

CAPITULO IV

ANALISIS DE LAS DEMANDAS DE AGUA Y LOS USOS PROPUESTOS DEL EMBALSE

Generalidades

Con la finalidad de elaborar un balance demanda-disponibilidad en el área de influencia del embalse Las Palmas, se determinaron los requerimientos de agua en función de los usos posibles de este recurso. En este sentido se analizó la demanda de agua para uso agrícola y pecuario, la demanda urbana de los núcleos de población ubicados en el área de influencia del embalse y la demanda ecológica requerida para producir el mínimo impacto sobre el ecosistema acuático del río Cojedes.

Demanda agrícola para riego

Considerando los requerimientos de riego de los sectores actualmente en producción y que utilizan las aguas del río Cojedes, se estimaron las demandas consuntivas de los cultivos ubicados en esta área, así como de aquellos a establecer en la zona a desarrollar con el embalse Las Palmas.

División del área de estudio

En vista de que el río Cojedes aguas abajo del sitio de presa Las Palmas, debe satisfacer las demandas de agua del sistema de riego Cojedes-Sarare en su primera etapa (Las Majaguas), y a que esta etapa no ha completado su desarrollo, se harán estimaciones de las demandas de riego, tanto para esa etapa como para la segunda (Proyecto Las Palmas).

Primera etapa (Las Majaguas)

Aquí se considerarán las 24.000 Ha netas propuestas inicialmente en el proyecto, haciendo estimaciones de la evolución del área en función de los sectores desarrollados. Es importante destacar que los sectores no desarrollados no han logrado éste debido, en parte, a problemas de índole socio-económica y a la falta de infraestructura de riego, fundamentalmente a nivel de canales secundarios y terciarios, por lo que puede considerarse que su desarrollo es inminente.

Segunda etapa (Las Palmas)

Inicialmente se delimitó un área potencial a desarrollar de 55.000 Ha (Figura 27.3, Apéndice 27), dependiendo, la superficie definitiva a considerar, de los resultados de los movimientos de embalse que se realicen.

Metodología para la estimación de la demanda de riego

Para los fines del cálculo de las necesidades de riego en la zona se utilizó la metodología propuesta por Norero (1976). De acuerdo a este método "... el riego se planifica para asegurar la turgencia permanente de los cultivos y lograr así su óptimo desenvolvimiento fisiológico y rendimiento. En otros términos se riega para mantener la evapotranspiración en su intensidad máxima durante el ciclo de desarrollo".

Información requerida

Esta metodología, para su aplicación, requiere la siguiente información:

Información climática. En este punto se requiere lo siguiente:

1. Evaporación atmosférica, Ev. Obtenida de registros de tina estándar de evaporación, tipo A. La estación utilizada fue La Morena (Serial 2335), período 1948-64. Dado que no existe en la zona otra estación de evaporación, se utilizaron los mismos registros para estimar la evaporación sobre el embalse y la evaporación en la zona de riego.

2. Precipitación, P. Obtenida de registros pluviométricos de la estación Santa Teresa (Serial 2342), período 1948-64.

Información fitotécnica. Las características requeridas de los cultivos son las siguientes:

1. Duración del ciclo de desarrollo del cultivo, t_c
2. Coeficiente de altura y frondosidad del cultivo, a
3. Coeficiente de enraizamiento, r
4. Profundidad de enraizamiento, R_x

Los valores de estos parámetros, para los posibles cultivos a establecer en la zona, en función de los hipotéticos escenarios de desarrollo, se presentan en la Tabla 11.

Información edáfica. Se requiere conocer para los suelos de la zona los siguientes parámetros:

1. Profundidad enraizable, Rx. Si existen causas pedogenéticas que limiten las raíces a una profundidad inferior a la indicada en el punto anterior, se utilizará esa profundidad como Rx.

2. Densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez, textura, infiltración básica.

3. Coeficiente hidrodinámico del suelo, s, que depende de la textura.

Tabla 11. Parámetros fitotécnicos de los cultivos

Cultivo (*) típico seleccionado	Ciclo (meses)	a	r	Rx (cm)
Ajonjolí	4	4.8	0.4	40 (Suelo A)
Arroz	5(4 riego)	4.8	0.6	40 (Suelo A)
Caña de Azúcar	12(10 riego)	6.2	0.4	60 (A), 70 (FA)
Frutales	Permanente	6.2	0.3	100 (Suelo FA)
Maíz	4	4.8	0.6	70 (Suelo FA)
Palma Africana	Permanente	6.2	0.3	100 (Suelo A)
Pastos	Permanente	6.2	0.85	60(A), 70(FA), 75(FAa)
Sorgo	4	4.8	0.6	70(Suelo FA)
Tomate	4	4.8	0.3	40(Suelo FA)

(*) NOTA.- No se debe perder de vista que estos cultivos se han seleccionado, bajo ciertas hipótesis, sólo con fines de cálculo de las demandas de riego. Posteriormente, se debe realizar una planificación agrícola que tome en cuenta los factores socio-económicos y ecológicos con un nivel de detalle apropiado.

Fuente: Norero (1976)

En vista de que la información edáfica no existe, específicamente para el área a desarrollar, se hicieron corresponder, hasta donde era posible, los grupos de suelos definidos en la clasificación por capacidad de uso con los estudios específicos de los sistemas de riego que existen en el área. En los casos en que no hubo correspondencia entre los grupos de suelos y los estudios existentes, se hizo una aproximación de las propiedades físicas del suelo por textura usando valores promedios como los reportados por Grassi(1988).

Los valores de estos parámetros resumen en las Tablas 12 y 13.

Tabla 12. Propiedades físicas de los suelos de la zona Las Majaguas

Serie y Tipo	Superficie (Ha)	Clase	Textura	CC (%)	PMP (%)	Da ³ (gr/cm ³)	s	Rx (cm)
Agua Blanca (0-40cm)			A	31,3	14,6	1,40	0,30	60,40
			FA	33,5	15,5	1,37	0,45	70
			AL	38,8	18,3	1,32	0,35	65
	Prom.	7.983	3		34,5	16,1	1,36	0,37
Algodon- nal (0-40cm)			FA	31,6	13,4	1,42	0,45	100,70
			F	29,6	12,7	1,51	0,50	
	Prom.	11.439	1		30,6	13,1	1,46	0,48
San Rafael (0-40 cm)	3.000	4	FAa	26,8	12,2	1,58	0,60	70
Gil (0-40 cm)	1.588	4	FAa	28,7	11,1	1,47	0,60	70
Gomeras (0-40 cm)	381	2	FAa-Fa	23,9	8,3	1,56	0,55	70

Fuente: MOP (1975), Márquez (1976) y Padilla (1965)

Tabla 13. Propiedades físicas de los suelos de la zona Las Palmas

Subclase por capacidad de uso	Suelo equivalente en otros estudios	Textura	CC (%)	PMP (%)	Da ³ (gr/cm ³)	Ib (cm/h)	s
II ds	Complejo Aluvial Reciente	FA	4.97	6.88	1.22	1.05	0.47
III ds	Campo Alegre-A	A	38.13	17.01	1.33	0.27	0.38
IV s	-	A	35	17	1.25	0.05	0.30
IV sd	-	A	35	17	1.25	0.05	0.30
IV ds	Tirgua - A	A	34.71	18.29	1.30	0.05	0.30
V ds	-	A	37	18	1.22	0.01	0.25

Fuente: MOP (1972), Grassi (1988) y estimaciones propias

Formulación Matemática

La metodología desarrollada por Norero (1976) utiliza las siguientes expresiones matemáticas:

Agua aprovechable total, A. Esta viene dada por la expresión:

$$A = \frac{Wc - Wm}{100} * Da \quad (\text{cm/cm})$$

donde:

- Wc es la capacidad de campo
- Wm es el punto de marchitez permanente
- Da es la densidad aparente del suelo

Profundidad enraizada promedio de cada mes, R. Obtenida mediante la siguiente ecuación:

$$R = 1,8 \left(\frac{t}{tc} \right) \left(1,50 - \frac{t}{tc} \right) R_x \quad (\text{cm})$$

donde:

- tc es el ciclo de cultivos en días

En el primer mes las raíces se desarrollan entre los días $t = 0$ y 30 ; en el segundo mes entre $t = 30$ y 60 ; en el tercero, entre 60 y 90 ; durante el cuarto, entre 90 y 120 , y en el último mes, entre 120 y 150 días. Se adoptan por consiguiente, como equivalente al promedio, los días $t = 15, 45, 75, 105$ y 135 , respectivamente.

Lámina aprovechable total de agua por mes, L_A. Dada por la siguiente expresión:

$$L_A = A * R \quad (\text{cm})$$

Evapotranspiración máxima, ET_x, promedio mensual. Esta se obtiene por la expresión siguiente:

$$ET_x = \left| 0,3 + a \left(\frac{t}{tc} \right)^2 \left(1 - \frac{t}{tc} \right) \right| * E_v \quad (\text{mm/día})$$

Umbral de riego, U. Este parámetro se conoce por la expresión:

$$U = [r * S * (1 - ET_x)]^{1/3}$$

Lámina de reposición, L_r. Dado por la expresión:

$$L_r = U * L_A \quad (\text{cm})$$

Número de riegos, n , en cada mes. Dado por la expresión:

$$n = \frac{(ETx * N) - Pr}{Lr}$$

donde:

N es el número de días del mes

Cuando $n \leq 0$, entonces no hay necesidad de riego.

Sectores de riego

Los datos climáticos, fitotécnicos y edáficos permitieron definir los sectores de riego en función de cada uno de los escenarios considerados, los cuales se presentan en la Tabla 14.

Selección del método de riego

Para la selección del método de riego a utilizar en el área de estudio, se consideraron los siguientes criterios:

La zona a regar es sumamente plana, con pendientes inferiores a 1 % en casi la totalidad del área.

Algunos de los cultivos a desarrollar en el área, requieren condiciones de inundación durante gran parte de su ciclo vegetativo, tales como el arroz y el pasto.

Los sistemas de riego existentes en las áreas vecinas utilizan métodos de riego superficial, obteniendo buenos resultados.

Los agricultores de la región tienen experiencia, principalmente, en métodos de riego por superficie.

Dada la alta inversión requerida con las obras de embalse, se necesita un sistema de riego con una inversión inicial baja.

Estas consideraciones prácticamente obligan a la selección de un método de riego por superficie. Sin embargo, no es descartable la utilización en algunos sectores, con pendientes moderadas, de métodos de riego por aspersión en cultivos como la caña de azúcar.

Para los fines de este estudio se considera que toda el área será desarrollada con métodos de riego por gravedad o superficie, tomando en cuenta que la selección definitiva de los métodos a emplear se debe realizar en la etapa de diseño del sistema de riego.

Tabla 14. Sectores de riego de la Primera y Segunda etapa del sistema de riego Cojedes-Sarare (sólo para fines de estimación de la demanda de riego)

Sector	Superficie (Ha)	Uso ⁽¹⁾	
		Escenario I	Escenario II
Etapa Las Majaguas (24.000 Ha)			
1	3000	Pastos	Pastos
2	1588	"	"
3	381	"	"
4	1531	"	"
5	500	Palma Africana	Palma Africana (2)
6	500	Frutales, hortalizas	Frutales, hortalizas
7	1139	Caña de Azúcar	Caña de Azúcar
8	1986	"	"
9	9375	"	"
10	4000	Arroz	Arroz
Etapa Las Palmas (55.000 Ha)			
1	7043	Maiz	Frutales, hortalizas
2	9331	Arroz	Soya
3	8801	Caña de Azúcar	Caña de Azúcar
4	18675	Arroz	Arroz
5	11150	Pastos	Pastos

Nota: (1) De los distintos rubros factibles se ha seleccionado uno de ellos, típico, con la finalidad de facilitar los cálculos.

(2) Por ser una plantación permanente, no es factible el cambio de uso a pesar de que, bajo este escenario, el rubro no es recomendable.

Eficiencia de riego

Con la finalidad de seleccionar un valor apropiado de eficiencia de riego, se estimó la eficiencia global en el sistema Las Majaguas, para disponer de un patrón de comparación que refleje las características de la zona que actúan sobre este parámetro (principalmente características de diseño y condiciones de operación y mantenimiento). Para realizar estas estimaciones se utilizó el procedimiento del International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) con las adaptaciones incorporadas por López (1988).

Con este procedimiento, se obtuvieron los siguientes resultados; los cuales se presentan con mayor nivel de detalle en el Apendice 8.

Eficiencia de aplicación:	50 %
Eficiencia de distribución en la parcela:	88 %
Eficiencia de conducción:	67 %

Estos valores permitieron determinar la eficiencia global en el sistema Las Majaguas, la cual corresponde a 30 %.

Este valor de eficiencia es excesivamente bajo, debido fundamentalmente, a deficiencias en la operación y en el mantenimiento del sistema y, como es obvio, no puede utilizarse con fines de proyecto.

Para estimar la eficiencia global de riego a utilizar en la planificación del sistema de riego Las Palmas, se consideraron una serie de criterios y recomendaciones dadas por Grassi (1990) en comunicación personal.

De acuerdo a las estimaciones realizadas, las cuales se detallan en el Apendice 8, se obtuvieron los siguientes resultados:

Eficiencia de aplicación:	65 %
Eficiencia de distribución en la parcela:	90 %
Eficiencia de conducción:	85 %

Estos valores permitieron estimar una eficiencia de proyecto de 50 %.

Demanda para uso pecuario

En la zona potencial de desarrollo mediante el aprovechamiento de los recursos hidráulicos disponible, se tiene una considerable superficie de suelos con vocación para pastos, lo que implica la viabilidad de un desarrollo ganadero de mayor intensidad que el actual, así como la instalación de otros tipos de sistemas de producción de base pecuaria.

Ganadería bovina

Las necesidades de agua para el consumo directo del ganado son despreciables en comparación a las demandas para riego del pasto, por lo que tales necesidades no serán consideradas en este proyecto.

Otros Rubros Pecuarios

En la zona es posible el desarrollo de una agroindustria basada en aves y cerdos, sin embargo, su ubicación más probable se encuentra al norte de la zona y su abastecimiento se puede lograr con aguas subterráneas, sin embargo, una respuesta definitiva sería posible con un estudio detallado en este particular, lo cual escapa los objetivos del presente trabajo.

Demanda Urbana

Haciendo un análisis de las necesidades de agua para consumo de las principales ciudades cercanas al área del embalse Las Palmas, se determinó que las localidades que podrían tener mayor influencia sobre el embalse eran San Carlos y Tinaco, por lo que se estudió en detalle sus demandas.

De acuerdo al MARNR (1985) para San Carlos se dispone de suficiente agua en fuente (Río San Carlos más aguas subterráneas con 2.220 l/s), para satisfacer la demanda urbana teórica y contingente (484 l/s), hasta mucho más allá del año 2010. Si se incluye el riego de las 3.350 Ha regables con el canal piloto del sistema de riego San Carlos, la disponibilidad sólo alcanza hasta los actuales momentos.

En el balance correspondiente a Tinaco, se reporta que la disponibilidad en fuente (Río Tinaco con 300 l/s de gasto mínimo) satisface completamente las demandas teórica y contingente del año 2010 (132 l/s).

Así mismo, se establece que no se puede garantizar agua para regar, a menos que se regule el río San Carlos en el sitio la Palmera o Las Mercedes, momento en el cual se dispondrá un gasto constante igual o mayor de 8900 l/s.

En la actualidad se presentan problemas de suministro ocasionados por interrupciones muy frecuentes para mantenimiento, debido al alto volumen de sedimentos que transporta el río San Carlos.

Demanda ecológica

Tennant (1975), reportado por Silva (1988), caracteriza los hábitats acuáticos y ribereños en función de un porcentaje del caudal medio anual. Su método se desarrolló en base a mediciones y observaciones realizadas durante

el periodo 1964-1974 en 58 secciones transversales, repartidas en once ríos de tres estados norteamericanos. Los parámetros físicos empleados fueron la anchura, la profundidad y la velocidad del flujo, los cuales permitieron describir los hábitat. En ese estudio se determinó que 10 % del caudal medio anual es un caudal mínimo instantáneo para la sobrevivencia a corto término de la mayoría de las especies acuáticas; 30 % del caudal medio anual es bueno para mantener el hábitat de las especies acuáticas; y 60 % del caudal medio anual es excelente para sustentar el hábitat de las especies acuáticas durante periodos primarios del crecimiento, y para la mayoría de los usos recreacionales. Estos valores fueron obtenidos para ríos de condiciones climáticas templadas, sin embargo, dada la carencia de información en este aspecto, se consideró apropiado la utilización de un valor del 10 % del caudal medio anual como caudal ecológico.

