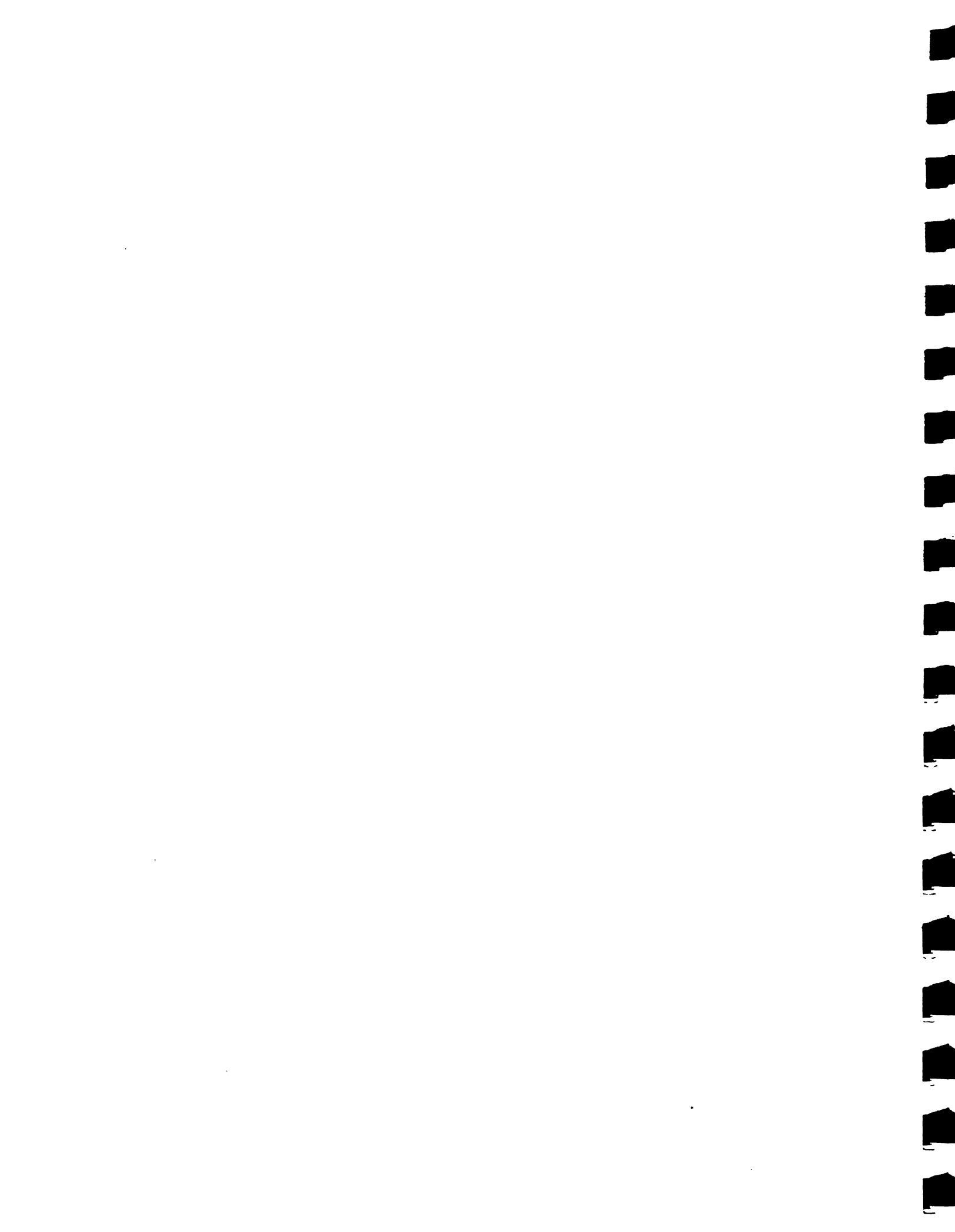
CONFIABILIDAD DEL APROVISIONAMIENTO DE AGUA