El caudal mínimo, resultó ser, para los ríos en estudio:

	Río Cojedes en Pte. S.Rafael de Onoto	Río Sarare en Agua Blanca
Caudal medio anual (m ³ /s) (Promedio 22 años)	18,90	5,66
Caudal mínimo anual (m ³ /s) (Promedio 22 años)	3,27	0,64
Caudal ecológico (m ³ /s) (10% caudal med. anual)	1,89	0,57

Generación hidroeléctrica

La cuenca del río Cojedes hasta el sitio de presa Las Palmas tiene un potencial hidroeléctrico bruto de unos 13 Mw, sin considerar pérdidas en el proceso de transformación de energía hidráulica en eléctrica.

Por tal razón, se consideró conveniente, desde la concepción misma del proyecto de embalse, la generación hidroeléctrica como uno de los usos posibles de éste.

La demanda eléctrica de la región es atendida a través de la red de interconexión del mercado nacional y dadas las altas posibilidades de integrar la energía generada a esta red, no se realizó un estudio particular de la demanda energética de la región.

Control de inundaciones y saneamiento

De acuerdo al MARNR (1984), el canal B La Doncella, límite sureste de la zona a regar y el Caño de Agua (Ver Figura 27.3, Apendice 27) no tienen capacidad para conducir las crecientes del río Cojedes. Por tal razón los sectores adyacentes a estos cauces se ven afectados por las inundaciones, incluyendo un tramo de la vía Libertad - El Amparo y un tramo del caño de agua, aguas abajo de la vía mencionada. Estos problemas aún persisten y se presentan anualmente ocasionando pérdidas considerables en los cultivos arroz, maíz y sorgo.

FUDECO (1987) reporta la existencia de problemas de mal drenaje en el sector Turén II y ligeros problemas de inundación ocasionados, en parte, por el efecto de represamiento del río Cojedes.

El embalse Las Palmas, con su efecto regulador del río Cojedes, debe producir un importante control de los problemas de inundación mencionados, así como algún saneamiento en las áreas problemáticas de Turén II. Por tal razón, se consideró este uso como una de las posibles funciones del embalse Las Palmas.

El área a sanear presenta las mismas características climatológicas e hidrológicas de la zona a regar. La precipitación medial anual es de unos 1350 mm y la evaporación medial anual es de unos 1784 mm.

La precipitación dentro del orden climático es la que condiciona el uso de la tierra en el área Turén II-Sur Cojedes. Se caracteriza por una marcada estacionalidad en su distribución anual, lo cual permite una cosecha de un cultivo anual durante la estación húmeda que va de mayo a octubre, y otra con cultivos como el ajonjolí y el sorgo, tolerantes a la sequía, entre noviembre y marzo.

En términos generales, los suelos del área presentan una buena fertilidad natural. En el sistema de manejo 1 y 2, es decir, sin riego y con prácticas de saneamiento, los suelos se ubican entre las clases II y III del sistema de clasificación por capacidad de uso, con limitaciones de clima (posibilidad de dar una sola cosecha al año) y suelos (texturas arcillosas).

Producción pesquera

En los llanos Centro-Occidentales se da una importante actividad pesquera que en la generalidad de los casos pasa desapercibida en los planes de desarrollo, pero que sin embargo constituye una insustituible fuente de

proteínas, tanto para los habitantes de la región, que la obtienen por pesca directa, como para los que la adquieren a través de pescadores comerciantes.

Existen muy pocos registros de esta actividad o los datos disponibles son poco confiables, pero sin embargo, se conoce la importancia de esta actividad para los habitantes ribereños.

En el río Cojedes la información existente es prácticamente nula, pero no hay razones de suficiente peso para negar la existencia de una fauna piscícola proporcional a la existente en ríos vecinos con mayor información, como el Guanare o el Portuguesa. El embalse Las Palmas podría afectar este ecosistema, aunque también podría ser aprovechado para la producción pesquera con fines comerciales o deportivos, tal como se realiza en otros sitios, como en el embalse Las Majaguas, donde se tiene una experiencia bastante incipiente.

Aprovechamiento recreacional

La creación de un lago artificial mediante un embalse, constituye una oportunidad sin igual para el desarrollo de actividades recreativas que proporcionen esparcimiento físico y mental no sólo a los pobladores de la región, sino también a los posibles visitantes.

El embalse las Palmas, a su nivel de aguas normales, permite la creación de un espejo de agua de unas 2700 Ha, por lo que se podrían desarrollar una serie de actividades que usan directamente el agua del embalse, tales como paseos en botes, esquí acuático, natación y pesca. También se podrían desarrollar otras actividades en los alrededores del embalse tales como picnic, camping, excursionismo y caza.

Este embalse conjuntamente con el de las Majaguas, se ubica en un sitio bastante estratégico para el desarrollo de actividades recreativas, fundamentalmente por su cercanía a las principales ciudades del país. Así mismo proporcionaría un importante elemento de distracción y esparcimiento para las poblaciones de la zona, como San Carlos, Acarigua y centros poblados vecinos de menor tamaño, los cuales carecen casi absolutamente de este servicio. La distancia existente entre las principales ciudades de Barinas y Portuguesa y el Litoral, implica jornadas de más de 4 horas por carretera hasta las playas, lo que hace, del embalse Las Palmas una alternativa atractiva por su cercanía.

CAPITULO V

ANALISIS DE LAS DISPONIBILIDADES DE AGUA

Generalidades

En la determinación de la disponibilidad de agua del proyecto, se consideraron las posibles fuentes para la satisfacción de las demandas determinadas en el Capítulo IV, es decir, se consideró la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas. En el primer caso se analizó la situación con regulación o no del río Cojedes, principal fuente de agua de la zona, y en el segundo caso, se hicieron estimaciones a partir del rendimiento de los acuíferos allí existentes.

Disponibilidad de agua superficial sin regulación del río Cojedes

Para determinar la disponibilidad de agua superficial de la zona en estudio, se analizaron los caudales disponibles a nivel mensual de los ríos Cojedes y Camoruco.

Río Cojedes

El MDP (1967) realizó una regionalización de curvas de duración de caudales para lo cual analizó 41 ríos del país con más de 10 años de registro. Entre estos ríos analizó el río Cojedes, elaborando su curva de duración de caudales a través de los registros medios mensuales de cada uno de los meses del periodo 1942-64. Este análisis se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15 . Curva de duración de caudales del río Cojedes.
Periodo 42/43 al 63/64

% Tiempo	Q (m ³ /s)
0	90,15
10	32,13
20	24,57
30	20,60
40	17,39
50	14,36
60	11,72
70	8,69
80	6,05
90	4,16
99,9	3,02

Fuente: MDP (1967)

De acuerdo a estos datos para un 80% de tiempo se tiene un caudal igual o mayor a $6,05 \text{ m}^3/\text{s}$.

Rio Camoruco

Este río no tiene posibilidad de satisfacer demandas de agua, en la temporada de riego, dado que para esa fecha se encuentra prácticamente seco. (Ver Apendice 2).

Disponibilidad de agua superficial con regulación del río Cojedes

Para la determinación de la disponibilidad de agua mediante el aprovechamiento del río Cojedes, se siguió la siguiente secuencia metodológica:

Generación de trazas sintéticas

En este punto se realizaron las siguientes determinaciones:

Horizonte de planificación

En base al alcance de este estudio se utilizó un horizonte de 25 años que es el valor comúnmente utilizado en los proyectos de planificación a nivel nacional.

Traza histórica disponible

Para las estaciones (variables) de precipitación, evaporación, caudal en el río Cojedes y caudal en el río Sarare, se seleccionó un período común desde 1948 hasta 1964 que permitió obtener una traza histórica a nivel mensual de 16 años. En el Capítulo II se detalla este proceso de selección.

Modelo de generación estocástica

En este estudio se utiliza un modelo auto-regresivo multivariado periódico que es capaz de preservar los principales parámetros estadísticos de las variables. Se preservaron las medias, desviaciones estándar y autocorrelaciones mensuales para cada sitio, así como la estructura de correlación entre variables, (Henao, 1987). Con este modelo, se generaron 20 trazas sintéticas de 25 años cada una.

Análisis de las trazas generadas

Se definen los intervalos de confianza del 95% para la media, varianza, autocorrelaciones y correlaciones cruzadas de las variables. En base a estos intervalos de confianza se aceptaron o rechazaron las trazas

generadas, seleccionándose definitivamente 10 que estuvieron dentro de los límites de este análisis.

Movimiento de embalse Las Majaguas

Como se explicaba anteriormente existe actualmente una demanda sobre el río Cojedes que corresponde al agua derivada hacia el embalse Las Majaguas. Para determinar esta demanda es necesario hacer el movimiento de este embalse de acuerdo a los criterios descritos en la sección correspondiente a la Demanda Agrícola para Riego, y considerando que existe, además del río Cojedes, otra fuente de abastecimiento, hasta ahora muy mal utilizada, que es el río Sarare.

Se realizó la operación del embalse Las Majaguas suponiendo que el sistema está totalmente desarrollado, con una superficie de 24.000 Ha bajo riego y considerando al río Sarare como única fuente. La serie de fallas obtenidas de esta operación fue introducida en el movimiento de embalse Las Palmas como una demanda adicional del sistema de riego Las Majaguas al embalse Las Palmas. De esta forma las demandas sobre el embalse Las Majaguas serán satisfechas absolutamente todo el tiempo con la máxima utilización posible de las aguas del río Sarare y la mínima utilización posible de las aguas del río Cojedes.

Este procedimiento, aunque sencillo, es válido si se considera lo laborioso que resultaría realizar una operación conjunta de los embalses con fines de optimización lo cual escapa a los objetivos de este estudio.

La metodología seguida para realizar este movimiento fue la siguiente:

Demandas de agua sobre el embalse

Este embalse sólo tiene demandas para riego. Estas fueron estimadas con el procedimiento descrito anteriormente y de acuerdo a los escenarios de desarrollo definidos. En la zona de Majaguas el desarrollo socio-económico actual hace igual los dos escenarios considerados, en cuanto al grupo de cultivos a desarrollar, por lo que para la estimación de las demandas de riego, solo se consideró un escenario posible.

Características del embalse

El embalse Las Majaguas presenta las siguientes características técnicas:

Curva área-capacidad-elevación. Los datos para la elaboración de la curva fueron tomados de MARNR (1983), y se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Curva área-capacidad-elevación del embalse Las Majaguas

Área (Km ²)	Capacidad (Hm ³)	Cota (msnm)	Nivel
10,31	18,35	241,23	Muerto
17,01	53,17	243,75	Min. oper.
30,00	177,40	249,00	Medio
38,82	301,63	252,69	Normal
42,25	346,15	253,79	Máximo

Volumen útil. Calculado en 248,46 Hm³.

Volumen inicial. En vista de que éste es un embalse relativamente pequeño, por lo que no influye demasiado en el movimiento de embalse el volumen inicial utilizado, se tomó sin mayores consideraciones, el volumen inicial igual al volumen normal del embalse, es decir, 301,63 Hm³.

Modelo utilizado en el movimiento de embalse

Para este balance se utilizó un modelo que considera sólo los caudales del río Sarare como aporte al embalse. Si tomamos en cuenta que este embalse recibe agua de los ríos Sarare y Cojedes, al aplicar este modelo, se presentarán fallas, con respecto a la suplencia de agua para riego, que son producto de la falta del aporte del río Cojedes. Con este proceder se está tratando de lograr la máxima utilización posible del río Sarare, dejando la matriz de fallas obtenidas, como demanda sobre el embalse Las Palmas, y liberando el mayor caudal posible del río Cojedes para el riego del sector Las Palmas.

La ecuación de continuidad utilizada en el modelo es la siguiente:

$$S_{t+1} = S_t + Q_{s_t} - \text{Area} (E_{v_t} - P_{r_t}) - E_{n_t} - Q_e$$

con las siguientes restricciones:

$$\text{si } S_t > S_{\max} \rightarrow S_t = S_{\max},$$

$$E_{n_t} = \text{Dem}_{a_n t}$$

Hay alivio

$$\text{si } S_t < S_{\min} \rightarrow S_t = S_{\min},$$

$$E_{n_t} < \text{Dem}_{a_n t}$$

Hay falla y la entrega es igual a:

$$E_{n_t} = S_t + Q_{s_t} - \text{Area}(E_{v_t} - P_{r_t}) - S_{t+1} - Q_e$$

donde:

S_t	almacenamiento inicial del periodo (t)
S_{t+1}	almacenamiento final del periodo (t)
S_{max}	almacenamiento máximo del embalse
S_{min}	almacenamiento mínimo del embalse
Area	área del espejo de agua en el periodo (t)
Ev	evaporación sobre el embalse
Pr	precipitación sobre el embalse
Q_s	caudal aportado por el río Sarare
Q_e	caudal ecológico
Ent_t	entrega mensual de agua
$Demant$	demanda mensual de agua en Las Majaguas

Para este movimiento se consideró imprescindible el riego de 24.000 Ha netas que corresponden al área fijada como meta de desarrollo del sistema de Riego Cojedes-Sarare en su primera etapa, a pesar de que en la actualidad sólo se han alcanzado a regar alrededor de 10.000 Ha.

Resultados del Movimiento de Embalse

En el Apendice 9, se presenta, a manera ilustrativa, el movimiento del embalse Las Majaguas para una de las trazas utilizadas.

Dado que este balance se utilizó sólo para generar trazas de fallas del embalse Las Majaguas con fines de operación del embalse Las Palmas, no se consideró necesario presentar los resultados obtenidos, ya que éstos son resultados parciales y no aportan ninguna información de utilidad.

El movimiento de embalse Las Majaguas también fue realizado con los aportes conjuntos de los ríos Sarare y Cojedes (sin la regulación del río Cojedes), determinándose que este embalse puede operar perfectamente, con estos aportes, para el riego de las 24.000 Ha netas contempladas en el proyecto inicial. Esto quiere decir, que los problemas actualmente existentes son por una mala operación de éste, aunado a pérdidas excesivas de aguas en los canales y principalmente en la zona de riego.

En el Apendice 10 se presenta un resumen de la operación del embalse Las Majaguas con los aportes de los ríos Cojedes y Sarare y para todas las trazas consideradas.

Movimiento de embalse Las Palmas

Las determinaciones necesarias para realizar este movimiento de embalse fueron las siguientes:

Demandas de agua sobre el embalse

Anteriormente se definieron las demandas de agua sobre el embalse concluyéndose que su uso fundamental era el riego, teniendo disponibles alrededor de 55.000 Ha para ello. De esta superficie total disponible, se establecieron varias alternativas para el riego con el embalse, a fines de determinar la superficie realmente factible de regar. (Tabla 17).

Cuando se realizaron los estudios para esta segunda etapa del sistema de riego Cojedes-Sarare, se proyectó la presa Las Palmas hasta una altura de 70 m sobre el lecho del río. (Ver sección de la presa en Apéndice 11). Posteriormente cuando se vislumbró la posibilidad de utilizar este embalse conjuntamente con el de Majaguas para establecer un sistema de re-bombeo que pudiera generar una gran potencia (2000 MW), la altura proyectada de la presa se elevó a 90 m.

Tabla 17. Alternativas de riego en el sector Las Palmas

Sector de riego	Alternativas de riego					
	I (55000Ha)	II (45.000Ha)	III (35000Ha)	IV (30000Ha)	V (25000Ha)	VI (20000Ha)
1- IIds	7043	4368	3987	3987	3530	3530
2- IIIds	9331	2006	991	991	-	-
3- IVs-IVsd	8801	8801	8801	8801	5203	5203
4- IVds	18675	18675	15463	10463	7962	5000
5- Vds	11150	11150	5758	5758	8305	6267

Características del embalse

El MOP (1975) describe un proyecto en el que la presa se ejecutaría en dos etapas: en la primera se construiría hasta 70 m y en la segunda se sobre-elevaría 20 m para llegar hasta 90 m con fines de generación hidroeléctrica.

El último proyecto elaborado, propone una presa de 90 m en una sola etapa (MARNR, 1982).

En este estudio se hará el movimiento de embalse de las dos alternativas proyectadas (presas de 70 y 90 m), para lo cual se presentan las características técnicas de ambas propuestas.

Curva área-capacidad-elevación. En las Tablas 18 y 19 se presentan los puntos de esta curva para las presas de 70 m y 90 m respectivamente.

Volumen Util. Para la presa de 70 m tiene un valor de 725 Hm^3 y para la de 90 m de 1725 Hm^3 .

Volumen inicial. Bajo la hipótesis aceptable de que un embalse nuevo comienza su operación lleno (dado que debe llenarse con fines de prueba) se tomó el volumen inicial igual al volumen máximo del embalse. En base a esto:

$$\begin{aligned} \text{Presa de 70 m} &= 900 \text{ Hm}^3 \\ \text{Presa de 90 m} &= 1900 \text{ Hm}^3 \end{aligned}$$

Modelo utilizado en el movimiento de embalse.

Para este balance se utilizó un modelo que utiliza la siguiente ecuación de continuidad:

$$S_{t+1} = S_t + Q_{ct} - \text{Area} (E_{vt} - P_{rt}) - Ent_t - Q_{Maj_t} - Q_e$$

con las siguientes restricciones

$$\begin{aligned} \text{si } S_t > S_{\max} &\rightarrow S_t = S_{\max}, \\ &Ent_t = Dem_{ant} \\ &\text{Hay alivio} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{si } S_t < S_{\min} &\rightarrow S_t = S_{\min}, \\ &Ent_t < Dem_{ant} \\ &\text{Hay falla y la entrega es igual a:} \end{aligned}$$

$$Ent_t = S_t + Q_{ct} - \text{Area} (E_{vt} - P_{rt}) - Q_{Maj_t} - Q_e - S_{t+1}$$

donde:

Q_{ct} caudal aportado por el río Cojedes

Q_{Maj_t} caudal a derivar hacia el embalse Las Majaguas

Confiabilidad del Embalse

La confiabilidad es un indicador del comportamiento del sistema de embalse que permite formular juicios probabilísticos de los riesgos de deficiencia del embalse, pero que carece de significado a menos que se pueda decir algo acerca de la magnitud del déficit, sin embargo, es uno de los conceptos más aplicados en recursos hidráulicos.

Bolinaga (1986) considera, para abastecimiento de agua, aconsejable al menos 95 % de confiabilidad a nivel anual y afirma que pueden aceptarse riesgos mayores para riego o hidroelectricidad.

Para los fines de este proyecto se ha considerado que un 80% de confiabilidad anual es aceptable, es decir, un 20% de falla anual en promedio y un límite de un 90% de confiabilidad mensual promedio.

Si se analiza el funcionamiento de los sistemas de riego, en donde la superficie a regar por temporada no es constante, sino que varía año tras año, aumentando o disminuyendo en función de factores socio-económicos y/o climatológicos, estos porcentajes podrían considerarse adecuados, tomando en cuenta que asegurar la entrega para valores muy cercanos al 100 % arrojaría costos prohibitivos en la infraestructura a desarrollar.

Tabla 18. Curva área-capacidad-elevación. Presa Las Palmas (70 m)

Área (Km ²)	Capacidad (10 ⁶ m ³)	Cota (msnm)	Observaciones
0,00	0,00	255,00	Lecho aprox. río
1,17	5,00	260,00	
3,00	12,50	265,00	
5,00	28,00	270,00	
7,33	62,50	275,00	
10,33	110,00	280,00	
12,50	175,00	285,00	Nivel mínimo operación
14,83	230,00	290,00	
16,67	320,00	295,00	
18,27	405,00	300,00	
20,00	495,00	305,00	
21,67	595,00	310,00	
24,00	710,00	315,00	
24,50	725,00	316,00	Posible cresta cimacio
27,00	820,00	319,00	Nivel de aguas normales
27,50	850,00	320,00	
28,00	875,00	321,00	Pos.Niv.derr.aliv.(comp.cerr.)
30,00	900,00	322,00	Nivel Máximo
36,00	1000,00	324,30	Cresta presa

Tabla 19. Curva área-capacidad-cota. Presa Las Palmas (90 m)

Área (Km ²)	Capacidad (10 ⁶ m ³)	Cota (msnm)	Observaciones
0,00	0,00	255,00	Lecho aprox. del río
1,17	5,00	260,00	
3,00	12,50	265,00	
5,00	28,00	270,00	
7,33	62,50	275,00	
10,33	110,00	280,00	
12,50	175,00	285,00	Nivel mínimo de operación
14,83	230,00	290,00	
16,67	320,00	295,00	
18,27	405,00	300,00	
20,00	495,00	305,00	
21,67	595,00	310,00	
24,00	710,00	315,00	
27,50	850,00	320,00	
36,67	1015,00	325,00	
47,83	1235,00	330,00	
59,17	1500,00	335,00	
60,00	1525,00	336,00	Cresta del cimacio del aliv.
70,00	1850,00	340,00	
71,50	1900,00	341,00	Nivel aliv. (comp. cerradas) NAM (Nivel normal)
76,66	2060,00	342,66	Nivel creciente max. prob. (Tr = 1000 años)
82,00	2225,00	345,00	Cresta presa

Resultados del movimiento de embalse

Los resultados para las dos alternativas de presa fueron:

Presa de 90 m. Se hizo el movimiento hasta la alternativa de riego V (30.000 Ha) cuando se obtuvo un porcentaje de falla anual tolerable (cerca de 10% en promedio para las trazas generadas).

En la Tabla 20, se presenta un resumen del movimiento para una de las trazas, de donde se concluye que se podrían regar entre 30.000 y 35.000 Ha. Sin embargo al analizar los resultados por períodos mensuales, se observa que el embalse no presenta ciclos de llenado y vaciado, sino que se vacía completamente sin llegar a recuperarse, o por el contrario permanece lleno sin vaciarse, esto en función de la superficie a regar. Este desequilibrio indica que el embalse está sobre-diseñado para el caudal regulable del río. Si se observa en la Tabla 20, el porcentaje de regulación del río para las alternativas de superficie de riego estudiada, se corrobora esta afirmación,

Tabla 20. Resumen de los resultados del movimiento de embalse Las Palmas para la presa de 90 m. (Escenario I, Traza 1)

Valores mensuales	Alternativa de Riego (Superficie en Ha)					
	55000	45000	35000	30000	25000	20000
Q medio río (m ³ /s)	17,91	17,91	17,91	17,91	-	-
Q turbinado (m ³ /s)	19,17	19,06	18,53	17,84	-	-
% Regulación	107,00	106,00	103,00	100,00	-	-
Q derivado a Majaguas (m ³ /s)	4,29	4,70	5,56	5,61	-	-
Q derivado a Las Palmas (m ³ /s)	14,88	14,36	12,97	12,23	-	-
DRP (m ³ /s)	17,88	15,97	11,20	10,05	-	-
PFA (%)	56,00	44,00	20,00	0,00	-	-
PFM (%)	30,00	22,00	6,00	0,00	-	-
PAA (%)	4,00	8,00	12,00	16,00	-	-

DRP = Demanda de Riego Promedio
 PFA = Porcentaje de Falla Anual
 PFM = Porcentaje de Falla Mensual
 PAA = Porcentaje de Alivio Anual

ya que en todo momento se regula 100 % del río, turbinándose, en promedio mensual, caudales mayores que los promedios del río.

En el Apendice 12 se presenta un resumen de los resultados de los movimientos de embalse con la presa Las Palmas de 90 m de altura, para 55.000 Ha de riego, con el embalse inicialmente lleno e inicialmente vacío, así como para riego de 25.000 Ha bajo las mismas condiciones de volumen inicial.

Presa de 70 m. Se hizo el movimiento hasta la alternativa de riego VI (20.000 Ha) cuando se obtuvo un porcentaje de falla anual por debajo del mínimo aceptable. (Ver Tabla 21).

Un resumen de los resultados del movimiento de embalse para las alternativas de 25.000 y 20.000 Ha de riego se presentan en el Apendice 13, para los dos escenarios de desarrollo y para cada una de las trazas utilizadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los límites preestablecidos de fallas, la alternativa de riego a desarrollar corresponde a la de 25.000 Ha.

Disponibilidad de agua subterránea

De acuerdo a los datos recolectados en el Capítulo II, el rendimiento del acuífero es de unos $100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$.

La zona ubicada al sur de la población de El Amparo, hasta los linderos del área de proyecto Turén II, presenta el acuífero de mayor permeabilidad, espesor y transmisibilidad (Figura 27.4, Apendice 27). Hacia el norte, en el sector con mayor posibilidad de riego mediante agua superficial, las condiciones del acuífero presentan menor potencial de desarrollo.

Tabla 21. Resumen de los resultados del movimiento de embalse Las Palmas para la presa de 70 m. (Escenario I, Traza 1)

Valores mensuales	Alternativa de Riego (Superficie en Ha)					
	55000	45000	35000	30000	25000	20000
Q medio río (m ³ /s)	17,91	17,91	17,91	17,91	17,91	17,91
Q turbinado (m ³ /s)	17,79	17,65	16,65	16,28	15,83	14,61
% Regulación	99,00	99,00	93,00	91,00	88,00	82,00
Q derivado a Majaguas (m ³ /s)	4,05	4,17	5,04	5,18	5,22	5,37
Q derivado a Las Palmas (m ³ /s)	13,74	13,48	11,61	11,10	10,61	9,23
DRP (m ³ /s)	17,88	15,97	11,20	10,05	9,29	7,51
PFA (%)	72,00	60,00	44,00	28,00	20,00	12,00
PFM (%)	38,00	33,00	19,00	13,00	11,00	5,00
PAA (%)	12,00	12,00	24,00	28,00	36,00	44,00

DRP = Demanda de Riego Promedio
 PFA = Porcentaje de Falla Anual
 PFM = Porcentaje Falla Mensual
 PAA = Porcentaje de Alivio Anual

CAPITULO VI

FORMULACION Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE DESARROLLO

Generalidades

La potencialidad de desarrollo de la región radica en el aprovechamiento de los recursos naturales existentes, recursos de carácter agropecuario tradicionalmente; sin embargo, existen fuertes limitaciones en el uso actual de dichos recursos por el exceso de agua durante la época de lluvias y la escasez de la misma durante la época seca. Estas limitaciones pueden mitigarse con la dotación de adecuadas infraestructuras de riego y drenaje, así como con infraestructura de apoyo a la producción y, con medidas de tipo no estructural que tiendan a reducir las deficiencias institucionales y socio-culturales y los impactos sobre el ambiente.

Formulación de alternativas

A continuación se describen las alternativas propuestas para el aprovechamiento de las aguas disponibles en la zona:

Alternativa 1. Aprovechamiento del agua superficial sin regulación

Desarrollo mediante un sistema de riego por gravedad con derivación desde el río Cojedes o cualquier otra fuente de agua de la zona.

Con esta alternativa se piensa desarrollar el área de estudio, o parte de ella, derivando agua del río Cojedes en forma directa, y posiblemente, del río Camoruco, los cuales se encuentran relativamente cercanos, constituyendo los límites naturales del área de estudio.

Esta alternativa requiere la construcción de la infraestructura de riego y drenaje necesaria en el área a desarrollar, así como las medidas complementarias respectivas.

Alternativa 2. Aprovechamiento del agua superficial mediante regulación

Desarrollo mediante un sistema de riego por gravedad con abastecimiento de agua a través del embalse Las Palmas.

Con esta alternativa se pretende analizar la conveniencia del desarrollo de la superficie máxima posible en base a la disponibilidad de agua, para lo cual se requiere la construcción de toda la infraestructura de

riego y drenaje, así como la conclusión de las obras de embalse. También se contemplan las medidas complementarias de índole socio-cultural, institucional y ambiental, que adecúan la alternativa al ambiente físico, político y humano del área y posibilitan su sustentabilidad.

Este embalse fue concebido para propósitos múltiples, contemplándose, además del uso fundamental en riego, otros usos como generación hidroeléctrica, producción piscícola y aprovechamiento recreacional.

Alternativa 3. Aprovechamiento del agua subterránea.

Desarrollo mediante la tecnología del riego a través del suministro de agua subterránea extraída del acuífero del área de estudio.

Con esta alternativa se pretende regar el área de estudio, o parte de ella, a través de baterías de pozos que extraigan el agua del acuífero y permitan la agricultura bajo riego en la zona.

En esta alternativa de desarrollo, se requiere la ejecución de infraestructura de riego y drenaje, así como de medidas complementarias de apoyo.

Análisis de alternativas

Dado el objetivo de este estudio de analizar la viabilidad del riego a través del embalse Las Palmas, en este punto se determina la magnitud de la superficie a regar con cada alternativa formulada, para determinar si éstas son comparables.

Alternativa 1

La disponibilidad de agua en base a esta alternativa es de $6,05 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde al rendimiento garantizado del río Cojedes para un 80 % del tiempo.

La demanda correspondiente al sistema de riego Las Majaguas es de aproximadamente $5,01 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal ecológico estimado del río Cojedes es de unos $1,89 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si se sustrae al caudal disponible en el río, estas demandas actuales, se tiene que no hay suficiente disponibilidad para pensar en regar cualquier superficie. Por lo tanto el río Cojedes no puede ser aprovechado a menos que se regule.

Alternativa 2

De acuerdo con los movimientos de embalse realizados, mediante esta alternativa se pueden desarrollar unas 25.000 Ha bajo riego.

La construcción del embalse Las Palmas genera a su vez beneficios adicionales, producto de los usos complementarios concebidos. La generación hidroeléctrica, el saneamiento y el aprovechamiento piscícola y recreacional proporcionan beneficios de consideración, cuyo análisis se presenta en detalle en el capítulo siguiente.

Alternativa 3

Las demandas de riego estimadas en el Apéndice 13, Capítulo V, fueron, para la traza más desfavorable (N° 8), las siguientes:

Escenario I

$$\begin{aligned} \text{DRT} &= 7591,99 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ (para 25.000 Ha en el periodo de 25 años)} \\ \text{DRT} &= 12.147,18 \text{ m}^3/\text{Ha/año} \\ \text{DRT} &= 0,38 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s Ha} \end{aligned}$$

Escenario II

$$\begin{aligned} \text{DRT} &= 7367,13 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ \text{DRT} &= 11.787,41 \text{ m}^3/\text{Ha/año} \\ \text{DRT} &= 0,37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s Ha} \end{aligned}$$

De acuerdo a estas demandas y en base al rendimiento del acuífero, se tiene una superficie factible a regar con aguas subterráneas de:

Escenario I

$$\frac{100 \times 10^6 \text{ m}^3}{12147,18 \text{ m}^3/\text{Ha}} = 8232,36 \text{ Ha}$$

Escenario II

$$\frac{100 \times 10^6 \text{ m}^3}{11787,41 \text{ m}^3/\text{Ha}} = 8483,63 \text{ Ha}$$

Comparación de alternativas de aprovechamiento de agua

De acuerdo a las estimaciones realizadas, se tienen las siguientes posibilidades de desarrollo bajo riego del área de estudio:

- Río Cojedes no regulado con derivación directa: Ninguna superficie regable adicional.

- Río Cojedes regulado por el embalse Las Palmas: Se pueden regar unas 25.000 Ha, además de los beneficios adicionales por los usos complementarios del embalse, generación hidroeléctrica, saneamiento y aprovechamiento piscícola y recreacional.

- Aguas subterráneas: Riego de unas 8.000 Ha.

Estas cifras permiten afirmar que no son comparables las alternativas planteadas, ya que con el embalse Las Palmas se tiene la posibilidad de regar una superficie mucho mayor que con el resto de las alternativas planteadas. Por tal razón sólo se evaluará la viabilidad del embalse Las Palmas contra la posibilidad de no hacer nada.

El aprovechamiento del agua subterránea es una alternativa complementaria, y dado que el acuífero con mejores posibilidades de aprovechamiento se ubica al sur del área a desarrollar con Las Palmas, su ejecución se debe realizar en base a un estudio particular y con el nivel de detalle apropiado. También se podría pensar en el desarrollo paralelo de las 25.000 Ha del sistema Las Palmas con las 8.000 Ha regables con aguas subterráneas, sin embargo, dado que el objetivo de este estudio es comparar la alternativa Embalse Las Palmas con el resto de las posibilidades de aprovechamiento, esta alternativa de desarrollo conjunto no fue considerada.

CAPITULO VII

METODOLOGIA PARA EL PREDISEÑO Y ESTIMACION DE COSTOS

Generalidades

De acuerdo al análisis de alternativas realizado, no se pudieron determinar esquemas comparativos de aprovechamiento de los recursos hidráulicos, dada la magnitud del desarrollo que es posible lograr con el embalse Las Palmas. El uso de agua superficial, sin regulación del río Cojedes, es descartable dado que sólo permite cumplir con las demandas actuales. El aprovechamiento de las aguas subterráneas es una alternativa que requiere un estudio particular.

En base a estas consideraciones, en este capítulo se presenta la formulación de la propuesta de aprovechamiento de las obras del embalse Las Palmas. Se presenta la metodología utilizada para los prediseños y estimaciones de costos de los sistemas de riego y drenaje y de las alternativas de generación hidroeléctrica. Así mismo, se describen los criterios considerados en la formulación de los otros usos del embalse, a saber, saneamiento y producción de peces.