V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA CONSULTORIA

- El modelo MODSIN, implementado durante el proyecto, puede servir como instrumento útil para otros estudios de programación agrícola que eventualmente se realicen dentro de la cuenca del Río San Juan o en otras cuencas hidrográficas del país.
- Los resultados de la simulación confirmaron que sería imposible sostener desde un punto de vista hidrológico el modelo de cultivos originalmente propuesto por el Proyecto, no por falta de agua, sino por la capacidad de almacenamiento limitada de la Presa de Sabaneta.
- De acuerdo a lo anterior, se hicieron modificaciones en los patrones de cultivo, conservando el mismo nivel estimado de intensidad del cultivo, y manteniendo sin incremento el área para la producción de arroz en ambas márgenes. La simulación de este nuevo patrón de cultivos demostró ser confiable en un 90%, para satisfacer la demanda de riego.
- La simulación demostró que no es posible realizar un aumento del área actual bajo riego con los volúmenes de agua disponibles. Esta posibilidad requerirá la investigación para la producción de otros recursos hídricos adicionales, tales como la integración de cuencas y la explotación de las aguas subterráneas.

APPENDIX



SABANETA INFLOWS (1000 m³ per month)

yr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	9963.6	8225.3	8249.5	7698.2	23516.4	26982.7	21293.3	20677.2	25660.8	32087.2	44789.8	15909.7
2	11918.9	9991.3	9829.7	8087.0	13284.9	22757.8	15882.9	25391.2	29704.3	30078.4	13737.6	11918.9
3	12401.0	9047.8	8437.0	7750.1	21427.2	41912.6	44166.8	33024.7	40487.0	32355.1	15629.8	11651.0
4	10686.8	8684.9	9079.8	11197.4	21668.3	13400.6	19605.9	18507.7	35562.2	24935.9	30481.9	22337.9
5	12990.2	10789.6	12856.3	30222.7	40979.5	44401.0	68620.6	64495.9	52773.1	60826.5	39865.0	41622.3
6	20971.9	13620.1	12374.2	11275.2	29703.5	39735.4	54639.4	39961.7	39372.5	69477.7	54380.2	34069.2
7	21507.6	12628.2	11115.4	12856.3	23355.6	40616.6	47005.9	48371.9	65733.1	63799.5	51321.6	23757.4
8	17704.2	11975.0	11088.6	23457.6	43524.0	40616.6	47675.5	68031.4	77915.5	73763.1	47692.8	24346.7
9	15963.3	10475.1	9615.5	11378.9	13820.5	25842.2	26516.2	32194.4	36806.4	61014.0	21721.0	16766.8
10	15561.5	11176.7	9910.1	8786.9	30882.0	34240.3	44086.5	57907.0	46345.0	56085.7	31674.2	19123.8
11	15240.1	9338.1	9320.8	10212.5	24453.8	31803.8	41666.8	32355.1	26827.2	34256.7	30170.9	19123.8
12	15454.4	11878.3	11356.4	11275.2	11972.4	12130.6	12776.0	18400.6	19362.2	22284.3	13841.3	9561.9
13	7820.9	6943.1	9588.7	5987.5	13097.4	23665.0	24668.1	36426.2	48962.9	31337.3	33670.1	21507.6
14	14677.6	11007.4	10633.2	9875.5	25766.2	18221.8	33453.2	22712.8	38102.4	35435.2	22939.2	16150.8
15	15534.7	14224.9	9133.3	6842.9	22150.4	40668.5	38810.0	28658.9	74390.4	50889.6	26179.2	20355.8
16	10606.5	11249.3	9936.9	10445.8	15963.3	23120.6	35729.9	40149.2	46656.0	62379.9	40901.8	20596.9
17	18534.5	11491.2	12374.2	15370.6	18481.0	40668.5	35595.9	37203.0	56479.7	57291.0	21902.4	17677.4
18	14677.6	11418.6	10285.1	9097.9	18347.0	31596.5	34792.4	48746.9	59849.3	57023.1	30559.7	27560.7
19	16418.6	10354.2	15588.3	12467.5	18159.6	16459.2	17141.8	18239.9	52332.5	51425.3	31337.3	22043.2
20	15534.7	10305.8	10419.0	9072.0	10901.1	13348.8	8115.6	42399.1	49714.6	39479.6	61145.3	30051.6
21	19713.0	13015.3	13392.0	14774.4	12133.2	16018.6	19311.3	28310.7	47070.7	57103.5	24727.7	20355.8
22	16820.4	9991.3	8972.6	11664.0	13552.7	10031.0	14142.0	21159.4	32996.2	37819.0	37921.0	21721.8
23	16284.7	9023.6	10419.0	19388.2	22498.6	44297.3	45104.3	40256.4	52773.1	64817.3	32425.9	20543.3
24	16284.7	11370.2	14329.4	14748.5	47461.2	73016.6	52121.7	43899.0	78174.7	85789.2	53835.8	25793.0
25	20061.2	13716.9	14650.8	18221.8	31417.6	41705.3	39131.4	37658.3	56013.1	61576.4	37765.4	23650.3
26	19766.6	14829.7	13633.1	14929.9	103359.5	52099.2	80244.9	55228.6	45619.2	49309.3	35173.4	26757.2
27	23596.7	20031.0	17275.7	21591.4	62272.8	41109.1	35435.2	36078.0	40590.7	30882.0	27889.9	16016.8
28	14972.3	12458.9	11443.6	11119.7	24748.4	18558.7	30882.0	32489.0	31700.2	37658.3	30326.4	15106.2
29	14142.0	12168.6	12052.8	11171.5	19150.6	57438.7	26141.2	20811.2	50077.4	52469.9	23846.4	15936.5
30	12722.4	8926.8	10017.2	10031.0	19713.0	16096.3	19686.2	26623.3	24883.2	26891.1	50621.8	21614.7
31	13070.6	9023.6	9508.3	17470.1	37899.4	31700.2	19123.8	27801.8	25116.5	35970.9	24546.2	18534.5
32	11597.5	9870.3	9722.6	9901.4	18775.6	35277.1	24855.6	31230.1	27941.8	43282.9	34007.0	29435.6
33	12320.6	8225.3	9106.6	8942.4	14195.5	15033.6	33158.6	23034.2	35717.8	43657.9	22420.8	17356.0
34	13097.4	8564.0	10927.9	10368.0	21079.0	18247.7	24534.1	32649.7	44245.4	33265.7	18247.7	13740.2
35	11302.8	8104.3	8597.7	10393.9	9802.9	15889.0	20195.1	33292.5	52151.0	44113.2	28589.8	17998.8
36	12106.4	14103.9	8303.0	8294.4	27105.4	20736.0	18882.7	25069.8	36028.8	29542.8	13115.5	32837.2