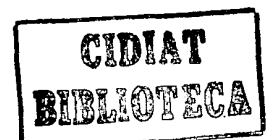
Consideraciones generales para el proyecto de riego

Existen algunos aspectos, que tienen que ver en cierta manera con la factibilidad técnica del proyecto, y sobre los cuales es importante, establecer algunos criterios iniciales. De estos aspectos se tiene, que tomar en cuenta el ritmo al que serán incorporadas las tierras al sistema de riego, así como el rendimiento a considerar para los cultivos seleccionados, lo cual tiene una incidencia directa en la rentabilidad del proyecto.

Ritmo de incorporación de tierras al sistema de riego

MAPNR y CIDIAT (1986), reportado por Chan (1986), presentan gráficamente una probable evolución de la cobertura del riego en el sistema Boconó-Tucupido, basada en la información sobre desarrollo de sistemas de riego en Francia y del sistema Las Majaguas de Venezuela.

Estas gráficas, reportadas por Chan (1986) fueron discretizadas por este autor para facilitar su uso. La Tabla 22 muestra los valores discretizados en porcentaje de área y tiempo requerido.



El área del sistema de riego Boconó-Tucupido se encuentra situada en los Altos Llanos Occidentales, estados Portuguesa y Barinas, por lo que presenta características climatológicas y edafológicas semejantes al área de estudio del proyecto Las Palmas.

Los valores estimados por Chan (1986) consideran la construcción de las obras de riego y la incorporación de las tierras a la producción al mismo tiempo. En este sentido y analizando los datos reportados, una tasa entre 2000 y 3000 Ha/año en promedio son valores adecuados. Sin embargo, en el embalse Las Palmas, se podría iniciar la construcción de la infraestructura de riego al mismo tiempo que las obras de embalse y así, cuando estas últimas culminen, iniciar la incorporación de las tierras a la producción, por lo que una tasa mayor, de unas 4000 Ha/año puede ser considerada.

Tabla 22. Discretización del ritmo de incorporación de tierras para el sistema de riego Boconó-Tucupido

Curva	Intervalo de tiempo (años)	Área incrementada		Incremento por año (%)
		Ha/año	%	
Con infraestruct. de drenaje y via- lidad básicas construidas	8	2879,6	20	2,5
	8	4607,4	32	4,0
	9	2303,7	18	2,0
	53	652,0	30	0,566
La infraestruct. de drenaje y via- lidad básica no se ha completado y continua su de- sarrollo.	7	1647,1	10	1,43
	18	2534,1	40	2,22
	10	1843,0	16	1,6
	62	613,2	34	0,548

Fuente: Chan (1986)

Es importante tomar en cuenta que las estimaciones de Chan (1986) están realizadas en base a sistemas de riego con canales revestidos, para la ejecución de un sistema de ese tipo, y que el revestimiento de canales es una labor importante que ocupa un gran porcentaje del tiempo de construcción.

Los criterios considerados para la selección de la tasa de incorporación de tierras al sistema de riego fueron los siguientes:

- La experiencia obtenida en el país determina que la construcción de la infraestructura de riego y drenaje se realiza a una tasa entre 2000 y 3000 Ha/año en promedio, en concordancia con las determinaciones de Chan (1986). Sin embargo, considerando que los canales de riego no tendrán revestimiento,

por lo menos en los primeros años del desarrollo, y que se propone implementar, como medida complementaria, una adecuada y bien diseñada organización institucional, se podría incrementar la tasa hasta unos 4000 Ha/año.

- La incorporación de tierras a la producción bajo riego, proceso que se iniciará cuando culminen las obras de embalse, y por lo tanto ya se hayan ejecutado un cierto porcentaje de las obras de riego y las medidas complementarias lleven cierto tiempo de implementación, se estima que se podrá realizar a un ritmo de 4000 Ha/año, ya que sólo serán requeridas las obras para el desarrollo agronómico bajo riego, es decir, deforestación, nivelación y construcción de canales parcelarios.

Rendimientos de los cultivos seleccionados

Con el fin de estimar los beneficios esperados de los cultivos a regar con agua del embalse, se consideran los rendimientos actuales de la región, los promedios obtenidos en la zona en los últimos años (MAC, 1985) y algunos valores experimentales obtenidos en investigaciones locales (Chan, 1986).

Rendimientos actuales

En base al análisis de la información recopilada en la zona y registros estadísticos disponibles (MAC, 1985), se considera que los índices de producción son sumamente bajos, en respuesta a los problemas socio-económicos y culturales existentes y a la necesidad del riego y el drenaje, mecanismos dinamizadores del proceso productivo. En la Tabla 23 se muestran los rendimientos actuales obtenidos en la zona para los cultivos de mayor importancia.

Rendimientos experimentales

Algunas investigaciones realizadas en la región (Chan, 1986) permiten estimar la potencialidad agroecológica de ésta para el desarrollo de los rubros seleccionados, así mismo permiten apreciar el bajo nivel de productividad actualmente observado y hacer extrapolaciones sobre los posibles rendimientos a obtener con medidas que solventen las deficiencias actualmente existentes. En la Tabla 23 se muestran algunos de estos valores.

Tabla 23. Rendimiento de los cultivos (Kg/Ha).

Cultivo	Agricultura de riego		Agricultura bajo lluvia	
	Rendimiento Experimental	Rendimiento de Proyecto	Rendimiento Actual	Rendimiento de Proyecto
Maiz	7129,33	4500	1800	4000
Arroz	—	5000	3600	4500
Sorgo	5751,00	—	1800	3500
Ajonjolí	2284,00	—	720	1800
Caña de azúcar	—	90000 (8 gdo/ton)	60000 (7 gdo/ton)	—
Pastos (carga animal)	—	3 UA/Ha	0,50 UA/Ha	1 UA/Ha
Tomate	—	20000	16000 (con riego)	—

Fuente: Chan (1986) y cálculos propios.

Rendimientos de proyecto

Los valores seleccionados a los fines del proyecto representan aproximadamente un 80% de los valores experimentales, y son considerados optimistas, pero con muy alta posibilidad de obtenerse si se ejecutan, tal como se planifiquen, medidas complementarias que tiendan a mejorar los niveles productivos de la zona. Estas medidas se basarían primordialmente en programas de asistencia técnica y capacitación, que permitan mejorar la eficiencia de los productores en las actividades que desempeñan.

Los valores de rendimiento, que se esperan obtener en la zona a desarrollar durante la temporada de lluvias, se consideraron ligeramente más bajos que en temporada de riego, tomando en cuenta que la aleatoriedad de los factores climáticos, producen incertidumbre en cuanto a los beneficios a esperar bajo este sistema de producción. Sin embargo, no hubo gran diferencia dado que la ejecución de obras de drenaje, que debe ser un aspecto obligatorio de cualquier alternativa de desarrollo que se plantee, disminuye notoriamente los factores de riesgo por inundación que existen actualmente en la zona, quedando sólo los eventuales efectos de sequías como perturbadores de las metas esperadas de producción, además del positivo efecto de las medidas complementarias.

En la Tabla 23 se presenta los rendimientos establecidos como meta con la ejecución del proceso de desarrollo seleccionado.

Tasa esperada de incremento en los rendimientos

En base a la experiencia obtenida en muchos proyectos de desarrollo agropecuario, es de esperarse que las metas de rendimiento planteadas con los proyectos no se obtengan inmediatamente, a pesar de que se ejecuten las medidas que tienden a mitigar los problemas causantes de los bajos niveles de productividad que por lo general existen en las áreas a desarrollar.

Se estima que los productores no se adapten inmediatamente a los nuevos patrones tecnológicos que se incorporan al proceso productivo, a pesar de que existan programas de asistencia técnica y de adiestramiento bien diseñados.

Los criterios considerados para el incremento anual de los rendimientos fueron los siguientes:

- Ya que la mayor parte de los productores se encuentran asentados en la zona a desarrollar, se estima que las medidas complementarias, que pretenden mejorar los niveles productivos, entre otras cosas, se pueden implementar desde el inicio mismo de la ejecución de las obras (se considera que las medidas serán adoptadas durante el período de construcción de estas).

- Informaciones sobre experiencias de la zona permiten asumir que los rubros con rendimientos sustancialmente bajos, como el maíz en particular, pueden incrementar éstos, en función de las medidas de sustentación a implementar, en un 50% a partir del primer año de producción. Para los rubros que se acercan a los límites de productividad estos porcentajes son menores, es decir, que las tasas de incremento de los rendimientos son decrecientes hasta alcanzar el óptimo fisiológico de productividad de las variedades de cultivos utilizados.

- En el caso de la cría de ganado para ceba, el incremento en la productividad se basa más en factores económicos que biológicos, ya que fundamentalmente depende del aumento del número de animales que se podría realizar dada la mayor capacidad de carga del pastizal por efecto del riego. En este sentido se estima que se podría incrementar anualmente en 0,50 UA/Ha la carga del pastizal hasta alcanzar la capacidad máxima del pasto a utilizar, en este caso, 3 UA/Ha.

En las Tablas 24 y 25 se presentan las tasas de incremento en los rendimientos y los valores de productividad anual respectivamente, para los cultivos a establecer en el área de estudio.

Tabla 24. Tasa de incremento en los rendimientos con respecto a la productividad actual.

Cultivo	Rendimiento Actual (kg/ha)	Año meta					
		1	2	3	4	5	6
SECTOR LAS PALMAS							
Yuca	16000	(0%) 0	(5%) 800	(10%) 1600	(15%) 2400	(20%) 3200	-
Maíz riego	3000	(0%) 0	(5%) 150	(10%) 300	(15%) 450	(20%) 600	-
Maíz lluvia	1800	(0%) 0	(5%) 90	(10%) 180	(15%) 270	(20%) 360	-
Arroz riego	3600	(0%) 0	(5%) 180	(10%) 360	(15%) 540	(20%) 720	-
Arroz lluvia	3600	(0%) 0	(5%) 180	(10%) 360	(15%) 540	(20%) 720	-
Sorgo	1800	(0%) 0	(5%) 90	(10%) 180	(15%) 270	(20%) 360	-
Caña	60000 (7 gdo/ton)	(0%) 0 (1 gdo/ton)	(5%) 3000	(10%) 6000	(15%) 9000	(20%) 12000	-
Ajonjolí	720	(0%) 0	(5%) 36	(10%) 72	(15%) 108	(20%) 144	-
Ganader. (kg/Ha)	(0,50) 30,00	(0,50) 30,00	(1,00) 44,00	(1,50) 44,00	(2,00) 44,00	(2,50) 44,00	(3,00) 44,00
SECTOR TUREN II							
Maíz lluvia	3000	(0%) 0	(5%) 150	(10%) 300	(15%) 450	(20%) 600	-
Sorgo	3000	(0%) 0	(5%) 150	(10%) 300	(15%) 450	(20%) 600	-
Ajonjolí	650	(0%) 0	(5%) 32,5	(10%) 65	(15%) 97,5	(20%) 130	-

Tabla 25. Productividad anual de los rubros seleccionados.

Cultivo	Rendimiento anual (kg/ha)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tomate	16000	16500	16400	20200								
Maíz riego	3000	3150	3450	3900	4500							
Maíz lluvia	1800	1890	2070	2340	2700	3060	3420	3780	4020			
Arroz riego	3600	3780	4140	4680	5200							
Arroz lluvia	3600	3780	4140	4520								
Sorgo	1800	1890	2070	2340	2700	3060	3420	3500				
	60000	63000	69000	78000	90000							
Caña de azúcar (7qdc/ton)	(8)	(8)	(8)	(8)	(8)							
Ajonjolí	720	756	828	936	1080	1224	1368	1512	1656	1800		
(UA/ha)	(0,50)	(0,50)	(1,00)	(1,50)	(2,00)	(2,50)	(3,00)					
Ganader. (kg/ha)	30,00	32,00	74,00	118,00	162,00	206,00	250,00					
SECTOR TUREN -II												
Maíz lluvia	3000	3150	3450	3900	4000							
Sorgo	3000	3150	3450	3500								
Ajonjolí	650	682,50	747,50	845	975	1105	1235	1365	1495	1625	1755	1800

Prediseño y estimación de costos de las obras de riego por gravedad

Suazo (1986) desarrolló una metodología que permite el prediseño y estimación de costos de sistemas de riego por gravedad a nivel de planificación. Esta metodología se basó en el análisis de costos de sistemas ya construidos con lo cual se pudiesen inferir relaciones generales entre parámetros característicos, como el caudal y la pendiente, y los costos de construcción de las obras de riego; ello a fin de que el costo por hectárea pudiera ser obtenido a partir de la información mínima que se dispone a nivel de planificación. Los sistemas de riego usados para el análisis fueron: Sistema Cojedes-Sarare, Sistema río Boconó, Sistema río Santo Domingo y Sistema río Guanare.

Esta metodología considera los costos debidos a la red de riego propiamente dicha, estructuras de control, estructuras de protección, estructuras de paso y obra de captación.

Se consideran diversas opciones en cuanto a construcción de los canales: revestidos o no, totalmente en terraplén o no, uso de canales elevados o no.

Los datos agronómicos involucrados son la demanda neta de riego calculada por el método de Norero (1976); y la eficiencia del sistema estimada por el procedimiento del ICID (Bos y Nugteren, 1974 reportado por Suazo, 1986).

En el diseño hidráulico de los canales, se consideran como factores de variación el método y horario de entrega del sistema, que permite establecer funciones de cantidad de materiales a usar en los canales en relación al caudal y la pendiente.

Del análisis de las estructuras de riego existentes en los cuatro sistemas de riego mencionados, se infirieron relaciones entre cantidad de materiales a usar en la construcción de estructuras en relación al caudal y pendiente.

La aplicación de precios unitarios a las cantidades de materiales estimadas, permite obtener como resultado final de la metodología el costo por hectárea de obras de riego.

En este trabajo se utilizó la metodología de Suazo (1986) para el prediseño de la red de riego del área factible a desarrollar con el embalse Las Palmas. Se hizo un trazado preliminar de la red de riego a fin de determinar la magnitud de las obras requeridas y tener un patrón de referencia que permita desarrollar la metodología descrita, en forma más adecuada. Este trazado se presenta en el Figura 27.5, Apendice 27.

Los resultados obtenidos se presentan en el Capítulo X.

Prediseño y estimación de costos del sistema de drenaje

Se hizo un trazado tentativo de la red de riego y drenaje siguiendo, en forma aproximada, el mismo trazado utilizado en el sistema de riego Las Majaguas, que tiene las mismas características agro-hidroológicas de la zona Las Palmas. Así mismo, se trato de aprovechar los drenajes naturales del área y se trato de mantener el trazado en forma paralela a la red de vialidad existente en los asentamientos El Estero y La Chorrera.

Este trazado permitió determinar las siguientes características del sistema de drenaje. (Ver Figura 27.5, Apéndice 27):

Área a drenar por canales terciarios: 60 Ha
 Área a drenar por canales secundarios: 1200 Ha
 Área a drenar por canal principal: 12.000 Ha
 Pendiente de los canales terciarios: 0,00050
 Pendiente de los canales secundarios: 0,00075
 Pendiente del canal principal: 0,00050

Méndez (1986) desarrolló una metodología para el prediseño y estimación de costos para sistemas de drenaje superficial en los Llanos Occidentales de Venezuela. Esta metodología la sistematizó en un programa de computación el cual permite calcular el diseño agronómico, hidrológico e hidráulico de un sistema de drenaje superficial, partiendo del análisis de la información básica requerida. En primer lugar el programa determina las características agronómicas e hidrológicas del área en particular, utilizando las características de esta última que inciden en el diseño, como son el grupo hidrológico modificado, el tipo de cultivo, el coeficiente de cultivo, el daño permisible, las precipitaciones extremas (P) para duraciones (D) de 1, 3, 6, 9, 12 y 24 horas y el tiempo de retorno adoptado. Con esta información se calcula el tiempo de drenaje requerido y las precipitaciones de diseño para una duración igual al tiempo de drenaje. En este último aspecto, se ajustan los valores de precipitaciones y duración a la ecuación $P=D/(A+B*D)$ determinando los coeficientes A y B de la misma.

Una vez determinada la precipitación de diseño, se calculan las características hidrológicas del sistema como son la escorrentía, el coeficiente de drenaje y el coeficiente de la ecuación de diseño de los drenes (Ec. de Manning). Para el diseño hidráulico del sistema, el programa utiliza las características que inciden sobre éste, como son el número de hectáreas a drenar, la pendiente general del terreno y el coeficiente de rugosidad de Manning. Esta información permitirá obtener el caudal a drenar por cada uno de los canales, el cual será procesado para determinar el ancho de la plantilla. Finalmente se calculan los parámetros hidráulicos que satisfacen a este diseño.