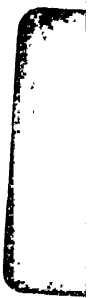
MAGNUM INFLOWS (1000 m³ per month)

yr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	3773.9	4180.9	2977.5	1004.4	6521.5	13801.0	4382.2	3664.0	3217.6	7475.1	43653.0	8198.5
2	6694.5	8291.4	6117.3	1277.5	1745.6	9820.7	2268.2	5600.2	4275.4	6609.1	3864.8	3831.2
3	7503.8	5970.4	3307.4	1038.8	5375.0	31385.5	17834.0	9318.2	7588.9	7593.6	5316.5	3582.3
4	4784.8	5152.5	4526.8	4210.0	5503.0	2933.8	3670.2	2876.1	5991.3	4574.2	21560.7	17642.2
5	8537.5	10461.3	14114.0	40686.3	18864.4	34792.6	38419.4	30737.6	12134.1	23559.0	35428.2	57702.6
6	26688.5	19515.9	12685.8	4298.2	10360.2	28509.8	25958.5	13252.0	7215.5	29576.7	61371.9	39955.9
7	28152.6	16113.9	9223.7	6228.5	6430.5	29661.7	19927.3	18656.6	17710.1	25571.2	55486.3	19803.2
8	18390.5	14006.6	9154.1	24750.5	21026.2	29661.7	20433.1	33692.1	23611.8	32736.7	48786.1	20814.6
9	14440.8	9586.0	5645.6	4417.6	1938.4	12679.1	6859.9	8881.4	6382.0	23684.1	11019.8	9283.6
10	13579.9	11578.8	6297.8	1828.1	11161.7	21707.8	17776.2	25551.6	9660.4	20475.5	23183.4	12509.4
11	12904.0	6655.5	5019.2	3151.9	7061.3	18911.1	17834.0	8965.4	3511.6	8452.9	21144.1	12509.4
12	13352.6	13704.4	9855.3	4298.2	1305.5	2241.6	1296.6	2839.0	1799.1	3634.0	3940.0	1860.5
13	1336.8	1888.6	5588.9	126.9	1679.9	10634.0	5937.9	11184.7	10643.2	7147.3	25993.0	16111.6
14	11752.1	11083.9	8004.4	2816.4	7843.0	6120.8	10727.4	4463.6	6798.3	9001.9	12331.2	8498.6
15	13522.3	21701.4	4635.0	491.4	5762.6	29729.8	14118.8	7108.4	21841.6	17279.0	16068.2	14330.0
16	4668.1	11792.4	6359.7	3392.8	2778.9	10143.4	12127.7	13365.0	9775.3	24603.0	37108.1	14696.9
17	20392.6	12513.9	12685.8	9796.6	3898.9	29729.8	12043.6	11628.0	13650.8	21244.7	11212.1	10488.4
18	11752.1	12295.1	7164.0	2094.8	3836.2	18679.6	11543.6	18912.6	15084.8	21072.8	21665.0	26643.4
19	15441.1	9255.2	23193.3	5730.6	3748.4	4860.0	2715.0	2783.7	11958.1	17599.5	22720.2	16965.1
20	13522.3	9125.0	7483.6	2072.2	981.4	2904.3	257.1	14749.2	10931.8	10979.1	75131.7	31508.5
21	23360.2	17413.8	15766.4	8898.6	1356.8	4561.3	3550.7	6941.5	9929.4	21124.2	14350.3	14330.0
22	16342.9	8291.4	4315.4	4748.8	1841.2	1253.1	1699.8	3848.2	5214.0	10150.2	32334.5	16450.8
23	15144.0	5915.7	7483.6	16613.3	5952.7	34647.8	18516.0	13429.7	12134.1	26273.6	26227.9	14615.4
24	15144.0	12151.9	18808.3	8859.9	24535.1	82249.8	23905.9	15699.2	23743.9	42204.5	60308.8	23373.3
25	24265.0	19859.8	19896.2	14502.3	11533.0	31107.2	14332.8	11890.7	13456.4	24061.0	32112.9	19621.0
26	23499.6	23970.3	16529.4	9129.8	92381.3	46109.7	50059.1	23536.4	9394.0	16346.1	28185.3	25138.4
27	34125.6	46604.3	29573.6	20873.9	39390.6	30312.5	11942.8	10988.1	7624.0	6951.0	18182.0	8331.2
28	12350.8	15559.1	10141.4	4122.9	7234.3	6373.6	9221.8	9035.6	4836.6	10071.2	21352.2	7226.2
29	10691.2	14618.7	11762.9	4181.0	4219.4	54613.7	6669.0	3714.8	11072.1	18230.3	13341.6	8231.4
30	8061.6	5694.3	6542.7	2969.1	4495.3	4613.5	3703.2	6153.7	3026.8	5315.9	54170.4	16280.7
31	8681.5	5915.7	5416.1	13197.9	16362.6	18795.3	3475.2	6700.3	3083.5	9255.7	14140.0	11670.6
32	6174.6	7978.8	5880.2	2841.1	4038.9	22939.5	6029.3	8383.9	3801.0	12964.3	26479.1	30277.7
33	7367.4	4180.9	4580.9	1959.3	2077.5	3918.6	10550.8	4595.1	6039.6	13166.3	11766.6	10057.3
34	8730.0	4889.4	8741.6	3312.1	5191.8	6140.3	5872.9	9120.1	8897.3	8001.0	7585.6	5677.0
35	5710.8	3938.6	3598.7	3339.0	685.4	4474.6	3913.8	9460.6	11885.9	13413.3	19074.1	10926.4
36	7005.2	21256.0	3070.3	1433.5	8670.7	8094.2	3379.3	5459.1	6136.8	6384.8	3425.2	37288.7

JINDRA INFLOWS (1000 m³ per month)