Realizado el prediseño, se estiman los costos de cada uno de los canales así como también el costo total del sistema de drenaje, utilizando los precios de las partidas de trabajo que usualmente se utilizan en la construcción de canales abiertos. Estas partidas son las siguientes:

Nivelación y replanteo, deforestación y excavación de canales.

Esta metodología fue aplicada en el área de riego definida y se obtuvo el costo unitario del sistema de drenaje prediseñado, el cual se presenta en el Capítulo X.

Información adicional requerida para la aplicación de este procedimiento, se presenta en el Apendice 14.

Prediseño y estimación de costos de alternativas de generación hidroeléctrica

De acuerdo al análisis de los movimientos de embalse realizados, existe la posibilidad de generar una cierta cantidad de energía hidroeléctrica, para la alternativa de desarrollo mediante el embalse Las Palmas. Esta posibilidad se analizó para la presa de 70 m, dado que la de 90 m fue descartada por sobredimensionamiento.

Alternativas de tamaño de planta a instalar.

El movimiento de embalse se realizó, inicialmente, para una central de tamaño infinito, determinándose que las potencias generadas, turbinando las entregas del riego y el caudal ecológico, nunca superaron los 35 MW. Con base en este criterio de máxima posibilidad de generación se realizaron los movimientos de embalse para 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5 y 1 MW de capacidad instalada, resúmenes de los cuales se presentan en el Apendice 15.

En la Figura 4, se muestra la relación entre la capacidad instalada de planta y la potencia media anual generada. Esta relación permite estimar que el tamaño de planta máximo a instalar está en orden de los 25 MW. Sin embargo, para hacer una selección definitiva, se realizó un análisis económico con base en las características técnicas de las distintas centrales.

Prediseño de las centrales

Con base en diagramas estandarizados para la selección del tipo de turbina, que depende del caudal a turbinar y de la altura disponible, dadas las características del embalse Las Palmas, se debe utilizar una turbina Francis de tipo vertical (Diagrama de Nazaki, tomado de Pérez, 1988).

Prediseño de turbina Francis

Para el prediseño de las turbinas Francis, se utilizó el método propuesto por el U.S. Bureau of Reclamation (1976), el cual se describe en el Apendice 16, así como las gráficas presentadas por el U.S. Army Corps of Engineers (1983).

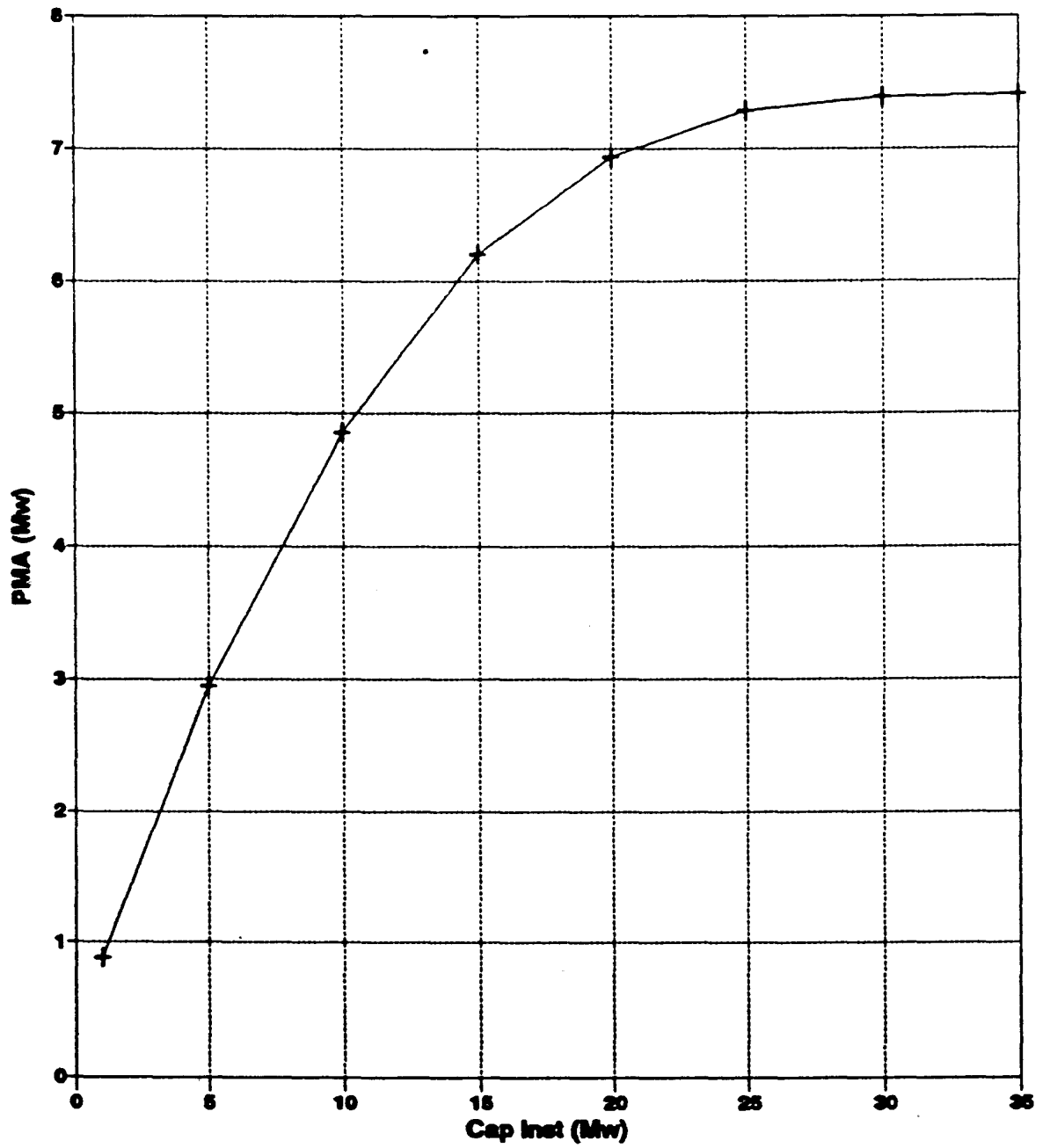


Figura 4. Capacidad Instalada de Planta contra Potencia Media Anual

Selección del tamaño de planta a instalar

Para la selección del tamaño definitivo de la planta a instalar, se realizó un análisis beneficio-costos de cada una de las alternativas estudiadas, seleccionándose la que presentó el mejor beneficio neto.

Estimación de costos

Para esta determinación se utilizó el método desarrollado por el U.S. Army Corp of Engineers (1983) para pequeñas centrales hidroeléctricas. De esta forma se obtuvieron los costos de las partidas correspondientes a centrales hidroeléctricas en moneda estadounidense, los cuales fueron afectados por los índices de inflación de ese país y luego se transformaron a moneda local con la tasa de cambio actual (50 Bs/\$) y considerando los conceptos arancelarios de importación.

La metodología desarrollada por el U.S. Army Corps of Engineers (1983) permite determinar los cuatro principales aspectos de una instalación de energía hidroeléctrica de pequeña escala, es decir menor de 15 Mw. Estos son:

- Casa de máquinas
- Tablero de control y línea de transmisión
- Obras hidráulicas complementarias
- Desarrollo del sitio de construcción

Estos aspectos principales fueron desglosados en sus elementos constituyentes y en cada uno de ellos se presenta un nomograma que permite estimar los costos en base a un elemento técnico característico. Los costos obtenidos en base a esta metodología, se presentan en el Capítulo X y a continuación se describen las determinaciones necesarias para el uso del procedimiento de U.S. Army Corps of Engineers (1983).

Turbina. En este caso se seleccionó una turbina Francis de tipo vertical.

La carga efectiva sobre la turbina se determinó por la expresión dada por EDELCA (1980), para ser utilizada como carga de diseño en turbinas de cualquier tamaño.

$$H_d = 0,91 * H_t$$

donde:

H_d es la carga efectiva, en m

H_t es la carga total disponible, en m. Esta carga corresponde a 67 m para el embalse Las Palmas.

De esta forma se tiene un $H_d = 61$ m.

El costo estimado por este nomograma está basado en turbinas verticales típicas directamente acopladas al generador. Este costo incluye turbina, generador, excitatriz, gobernador para regulación de velocidad e instalación. No incluye la válvula de regulación.

Equipos de la central. Los principales equipos, considerados son:

- a) Bateria y cargador
- b) Estación de control
- c) Estación para transformadores de servicio
- d) Cables, conductos, contactos a tierra
- e) Tablero principal de control
- f) Sistema de iluminación

Los costos considerados incluyen transporte e instalación, en USA.

Equipos misceláneos de la central. Estos equipos son, principalmente:

- a) Equipo de ventilación
- b) Equipo de control de incendios
- c) Equipo de comunicaciones
- d) Equipo de enfriamiento del generador

Casa de máquinas. Se utilizó la curva correspondiente a turbina Francis vertical para lo cual se requería el área de construcción, la cual es función del diámetro del rodete, y viene dada gráficamente por el U.S. Army Corps of Engineers (1983).

Estos valores se muestran en la Tabla 26 para cada uno de los tamaños de planta considerados.

En la Figura 5 se muestran las dimensiones correspondientes a la casa de máquinas de acuerdo a los esquemas presentados por el U.S. Army Corps of Engineers (1983).

Tabla 26. Características de la casa de máquinas.

Central	Diámetro rodete (Pie)(*)	Diámetro turbina (Pie)	Area construcción (Pie ²)	Profundidad de excavación (Pie)
15	6,4	9,60	2.200	19,92
10	5,5	8,25	1.850	17,40
5	3,7	5,55	1.250	2,76
1	1,7	2,00	750	6,76

(*) Nota.- Valores obtenidos del U.S. Army Corps Engineers (1983)

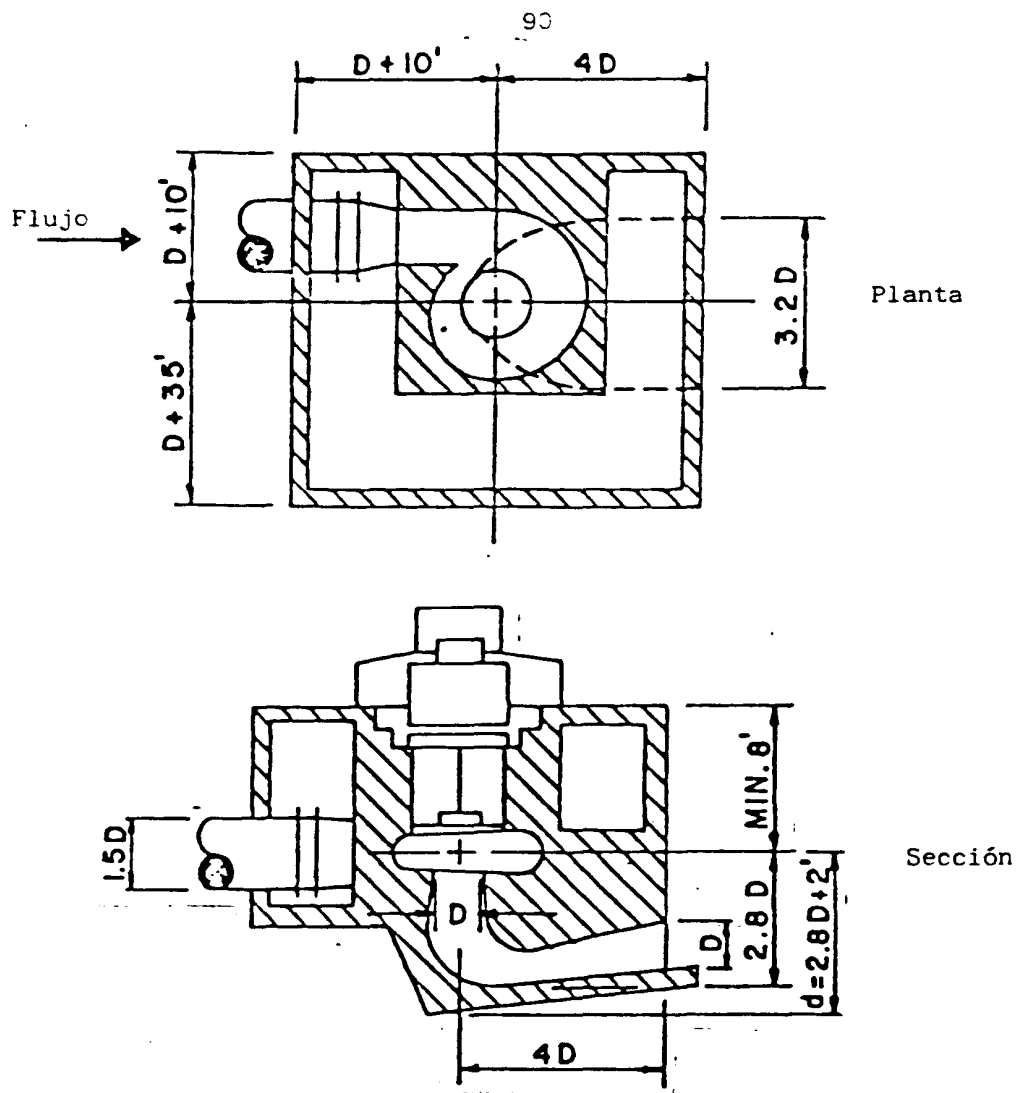


Figura 5. Dimensiones de la turbina vertical Francis y la casa de máquinas respectiva.

Tomado de: United States Army Corps of Engineers, 1983.

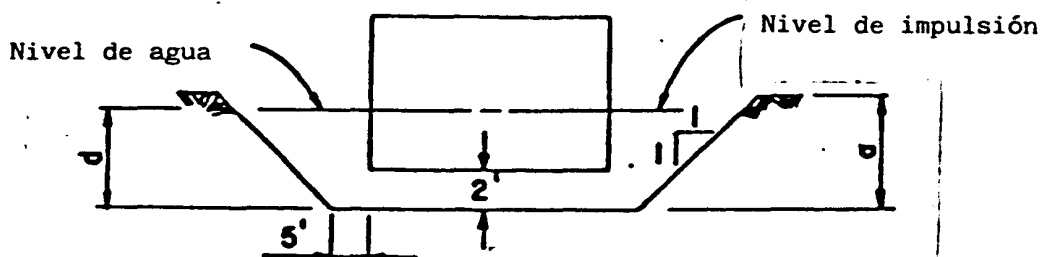


Figura 6. Profundidad de excavación de la casa de máquinas.

Tomado de: United States Army Corps of Engineers, 1983.

Excavación de la casa de máquinas. Esta viene dada en función del diámetro del rodete, D3, por la expresión:

$$a = 2,8 D3 + 2 \text{ pies}$$

donde:

a es la profundidad de excavación, en pies, tal como se muestra en la Figura 6.

En la Tabla 26, se muestran las profundidades de excavación de cada una de las centrales estudiadas.

Estructuras del tablero de control. El costo viene dado simplemente por el tamaño de la central.

Equipos del tablero de control. El costo se presenta en función del tamaño de la central. Se estimó una tensión de 34,5 Kv.

Los costos incluyen transporte e instalación.

Líneas de transmisión. El costo está en función de la distancia a recorrer. Se consideró llevar las líneas hasta la sub-estación de CADAFE en San Rafael de Oñoto, a unos 9 Km ó 15 millas de la central.

Tubería de toma a la central. El costo está en función del caudal turbinado. Con esta finalidad se tomó el caudal turbinado promedio para las trazas generadas, el cual corresponde a $15,64 \text{ m}^3/\text{s}$ ó $552,30 \text{ pie}^3/\text{s}$. Se asume un requerimiento de 10 m de tubería (33 pies), desde la salida de la toma hasta la turbina.

Válvula. EDELCA (1980) considera que para estudios a nivel de prefactibilidad las válvulas tipo mariposa son generalmente más económicas para cargas inferiores a 200 m, siempre y cuando la pérdida de carga no sea un factor importante. En base a este criterio, se seleccionó una válvula tipo mariposa, con un diámetro, de acuerdo a la Figura 5, de $1,5 * D3$. Estos valores se presentan en la Tabla 26 para cada uno de los tamaños de central estudiados.

Nivelación, control de erosión y sistema de drenaje. El costo de este concepto está en función del área a afectar, la cual está dada en la Tabla 26.

El sistema de drenaje incluye aguas superficiales y subterráneas. El control de erosión incluye: fajinas, terráceo, diques, surcos y tuberías de drenaje.