Yr	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	155.0	69.6	6.4	0.0	177.4	833.8	719.1	849.5	1228.6	1249.6	913.3	562.2
2	527.9	314.4	410.8	393.7	889.6	719.2	550.1	1153.8	1130.1	1594.6	1562.4	582.3
3	333.9	232.0	157.0	207.2	338.0	670.6	564.2	1003.8	725.0	640.7	344.7	374.4
4	429.0	176.8	99.7	291.8	1287.6	3366.7	1690.1	1445.1	699.8	479.5	211.1	120.2
5	242.6	156.6	116.1	499.2	2218.6	996.6	1057.8	1229.7	1456.4	767.3	1575.9	1203.7
6	487.6	358.3	656.8	1666.4	1894.9	2187.3	3305.2	2159.1	1075.9	1745.8	1249.9	1063.8
7	491.6	343.7	315.7	228.9	1125.8	3343.8	1630.4	1231.7	868.7	1588.6	1450.6	763.2
8	388.6	246.7	193.7	215.1	485.6	1201.6	839.5	1883.0	1849.2	1739.7	1317.5	485.6
9	323.8	187.9	169.3	165.8	843.5	911.3	1371.4	1873.1	2041.4	2850.5	1402.4	642.7
10	342.0	200.7	134.5	238.7	103.8	569.4	554.1	779.3	1629.8	2458.5	761.9	386.6
11	232.4	106.7	64.7	28.5	574.2	899.7	640.7	1037.8	1483.4	1556.7	1072.1	380.5
12	220.2	95.6	83.2	223.0	1309.5	1197.7	1339.4	1065.8	812.4	1672.2	1217.1	531.9
13	269.0	158.4	97.6	90.5	273.1	608.3	163.1	517.8	573.3	650.7	282.0	189.7
14	97.6	54.7	39.9	0.0	370.4	1916.5	1123.8	893.6	1487.2	879.6	1251.8	362.3
15	216.2	145.5	116.1	224.9	925.7	697.8	1119.8	1083.8	1699.1	1429.2	888.1	475.5
16	246.7	141.8	72.9	44.6	531.9	1199.7	769.3	1033.8	3196.6	1813.4	868.7	435.1
17	277.1	165.8	148.8	201.3	376.4	767.8	1267.6	917.7	1386.9	1592.6	864.8	517.8
18	390.6	259.5	513.8	376.1	861.5	1273.1	859.5	699.0	1358.0	1129.8	602.5	398.7
19	277.1	184.2	197.8	90.5	240.6	779.4	680.9	1057.8	1265.3	1733.9	750.3	451.2
20	305.6	224.6	317.7	207.2	570.2	841.5	358.2	189.7	1220.9	1700.1	895.8	566.2
21	254.8	138.1	112.0	54.6	642.7	528.4	534.0	749.2	2386.9	941.7	1494.9	564.2
22	285.3	162.1	109.9	108.4	79.1	522.6	256.8	507.7	598.6	1287.6	516.7	429.0
23	208.0	116.0	72.9	62.6	336.0	242.6	477.5	1079.8	1512.3	1045.8	1338.7	501.7
24	269.0	121.5	224.3	1153.3	1614.5	2062.5	1343.4	1005.8	957.8	953.7	561.6	388.6
25	275.1	189.7	201.9	153.9	1700.1	2578.5	1706.0	1373.4	5245.3	2717.9	1789.6	809.4
26	546.0	363.8	313.7	481.6	893.6	1176.5	975.7	1317.5	1781.9	1908.8	738.6	439.1
27	319.7	221.0	165.2	232.8	2765.4	2227.6	2727.8	1317.5	940.4	1447.1	849.3	606.5
28	538.0	476.8	232.4	264.3	1407.3	1626.0	1003.8	1041.8	1531.6	789.3	540.1	313.7
29	201.9	145.5	120.2	110.4	513.8	783.3	459.3	819.4	1091.4	849.5	524.5	244.6
30	181.5	217.3	93.5	159.9	418.9	1396.6	781.3	5422.1	872.5	1115.8	588.8	386.6
31	185.6	127.0	93.5	153.9	1313.5	378.0	658.8	690.9	596.6	1281.6	1452.5	429.0
32	258.9	162.1	171.3	397.6	1273.6	1317.5	390.6	602.4	317.3	674.9	403.4	199.9
33	128.4	80.7	85.3	130.2	662.8	1307.8	686.9	416.9	1273.1	1570.7	831.8	382.5
34	236.5	147.4	140.7	120.3	538.0	835.7	1405.3	664.8	1141.7	1253.6	897.8	356.2
35	327.9	277.8	368.4	713.4	1045.8	775.5	501.7	1135.8	2237.2	1183.7	701.7	437.1
36	340.0	228.3	201.9	173.7	161.1	969.5	358.2	745.2	692.0	1299.5	1025.6	382.5





INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA
Apdo. 55-2200 Coronado, Costa Rica/Tel.: 29-02-22 / Cable: IICASANJOSE / Télex: 2144 IICA CR
Correo Electrónico EIES: 1332 IICA SC / FAX (506) 29-47-41, 29-26-59 IICA COSTA RICA