Estimación del área saneada con el embalse Las Palmas

La construcción del embalse Las Palmas tendrá un efecto directo de amortiguación sobre las crecidas del río Cojedes, así como un efecto indirecto por el descenso de los niveles del río, que a la vez permitirá el descenso de sus afluentes, produciendo un saneamiento importante en las planicies de explayamiento y desbordamiento de estos cursos de agua.

A pesar de que en el diseño del embalse no se consideró un volumen específico para control de crecientes, la naturaleza de su uso, donde se tienen altas demandas en las zonas de Las Majaguas y Las Palmas, mantiene el embalse por debajo de su capacidad máxima un alto porcentaje del tiempo, con lo que realmente se dispone de un volumen de control actuando conjuntamente con la característica intrínseca a todo embalse para el control de las crecientes. El saneamiento de estas planicies podría llegar a afectar la producción en seco ya que al reducirse la humedad de los suelos, se produce un incremento en la demanda de riego.

Dado lo complejo del patrón hidrográfico en las zonas sujetas a inundación, fundamentalmente por la topografía excesivamente plana, la cuantificación de los efectos del embalse sobre los problemas de inundación es bastante compleja. Sin embargo, se hicieron estimaciones fundamentadas en tránsitos de crecientes disponibles para los ríos más importantes del área de estudio.

Las zonas en las que se estimó un efecto probable de saneamiento fueron:

Zona Turén II

De las 145.880 Ha de superficie total del proyecto Turén II, se tienen unas 120.000 Ha utilizables, en las cuales se han venido realizando importantes inversiones en vialidad y drenaje, con un avance cercano a un 85% de lo proyectado.

FUDEDO (1987) reporta que la red principal de riego fue construida en su casi totalidad. El funcionamiento de estos drenes es adecuado en gran parte, por lo que puede considerarse que el aspecto de inundaciones producidas por desbordamientos de caños y ríos ha sido superado parcialmente. No así, lo referido a evacuación de las aguas de lluvia a nivel de unidades de producción o grupos de unidades de producción, donde cada sector requiere de la ejecución de un proyecto específico de vialidad y drenaje que permita la evacuación de las aguas a la red principal.

El MARNR (1984) estudió el tránsito de crecientes en el río Cojedes en las secciones indicadas en la Figura 7, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 27. Este tránsito se realizó considerando el río Cojedes sin regulación y con regulación de la ataguía de la presa Las Palmas. En la Tabla 27 se observa como disminuyen los picos de las crecientes en un 83 % en la sección 1 para un TR = 10 años y en un 74 % en la sección 3 para el mismo periodo de retorno. Esta atenuación de crecientes se da con la construcción de la ataguía de Las Palmas, si se considera la construcción de la presa completa se podría pensar en un control mayor de los problemas de desbordamiento en el sector Turén II.

Tabla 27. Caudales pico en m^3/s en las secciones indicadas.

Sección	1	2	3	4	5	6		
TR	Río Cojedes no regulado	Río Cojedes regulado	Río Cojedes no regulado	Río Cojedes regulado	Río Casoruco	Confluencia Cojedes-Casoruco	Río Sarare	Confluencia Cojedes-Sarare
10	950,44	157,84	844,04	221,60	281,35	306,55	418,28	672,40
15	1100,59	171,46	981,00	245,90	307,94	330,10	456,00	684,00
20	1210,67	179,59	1070,61	254,49	322,10	350,68	491,28	723,40
Area, Hoya (Km ²)	110,62	110,62	162,46	162,46	742,80	1007,50	1449,00	1883,00

Fuente: MARNR, 1984.

La solución completa de los problemas de inundación y drenaje interno de Turén II no vendrá dada, única y exclusivamente, con la presa Las Palmas. En el patrón hidrográfico de esta zona se observa que muy pocos caños descargan al río Cojedes y la gran mayoría lo hace en el caño El Frasco al sur de Turén II, que a su vez desemboca al río Portuguesa. Al tratar de evacuar todos los excesos de agua de esta zona probablemente se presenten problemas por el efecto de represamiento encadenado del río Portuguesa sobre el caño El Frasco y sobre el río Cojedes, que se produce en la época de lluvias. El descenso de los niveles del río Cojedes como consecuencia de la construcción de la presa Las Palmas presumiblemente disminuirá estos efectos; sin embargo, para estimar la superficie que se favorece con ellos, se requiere la realización de un estudio hidrológico detallado que permita comparar las manchas de inundación con y sin el embalse.

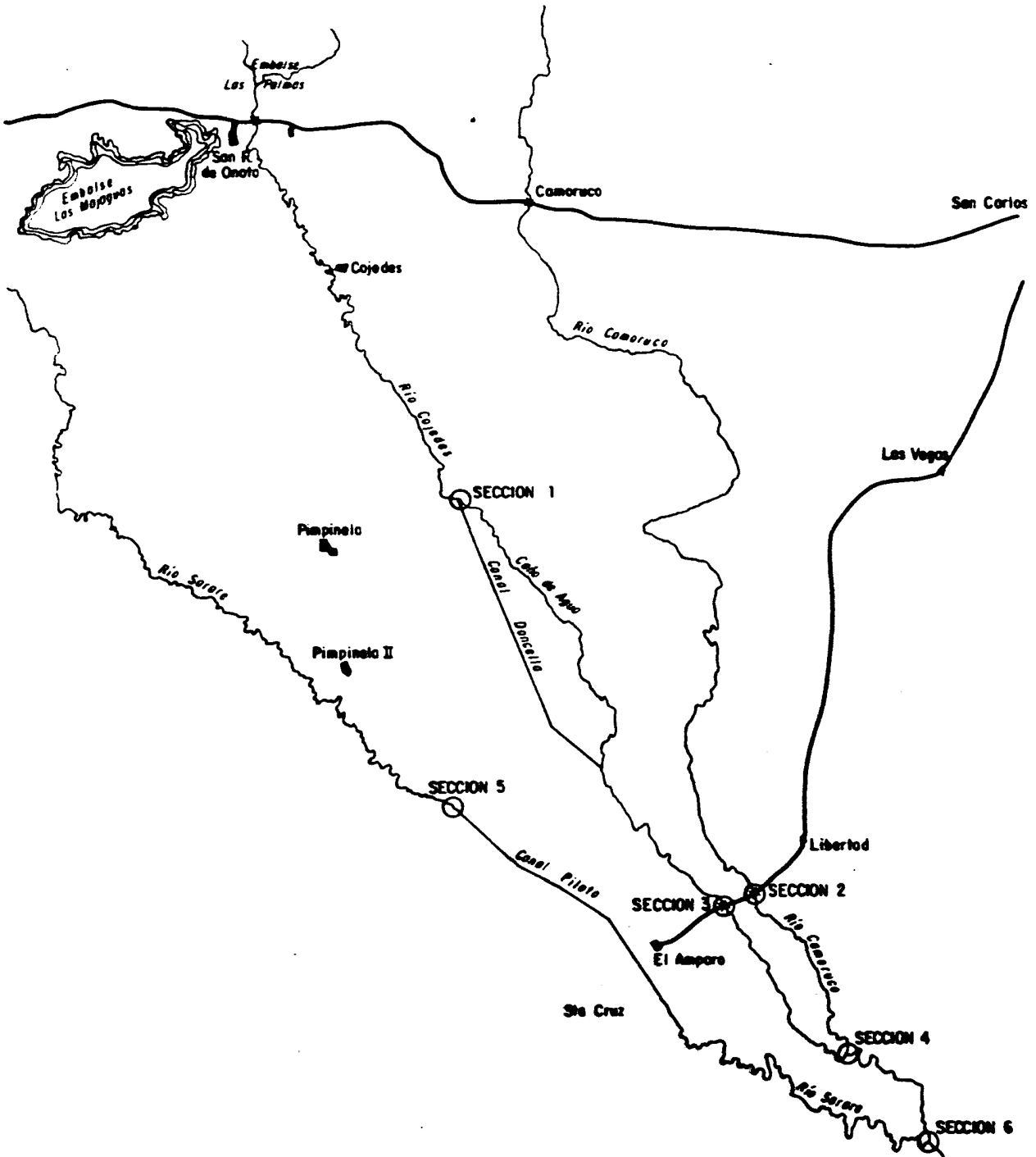


Figura 7. Secciones tomadas para el transito de crecientes
Fuente: MARNR (1984)

Se estima que la regulación del río Cojedes puede sanear sólo un pequeño sector del área de Turén II, unas 20.000 Ha (14% del área total, en las cuales la evacuación de los excesos de agua, bien sea provenientes de las lluvias o de desbordamiento de ríos y caños, se ve impedida por el efecto del represamiento del río. Esta zona estaría ubicada del centro al sur del área Turén II; sin embargo, considerando que las prioridades de desarrollo de esta área establecen que las inversiones deben comenzar en el norte, donde se tienen mejores suelos y menores problemas de drenaje, se consideró que el área a sanear, o más bien, a consolidar su saneamiento, estaría ubicada al norte de Turén II, requiriendo inversiones menores de deforestación y drenaje.

Tomando en cuenta estas consideraciones y para no descartar un beneficio adicional del embalse que de alguna manera debe ser contabilizado, se ha asumido, de una manera prudente, que se pueden sanear las 20.000 Ha definidas anteriormente siempre y cuando se realicen las inversiones necesarias para la red secundaria y terciaria de drenaje.

Zona Sur-Este Las Palmas

En este sector no se conoce el efecto del embalse sobre el río Camoruco, ni la participación de este río en los problemas de drenaje del área, por lo tanto no será considerado en la estimación de beneficios del área a consolidar por saneamiento.

Zona Sur-Oeste Las Palmas

Este sector tampoco será considerado en la estimación de beneficios del área consolidada por saneamiento, ya que a diferencia de Turén II, requeriría fuertes inversiones de drenaje.

Producción de peces en el embalse

Uno de los usos posibles del embalse Las Palmas que se estima pueda arrojar grandes beneficios es la cría de peces con fines comerciales.

En el país hay poca experiencia en esta actividad. Se tiene información que en el embalse Las Majaguas se ha sembrado exitosamente la especie denominada Pavón (Cichla sp).

Schorr (1984) refiere la posibilidad de obtener 500 Kg/Ha al año en los embalses de Uruguay. Asimismo, Chapman (1980) destaca la posibilidad de obtener de 100 a 1000 Kg/Ha al año de especies tropicales en estanques sin

fertilización ni manejo. Estas cifras, según este autor, podrían aumentar de 3000 a 4000 Kg/Ha año con fertilización y manejo adecuado. Considerando la conveniencia de iniciar la cría con especies naturales de la región, se podría pensar en especies herbívoras o detritívoras que no impliquen un alto costo en alimentación y de ser posible sin problemas reproductivos en las condiciones del embalse, para reducir los costos en el aspecto de fertilización. En este sentido la Cachama (Colossoma sp) o la Palometa (Mylossoma duriventris) son especies factibles, si se soluciona el problema reproductivo que ocasiona la presa al impedir la emigración de estas especies, o si se realiza la siembra de alevines para solventar la falta de reproducción natural.

El Coporo (Prochilodus mariae) es la especie de mayor valor comercial de la región. Taphorn y Lilyestrom (1981) refieren las espectaculares migraciones, río arriba, de esta especie al comienzo de la sequía (Diciembre a Enero) en busca de refugio y aguas frescas. Cuando vuelven las lluvias (Abril a Junio) los peces, ahora con las gónadas maduras, migran río abajo, reproduciendo en el camino. Esta especie tiene posibilidades de ser cultivada en el embalse, dada su abundancia en la región.

Aparte de estos criterios, se considera conveniente esperar un tiempo prudencial de unos 2 años para definir cuál es la especie que llega a adaptarse a las condiciones del embalse, para luego completar la siembra.

CAPITULO VIII

ANALISIS AMBIENTAL

Generalidades

Horne (1980) realizó una evaluación energética sobre el sistema de riego Las Majaguas y sus alternativas de expansión, que incluyen la incorporación del embalse Las Palmas.

Este método de análisis, enfoca las relaciones del hombre con el medio natural en base a los intercambios energéticos que entre ellos se realizan. Para utilizar esta metodología el mencionado autor cuantificó los flujos de energía provenientes tanto del sector económico como del medio natural.

De acuerdo a Horne (1980) en los modelos económicos se optimiza el rendimiento en base a la maximización de beneficios netos, con lo cual, indirectamente, se está considerando el aporte gratis que los recursos naturales están haciendo. Es obvio que resulta más rentable el desarrollo agropecuario en una región donde existe agua disponible, suelos fértiles y alta radiación solar, que donde éstos son menos disponibles, puesto que se tendrá que suplir con inversiones los aportes naturales insuficientes.

Las evaluaciones económicas, además, no otorgan una medida de los recursos llamados externalidades, en base a su aporte al funcionamiento del sistema económico, sino por el trabajo que el hombre ejerce sobre ellos para su extracción o desarrollo. Esto implica en la generalidad de los casos, una sub-evaluación de los recursos naturales, justificando su incorrecta utilización, con las consecuencias conocidas en el funcionamiento del sistema económico. Lo mismo se puede decir de los costos y beneficios "intangibles" de tipo ambiental.

El análisis energético, en cambio, calcula de antemano el aporte potencial que los recursos naturales de una región pueden hacer a la economía. En base a este potencial se establece una correspondencia entre el monto de las inversiones realizadas y sus rendimientos, lo cual facilita la asignación de recursos económicos.

La superposición de estos dos enfoques, que persiguen un mismo objetivo, permite incluir, en los métodos evaluativos, la variable factor natural.

Horne (1980) aplicó esta metodología de evaluación a un caso particular, el sistema de riego Cojedes-Sarare y sus alternativas de

expansión. Las alternativas evaluadas por ese autor fueron las siguientes:

1.- Funcionamiento del sistema en las condiciones actuales, que para esa fecha representaba un área bajo riego de unas 12.334 Ha netas con los siguientes rubros:

Caña de azúcar:6484 Ha, arroz:2000 Ha, pastos:3000 Ha, tomate:850 Ha.

Además se consideró un área adicional de 2000 Ha desarrollada con aguas subterráneas.

2.- Expansión del área regada a 23.000 Ha netas, con tres posibles alternativas de incremento en la extracción de agua subterránea.

3.- Expansión del sistema a 43.000 Ha netas, con el aporte del embalse Las Palmas y volúmenes de agua subterránea equivalentes a los extraídos para esa fecha.

La evaluación en términos energéticos permite realizar una cuantificación que es útil cuando se valoran todos los recursos económicos y naturales que intervienen en el desarrollo. En este estudio, esta modalidad de evaluación sólo se utilizará para analizar los impactos naturales, por lo que la cuantificación energética realizada servirá, principalmente para determinar el orden de importancia de los impactos, es decir, que realmente se utiliza un procedimiento de valoración cuantitativa de los impactos de la alternativa de desarrollo formulada, sobre los ecosistemas naturales y algunos aspectos del sistema socio-económico del hombre.

En este capítulo se realizó la actualización del estudio de Horne (1980) considerando los efectos ambientales que tendría la construcción del embalse Las Palmas, con 25.000 Ha de riego, sobre la situación actual existente en el área. El análisis fue realizado a largo plazo, evaluando el funcionamiento del sistema sin considerar el impacto producido en el periodo de construcción de la presa.

Evaluación del impacto natural

Para estimar el costo/beneficio en términos energéticos en el ambiente natural, producido por Las Palmas, se cuantificaron factores o acciones del sistema, y se les comparó con el valor que tendrían de no existir dicho sistema. La metodología utilizada es desarrollada por Odum et al (1980) y aplicada por Horne (1980) al área de estudio.

Impacto en el sistema químico del aire

Se consideró el impacto sobre el aire a pesar de ser una categoría poco afectada.

En la contaminación del aire, se tuvo en cuenta las emisiones de CO₂ de las maquinarias en el sector agrícola. O sea, a cada hectárea cultivada se le asoció cierta cantidad de CO₂ emitido, que a su vez es función de la cantidad de combustibles consumidos.

Se supuso, para la evaluación, un consumo medio para el área cultivada de 10 lt/Ha/año.

El valor en Calorías de Carbón Equivalente (Cal CE) que afecta el flujo de aire (\dot{N}) estaría dado por:

$$\dot{N}_{\text{aire}} = \text{combustible consumido [lt/Ha]} * 2,2 * 10^3 \text{ [gr CO}_2 \text{ emitido / lt combustible]} * F$$

donde:

$$F \text{ es un factor de calidad} = 1,45 \text{ [Cal CE/gr CO}_2\text{]}$$

por lo tanto:

$$\dot{N}_{\text{aire}} = 7,98 * 10^8 \text{ Cal CE/año (Apendice 17)}$$

Impacto en el sistema químico del agua

El cambio de concentración en el agua que fluye sobre el sistema de riego provoca una pérdida de su energía química potencial. Los aspectos, oxígeno disuelto, solutos y aporte de sales, se consideran factores importantes a tener en cuenta.

Debido al exceso de riego, las aguas de drenaje del sistema manifiestan una dilución provocada por el adicionamiento de sales en el lavado de los suelos.

El oxígeno disuelto en el agua puede convertirse en un factor crítico en diversos procesos acuáticos. Se ha reconocido que ciertas clases de peces dependen del mantenimiento de niveles definidos de oxígeno disuelto.

Se ha considerado en este caso, el aporte de DBO debido a la actividad pecuaria en el área de pastos cultivados (se consideró una carga de 3 animales por hectárea).

No se incluyeron en el análisis los demás cultivos debido a la poca incidencia en la producción de DBO.

La sal en la biosfera posee un potencial energético con relación a su estado disuelto. En el proceso de disolución, generalmente en agua, se disipa esta energía ejerciendo trabajo.

Las plantas y animales mantienen su concentración de sales disueltas para regular los flujos internos de materiales necesarios para su sobrevivencia. El incremento de las concentraciones salinas en ecosistemas no adaptados, provoca que ellos usen ineficientemente sus energías en procesarla. La pérdida de energía disponible debido a esta ineficiencia constituye el costo natural de procesarla.

Efecto del riego

El efecto de las sales en el agua de riego provoca una disminución en la energía libre de Gibbs dada por:

$$\begin{aligned} \Delta N_{\text{agua}} &= \Delta F [\text{Cal}] * F \\ \Delta F &= Q * n * R * T * \ln C_1/C_2 \end{aligned}$$

donde:

Q es la cantidad en gr del agua alterada (se estimó como el 10 % del peso en gramos del exceso de riego)

n 1 mol/18 gr H₂O = 0,05556 moles/gr

R es la constante universal de los gases = $1,99 \times 10^{-3}$ Cal/mol*K

T es la temperatura promedio del agua = 288°K (15°C)

C₂ es la concentración del agua sin alterar y viene dada por:

$$C_2 = 10^6 \text{ ppm} - \text{ppm de los constituyentes químicos}$$

C₁ es la concentración del agua alterada y viene dada por:

$$C_1 = 10^6 \text{ ppm} - \text{ppm de los constituyentes químicos}$$

F es el factor de calidad = 0,725 [Cal DE/Cal]

ppm es la concentración en partes por millón

por lo tanto:

$$\Delta N_{\text{agua}} = 3,76 \times 10^8 \text{ Cal DE/año (Apendice 17)}$$

Efecto de la actividad pecuaria

Horne (1980) reporta un valor efectivo del 3 % de la producción de DBO por animal asumiendo que cada animal produce 2950 gr DBO / día. La variación de la energía química libre debido al consumo de oxígeno por el DBO adicional al agua, está dado por el factor de calidad F, y el costo natural para procesar la carga de DBO estaría dado por:

$$\Delta N_{\text{DBO}} = \text{DBO [gr/año]} * F$$

donde:

F es el factor de calidad = 34,8 [Cal CE/gr DBO]

por lo tanto:

$$\sim N_{DBO} = 280,08 \times 10^8 \text{ Cal CE/año (Apendice 17)}$$

Impacto en el sistema biótico

La productividad primaria bruta, PPB, es una medida de la conversión de energía solar en energía química, realizada por la vegetación. Esta conversión produce azúcares vegetales y oxígeno que utilizan las plantas para respirar y crecer.

Para el área en estudio, se evaluó el impacto en la vegetación por comparación entre la PPB de la vegetación natural, con la PPB del ecosistema implantado. En este caso el impacto determinado fue positivo.

Incluido en la categoría biótica, se consideraron los posibles efectos del sistema en la fauna piscícola.

El ecosistema acuático de los llanos depende, para su existencia, de las fluctuaciones estacionales de la lluvia y periodos alternos de sequia e inundación, ciclos que estimulan los procesos migratorios de los peces, lo que conduce a su reproducción.

El embalse Las Palmas, al regular las variaciones estacionales del río Cojedes, así como por el impedimento físico a las migraciones de los peces, tendrá un efecto significativo sobre el ecosistema acuático.

Por otro lado, parte de los biocidas aplicados a los cultivos son lavados por las aguas de lluvia y riego y descargados en corrientes de aguas naturales. El efecto nocivo de los biocidas en peces es de general aceptación. Sin embargo, resulta sumamente problemático establecer funciones que cuantifiquen la pérdida de biomasa por sus efectos, pues varía de acuerdo a especies, concentraciones, condiciones físicas del medio y cadenas tróficas. Inclusive el efecto acumulativo en la cadena trófica generalmente trae consecuencias nocivas en la alimentación humana.

Debido a la carencia de registros de producción pesquera en los ríos Sarare y Cojedes, se utilizaron datos de producción del río Guanare. Se supuso, por la similitud en el régimen estacional de los ríos y en las condiciones ecológicas, que los valores de producción del río Cojedes se podrían asumir como de un 50 % del valor del río Guanare, considerando el menor volumen de escorrentia.

Efecto en la vegetación

Se considera que los cambios ocurridos en las comunidades vegetales desde 1980 son muy pocos, por lo que se tomó el promedio ponderado de la PPB, determinado por Horne (1980) para las comunidades vegetales actualmente existentes en el área a desarrollar. Esto es, PPB_N promedio = $119,18 \times 10^6$ Cal/Ha/año. (Apendice 17).

La PPB de los cultivos a establecer en el área, se determinó en el Apendice 17, y es igual a: PPB_C promedio = $130,68 \times 10^6$ Cal/Ha/año.

La variación, ΔN , producida por cambios en el ecosistema, estaría dada por:

$$\Delta N_{C \times H \times O_x} = (PPB_C - PPB_N) * F$$

donde:

F es el factor de calidad = 0,26 Cal CE/Cal

PPB es la Productividad Primaria Bruta (C=cultivos, N=vegetación natural)

por lo tanto:

$$\Delta N_{C \times H \times O_x} = 747,50 \times 10^8 \text{ Cal CE (impacto positivo) (Apendice 17)}$$

Este impacto es positivo, dado que el ecosistema a implantar (cultivos) tiene una mayor PPB que el ecosistema natural (sabanas).

Efecto en los peces

Para cuantificar el impacto sobre la producción de peces, Horne (1980), reporta una forma de estimación empírica dada por:

$$\Delta N_{\text{peces}} = C * \text{producción de peces [Cal/año]} * F$$

donde:

C es un factor empírico que varía entre 0 y 1, dependiendo del vigor del impacto

F es el factor de calidad = 2798 Cal CE/Cal biomasa

por lo tanto:

$$\Delta N_{\text{peces}} = 6015,70 \times 10^8 \text{ Cal CE/año (Apendice 17)}$$

Impacto debido a la retención de sedimentos

Los sedimentos arrastrados por los ríos contribuyen a mantener el ecosistema de los estuarios y a su vez constituyen materiales formadores de suelos en las zonas de desbordamiento del cauce.

El potencial de energía química de los sedimentos en suspensión está dado por:

$$FS = J * O * Q * K$$

donde:

- J es el volumen de agua ingresado al embalse por año en m^3
- O es el contenido de materia orgánica de los sedimentos en %
- Q son los sedimentos arrastrados por la corriente en gr/m^3
- k es la energía libre de la materia orgánica

El impacto en Cal CE debido a la retención de sedimentos, se calcula afectando FS por el factor de calidad F, que expresa el costo natural implícito en el arrastre de sedimentos.

$$\sim N_{\text{sedimentos}} = FS * F$$

donde:

$$F = 440,33 \text{ Cal CE / Cal de sedimentos}$$

por lo tanto:

$$\sim N_{\text{sedimentos}} = 16,78 \text{ Cal CE/año (Apendice 17)}$$

En la Tabla 28 se resumen los principales impactos naturales determinados:

Tabla 28. Impacto ambiental para la alternativa de desarrollo mediante el embalse Las Palmas

Impacto natural	Valor (10^8 Cal CE/año)		
	Positivo	Negativo	
$\sim N$ - aire		7,98	
$\sim N$ - agua		3,76	
$\sim N$ - DBO		280,08	
$\sim N$ - vegetación	747,50		
$\sim N$ - peces		6015,70	
$\sim N$ - sedimentos		16,78	
TOTAL	747,50	6015,70 (*)	= - 5268,20

(*) Nota.- Se toma el mayor valor de los negativos

En la Tabla 28 se observa que el impacto global del proyecto es negativo sobre el ambiente, destacándose el impacto causado en los peces. De acuerdo a estos resultados las medidas correctivas a aplicar en la zona, con el fin de disminuir los efectos negativos ocasionados por el proyecto sobre el ambiente, deben prestar mayor importancia al impacto sobre la fauna piscícola. En orden de importancia se tiene la contaminación ocasionada por la actividad ganadera.

CAPITULO IX

FORMULACION Y ANALISIS DE MEDIDAS COMPLEMENTARIAS

Generalidades

El desarrollo agrícola, concebido como una parte fundamental del desarrollo rural, actuando por sí sólo, no logrará, tal como se ha demostrado en infinidad de casos en el país, el mejoramiento de la vida del hombre, objetivo primordial de este desarrollo, y el cual lleva implícito el aprovechamiento racional de los recursos y la transformación social de la estructura agraria.

Es muy probable que la causa fundamental del fracaso de gran parte de los proyectos de desarrollo agrícola emprendidos, no sólo en Venezuela, sino en muchos otros países, se deba al énfasis dado a los aspectos del desarrollo relacionados con la economía, es decir, con la obtención de los mayores beneficios al mínimo costo, prestando más atención a la definición de las obras ingenieriles requeridas o al asesoramiento técnico en procura de aumentar la producción, que al mejoramiento del hombre del campo.

En este estudio se plantea un proyecto de desarrollo agrícola a nivel de planificación en una zona del país y para un sector de la población que presentan unas características socio-económicas de tal naturaleza, que emprender dicho proyecto sin concebir un conjunto de medidas complementarias de índole socio-cultural, institucional y ambiental, sería destinarlo al fracaso.

Estas medidas complementarias se refieren a aquellas acciones que se deben implementar conjuntamente con las medidas alternativas infraestructurales, para que estas últimas produzcan los efectos para las que fueron planteadas. Las medidas así definidas, se ubicaron en tres grandes grupos: Conservación de suelos y aguas, extensión agrícola y organización institucional.

Conservación de suelos y aguas

El desarrollo de una agricultura competitiva, implica la aplicación de tecnologías que permitan la consecución de altos niveles de productividad con bajos niveles de inversión, bajo el soporte de un sistema económico y social en el que se debe tener como premisa fundamental el desarrollo sostenido y sustentable en el horizonte del tiempo.

La conservación de suelos y aguas persigue obtener los máximos beneficios de la tierra en forma sostenida. Por lo tanto, la aplicación de prácticas conservacionistas es fundamental, sobre todo en el trópico donde la productividad del suelo declina rápidamente con el cultivo.

Como es obvio, la aplicación de cualquier práctica conservacionista debe ser ejecutada como respuesta a un problema particular de degradación del suelo que impida el desarrollo sostenido del proceso productivo. En tal sentido se debe realizar un análisis del potencial de degradación de los suelos en la situación actual de uso de éstos y bajo el nuevo enfoque de desarrollo que se plantee.

Evaluación del potencial de degradación de los suelos

FAO/PNUMA/Unesco (1980), reportado por Lopez (1988), agrupan los procesos de degradación de suelos en cinco categorías generales:

- Erosión: en esta categoría se incluyen los procesos de erosión hídrica y eólica.
- Exceso de sales: categoría que comprende los procesos de salinización y sodificación.
- Degradación química: se refiere a procesos tales como la lixiviación de bases y formación de toxicidades diferentes a las debidas al exceso de sales.
- Degradación biológica: tiene que ver con los procesos que aumentan la velocidad de mineralización del humus.
- Degradación física: referente a los cambios adversos en las propiedades físicas del suelo, tales como: porosidad, permeabilidad, densidad aparente y estabilidad estructural.

FAO/PNUMA/Unesco (1980), reportado por Lopez (1988), y Lopez (sf.) desarrolló una metodología para evaluar los riesgos de degradación de los suelos haciendo inferencia a partir de factores ambientales. Con base a esta metodología se determinó el grado de degradación potencial de los suelos del área de estudio en cada una de las categorías descritas anteriormente:

Erosión hídrica

La evaluación se realiza a partir de los siguientes factores:

Factores climáticos. La metodología de evaluación propone un índice de erosividad de la lluvia a través de la siguiente expresión:

$$R = f \left(\sum_{i=1}^{12} \frac{pm_i^2}{Pa} \right)$$

donde:

R es el índice de erosividad de la lluvia

pm es la precipitación mensual (mm)

Pa es la precipitación anual (mm)

Con los datos presentados en el balance hídrico (Tabla 4, Capítulo II), se obtuvo un valor de $R = 182,7$ el cual es considerado moderado en la escala de valoración presentada en esta metodología.

Factores edáficos. Dada la textura del suelo predominantemente fina (más de 35 % de arcilla), se tiene la siguiente valoración:

- Textura del suelo, clase 3 = 0,1
- Erodabilidad del suelo, clase II = 1,0

Factores topográficos. Las pendientes promedio del área a desarrollar bajo riego, rara vez superan el 1 %, lo que permite obtener la siguiente valoración:

Clase a = 0,35

Factores humanos. Considerando las situaciones, actual y con proyecto de riego, se tiene la valoración presentada en la Tabla 29.

Tabla 29. Valoración del factor de uso de la tierra

Clase de uso de la tierra	Situación actual		Situación con proyecto	
	% de uso	valoración	% de uso	valoración
Cultivos	50	$x \ 0,8^{(1)} = 0,40$	100	$x \ 0,8 = 0,80$
Veget. Nat.	50	$x \ 0,2^{(2)} = 0,10$	-	-
Fact. de uso		<u>0,50</u>		<u>0,80</u>

Notas.- (1): valores para áreas con lluvias estacionales

(2): sabanas con 30% de cobertura

Estos factores permiten estimar el riesgo de erosión hídrica (REH) ante la ausencia de cobertura vegetal, bajo la situación actual de uso (REA) y con desarrollo de riego (REP).

$$REH = 182,47 * 0,1 * 0,1 * 0,35 = 6,39 \text{ ton/Ha/año}$$

$$REA = 6,39 * 0,50 = 3,20 \text{ ton/Ha/año}$$

$$REP = 6,39 * 0,80 = 5,11 \text{ ton/Ha/año}$$

Estos valores son bastante bajos, inclusive en el cálculo con ausencia total de cobertura y de acuerdo a la escala de valorización dada en esta metodología, representan un grado de degradación de ninguno a ligero.

Erosión eólica

En esta metodología se da un índice para evaluar la degradación potencial de suelos por erosión eólica mediante la siguiente expresión:

$$C = \sum_{i=1}^{12} \left[\frac{V^3}{100} \left(\frac{ETP-P}{ETP} * n \right) \right]$$

donde:

- C es el índice eólico
- V es la velocidad anual del viento a 2 m de altura (m/s)
- ETP es la evapotranspiración potencial (mm) (media mensual)
- P es la precipitación (mm) (media mensual)
- n es el número de días del mes

Los parámetros climáticos de la zona de estudio permitieron estimar un valor de $C = 1,28$, el cual corresponde a un grado de degradación potencial de ninguno a ligero.

Degradación química

El índice para inferir la degradación por lixiviación de bases que puede sufrir un suelo en función de la agresividad climática, viene dado por la expresión:

$$C = \sum_{i=1}^{12} (P-ETP) ; \quad (\text{si } P > ETP)$$

(si $P < ETP$; entonces $P-ETP = 0$)

donde:

- C es un indicador de la lixiviación de bases por agresividad climática.

En base a los parámetros climáticos del área de estudio (Tabla 4, capítulo II), se obtuvo un valor de $C = 551,50$, el cual representa un alto grado de degradación potencial.

Degradación biológica

Un índice climático para evaluar la velocidad de descomposición del humus como función de la actividad biológica, la cual a su vez depende de la temperatura y humedad del suelo, se presenta a continuación:

$$K = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \left(e^{0,1065 T} \right) \frac{P}{ETP} ; \quad (\text{si } P \leq ETP)$$

(si $P > ETP$; entonces $P/ETP = 1$)

(si $T < 0^{\circ}\text{C}$; entonces $T = 0$)

donde:

K es el índice para evaluar la velocidad de descomposición del humus

e es la base de logaritmos neperianos (2,718281)

T es la temperatura media del aire mensual ($^{\circ}\text{C}$)

De acuerdo a los valores climáticos del área de estudio se obtuvo un valor de $K = 11,46$, el cual representa un grado de degradación potencial clasificado como muy alto.

Exceso de sales

En esta metodología también se presenta un índice climático para inferir intensidades de salinización potencial:

$$C = ETP / (P * 10)$$

Este índice tiene un valor de 0,11 en el área de estudio el cual lo clasifica con un grado de degradación potencial de ninguno a ligero.

Degradación física

Se puede hacer una inferencia de la degradación física de los suelos de la zona a partir de factores ambientales:

Clima. El índice de agresividad de la lluvia, calificado como moderado con respecto a la erosión hídrica, indica la susceptibilidad de estos suelos al apelmazamiento y encostramiento.

Suelos. La susceptibilidad de estos suelos a una alta tasa de descomposición de la materia orgánica, contribuye al apelmazamiento.

En la metodología estudiada se presentan procedimientos para estimar la susceptibilidad de los suelos a la degradación física, las cuales requieren un monitoreo de las propiedades físicas de los suelos a través del tiempo.

Sin embargo, se presenta un índice que permite estimar la susceptibilidad del suelo para formar costras superficiales, el cual depende de su textura:

$$I_e = L / A$$

donde:

I_e es el índice de encostramiento

L es el % de limo

A es el % de arcilla

Estimaciones, bastante generales, permiten utilizar la siguiente proporción textural: A = 60 %, L = 35 %, a = 5 %. De esta forma se obtiene un valor de $I_e = 0,58$, que indica una poca susceptibilidad al encostramiento.

Topografía. La forma topográfica llana de la zona de estudio facilita la degradación física a través del encostramiento.

Factores humanos: El uso de maquinaria pesada o el exceso de laboreo favorece la degradación de estos suelos.

En la Tabla 30, se resume el análisis realizado sobre los factores de degradación potencial de los suelos a desarrollar en el área de estudio.

Tabla 30. Evaluación del potencial de degradación de los suelos

Categoría	Índice	Valor	Calific. sobre el pot. de degradac.	Observaciones
Erosión hidrica	R	182	Moderado (50-500)	Sin embargo con respecto a la tasa de pérdida de suelo la calific. es de ning.-ligero
Erosión eólica	C	1,28	Ninguno-ligero (0-20)	Las velocidades del viento son muy bajas
Exceso de sales	C	0,11	Ninguno-ligero (<0,15)	La aplicación de riego puede cambiar esta calificación
Degradación química	C	552	Alto (500-1000)	Valor alto con respec. a la agres.climat.pero la tex.del suelo(A)tiende a disminuirlo
Degradación biológica*	K	12	Muy alto (>10)	Valor alto con respec. a la agres.climat.pero la tex.del suelo(A)tiende a disminuirlo
Degradación física	I_e	0,58	Poco (<1,5)	Ref.sólo a la suscep. al encostramiento.El valor podría aumentar con más desarrollo

Formulación de medidas de conservación

Páez et al (1985) agrupan los medios utilizados por el hombre para el logro de los objetivos de la conservación en tres grupos:

Métodos comunes de una buena agricultura

- 1.- Uso adecuado de la tierra
- 2.- Labranza conservacionista
- 3.- Fertilización-estercoladura-encalado
- 4.- Manejo del agua de lluvia
- 5.- Manejo del riego

Prácticas de soporte agronómicas

- 1.- Acondicionadores de suelo
- 2.- Coberturas sobre el suelo
- 3.- Abonos verdes
- 4.- Barreras vivas
- 5.- Cultivos múltiples
- 6.- Rotación de cultivos
- 7.- Cultivos en franjas
- 8.- Barreras rompevientos
- 9.- Usos de vegetación para protección, en el control de casos especiales de conservación

Prácticas de soporte mecánicas

- 1.- Canales de desviación
- 2.- Acequias de ladera
- 3.- Terrazas
- 4.- Control de cárcavas

Quando las condiciones del medio físico son favorables, ya sea porque existen pocos riesgos de dañar el suelo, ya porque los suelos degradados o erosionados pueden ser restaurados rápidamente por cortos periodos de descanso, o por el uso económico de fertilizantes, la aplicación de los métodos comunes de una buena agricultura, son suficientes.

De acuerdo a la evaluación del potencial de degradación de los suelos de la zona de estudio, realizada previamente, el riesgo natural a la degradación es muy bajo, principalmente en cuanto a la erosión hídrica que es uno de los factores de mayor impacto. Sin embargo se debe considerar que el factor antrópico, a través de un manejo inadecuado de las tierras, puede

causar serios problemas de degradación. De la misma manera, el potencial de degradación química y biológica, calificado como alto y muy alto respectivamente, determinan que el factor manejo del suelo tome una importancia capital.

Estas consideraciones determinan que las prácticas de conservación de suelos y aguas a implementar, para lograr el desarrollo sostenido y los altos niveles de productividad que se tienen como meta, serán aquellos métodos comunes de una buena agricultura.

Uso adecuado de la tierra

Páez et al (1985) consideran que el uso adecuado de la tierra, en un sentido amplio, consiste en usar cada unidad de tierra según su capacidad y tratarla según su necesidad. Es decir, ubicar los cultivos más exigentes en cuanto a requerimientos de labranza, limpias, nutrientes, agua, etc, y menos protectores, en los mejores suelos, y los más rústicos y más protectores en suelos con más limitaciones.

Con esta premisa, se hizo la selección de los cultivos a desarrollar en la zona, ubicando los rubros en función de la vocación de uso de la tierra, considerando, sin embargo, aspectos económicos y socio-culturales, tales como mercado, experiencia de los productores, etc, factores de inobjetable consideración en planificación agrícola.

Es importante considerar que al plantear un desarrollo ganadero se deben prevenir los problemas de degradación de los suelos por sobrepastoreo, haciendo un adecuado manejo de los potreros, así como de la selección del pastizal. De la misma forma se debe evitar el sobrelaboreo en el manejo de cultivos limpios.

Labranza conservacionista

Pla (1974), reportado por Lopez (1988), señala que entre los problemas de degradación de los suelos de las zonas bajas y planas del país, se destaca en primer lugar el problema de degradación de la estructura de los suelos, acompañado, generalmente, de la formación de capas compactas.

Entre las causas principales de este tipo de degradación se destacan el uso de técnicas de cultivo no apropiadas, el uso excesivo de maquinaria agrícola pesada, mala selección de implementos y maquinaria agrícola, la realización de labores de preparación de tierra y siembra en época no conveniente, y el uso y manejo indiscriminado y uniforme de los suelos sin considerar sus características y propiedades particulares.

Lopez (1988) destaca entre los problemas derivados de la degradación estructural y compactación subsuperficial de los suelos: la rápida formación de sellos superficiales ante el impacto de las gotas de lluvia, con reducción de la infiltración del agua en el suelo, la ocurrencia de problemas de aguachinamiento, bajo almacenamiento de humedad y formación de costras duras al secarse el sello superficial. Todo ello afecta la germinación y emergencia de las plantas, además de limitar el desarrollo de las raíces, y en general, de las plantas que logran subsistir.

Estos problemas, en grado proporcional, se observan en la zona de estudio, donde se utilizan sistemas de labranza convencional basados en un número variable, generalmente alto, de pases de arado y rastra con los consecuentes problemas sobre la estructura del suelo.

Tomando en cuenta estas consideraciones es necesario plantear, para la zona a desarrollar, métodos de labranza reducida y/o labranza mínima, los cuales tendrán a su vez el efecto marginal de reducir los costos de producción. Estos métodos de labranza deben ser enseñados a los productores en los programas de adiestramiento y asistencia técnica, lo que implica preparar al personal extensionista en cuanto a los implementos y procedimientos requeridos en las labores primarias (arado, subsolado, etc.) y secundarias (rastreo) de preparación de tierras.

Un problema de importancia que se presenta en la zona, con respecto a la preparación de los suelos, es el método utilizado para la siembra de arroz comúnmente conocido como "batido". Con este método de preparación de la tierra, se destruye completamente la estructura del suelo, con el objetivo fundamental de controlar malezas. Sin embargo, los problemas creados con la degradación estructural del suelo, dificultan la siembra de cultivos distintos al arroz, específicamente si se piensa en una rotación de cultivos. Productores de la zona han informado la obtención de rendimientos en arroz, sin realizar batidos, mucho mayores que con el empleo de esta práctica. Así mismo, para este cultivo, se considera conveniente el empleo de métodos de riego en el que las bordas o camellones sean construidas siguiendo las curvas de nivel, disminuyendo de esta forma los volúmenes requeridos de movimiento de tierra con fines de nivelación parcelaria.

Fertilización, estercoladura, encalado

El sistema productivo agrícola a implementar en la zona, se basa en una agricultura de alta eficiencia, con elevadas tasas de producción, lo cual implica por consecuencia un alto grado de agotamiento del suelo. En la cosecha de los cultivos, se extraen directamente los elementos nutritivos del

suelo, por lo se hace indispensable la fertilización. Lopez (1988) acota que aunque no ocurriera la erosión, de no fertilizarse el suelo se produciría una gradual declinación de la productividad, dada la alta extracción de nutrimentos por las cosechas.

Un buen crecimiento del cultivo es la mejor protección contra la erosión, y a su vez una buena suplencia de nutrimentos al suelo es el principal requisito para un cultivo fuerte y sano. Pero a su vez la protección del suelo de su deterioro y de su erosión es un pre-requisito en el éxito de un programa de fertilización. Los fertilizantes que se pierden del campo por erosión o que se administran a un suelo impermeable y sobremente aireado representan una pérdida económica, pues no serán utilizados por el cultivo. (Páez et al, 1985).

La utilización de prácticas de labranza conservacionista contribuye a disminuir los problemas que impiden el buen uso de los fertilizantes, además de que, por si mismo, contribuye con aportes de elementos nutritivos al suelo por medio de los abonos verdes. Lopez (1988) reseña que cuando las plantas se entierran como abonos verdes, el suelo recupera la totalidad de los minerales extraídos por el cultivo y recibe el aporte de cantidades adicionales de elementos nutritivos esenciales como el nitrógeno, producto de la fijación biológica.

Manejo del agua de lluvia

El desarrollo propuesto para la zona contempla el establecimiento de una agricultura de riego durante la temporada seca (noviembre-abril) y producción de cultivos de secano en la temporada de lluvia (mayo-octubre).

En la agricultura de secano se hace imperativo minimizar los efectos negativos de los déficits hídricos que se producen con frecuencia en las zonas de trópico seco estacional debido a la distribución de la lluvia que responde a un patrón errático (Paez et al, 1985).

El término "manejo del agua de lluvia" hace referencia a un conjunto de estrategias que integran al suelo, la planta y el clima, mediante las cuales se busca minimizar el efecto negativo de las variaciones en la precipitación, "capturando" la mayor cantidad de agua posible en el momento en que ésta se hace presente y/o utilizando plantas resistentes a la sequía o combinaciones de cultivos que se ajusten a la distribución de las lluvias. (Paez et al, 1985).

El desarrollo agropecuario que se ha venido implantando en los llanos Centro-Occidentales del país ha evolucionado precisamente hacia esquemas en

los que el manejo del agua de lluvia juega un papel muy importante. Las rotaciones de cultivo tradicionalmente empleadas confirman este punto: maíz-ajonjolí, arroz-ajonjolí, maíz-sorgo, algodón-sorgo-caraota, etc.

MARNR (1979) realizó una caracterización agroclimática que contempla el área de estudio, en la cual la determinación de los meses húmedos, secos y transicionales se hizo en base a balances hídricos. Para la determinación de los meses húmedos, secos y transicionales, se partió del criterio de que un mes es considerado como seco cuando la ETP es mayor que la precipitación más el almacenamiento del agua en el suelo, teniendo como base un almacenamiento máximo de 100 mm.

Un mes en el que los balances hídricos resultaron negativos (mes seco) y tuvieron una ocurrencia mayor del 70% para el periodo analizado, se considera como un mes típicamente seco; si la ocurrencia fluctúa entre 30 y 70% se considera como transicional, y si es menor de 30%, como mes húmedo.

En base a esta metodología el MARNR (1979) realizó una sectorización de los llanos Centro-Occidentales, que para el área particular estudiada en el Estado Cojedes comprende dos sectores. El sector I que incluye, exactamente, el área factible de riego con el embalse Las Palmas. Aquí se establece que es posible la obtención de una cosecha de cultivos de ciclo corto (3 a 4 meses). Para el establecimiento de cultivos permanentes y/o de una segunda o tercera cosecha es indispensable el riego. El sector II, en el área de estudio, se ubica al sur del área factible de riego (poblado El Amparo). En este sector es posible una cosecha de cultivos de ciclo corto y de algunos cultivos de ciclo largo (6 a 9 meses) en los que un periodo seco al final de su ciclo no afectaría la acumulación de almidones o azúcares. Ejemplo de estos cultivos son: ocumo, ñame, yuca. Los cultivos permanentes y una segunda cosecha de cultivos de ciclo corto necesitan riego.

En la zona factible de riego se estableció el desarrollo con cultivos permanentes y cultivos anuales de ciclo corto. En el caso de los cultivos de ciclo corto, a establecer en el sector con suelos de mejor calidad, se plantean las siguientes rotaciones anuales con el fin de realizar un adecuado manejo del agua de lluvia:

Escenario I: maíz (N-D-E-F) con riego y sorgo (A-S-O-N) con lluvia y humedad del suelo.

Escenario II: tomate (E-F-M-A) con riego y ajonjolí (A-S-O-N) con lluvia y humedad del suelo.

Manejo del riego

Para prevenir posibles problemas producto de un mal manejo del agua de riego en el sistema, se consideran, en el proyecto, una serie de medidas complementarias para la capacitación de técnicos y usuarios en el uso eficiente y adecuado del agua de riego, de tal forma de optimizar el uso de los factores de producción y poder introducir en forma exitosa la compleja tecnología del riego.

Los cultivos seleccionados para el desarrollo de la zona son semi-tolerantes a la salinidad, previendo posibles problemas con la calidad del agua del río Cojedes. Los análisis realizados por FUDECO (1987) permiten establecer que las aguas del río Cojedes son de muy buena calidad para riego de estos cultivos, sin embargo, considerando que en la cuenca alta del río se produce una gran descarga de contaminantes, y que la construcción de un embalse limita la capacidad de autopurificación del río, la selección de estos cultivos, descartando otros ligeramente susceptibles como la lechosa, se considero conveniente.

Las características climatológicas de la región, donde se producen altas precipitaciones durante unos seis meses al año y la consideración del diseño de un sistema de drenaje en la zona, permiten pensar que no se presentarán problemas de salinidad en el área de riego, sin embargo es conveniente el constante control de este aspecto para determinar si es necesario la incorporación, a la lámina de irrigación, de los volúmenes requeridos para lixiviación de las sales.

Extensión agrícola

Pérez y Rivero (1987) plantean que la extensión agrícola, como un proceso de apoyo al desarrollo rural, trata de lograr simultáneamente objetivos técnicos, económicos, socio-culturales y políticos. Para lograr estos objetivos se estima que la extensión debe cooperar entre otras cosas al mejoramiento de:

- 1.- la tecnología, con adecuadas técnicas, métodos y procedimientos ajustados a la realidad específica del hombre rural.
- 2.- las actitudes, los conocimientos y las habilidades de la población.
- 3.- la participación de la gente y de sus organizaciones en el proceso de desarrollo.

4.- la utilización de los recursos naturales bajo los criterios de conservacionismo.

Es indudable que al tiempo que se desarrolla la extensión agrícola deben ejecutarse simultáneamente otros componentes del Desarrollo Rural tales como: obras públicas, salud, educación escolar, recreación, investigación, incentivos a la producción, crédito y comercialización.

El objetivo trascendental de la extensión agrícola, es lograr el pleno desarrollo del hombre de campo a través de dos objetivos fundamentales: mejorar la producción agrícola y elevar los niveles de vida de las poblaciones rurales. Para el logro de estos objetivos, en el área de estudio se proponen dos programas básicos: asistencia técnica a los productores y capacitación de técnicos. A continuación se describen los prediseños de cada uno de estos programas, así como otras estimaciones requeridas.

Estimación del número de parcelas y fincas en el área en estudio

De acuerdo al diagnóstico socio-económico realizado en la zona de riego, definida a los fines del proyecto, existen dos sectores claramente diferenciados: el sector campesino, ubicado al sur del área de estudio y conformado por campesinos asentados por el IAN bajo el programa de Reforma Agraria, y un sector de grandes productores, algunos de tipo empresarial y, otros, más que empresarios, latifundistas con bajos niveles de productividad.

En base a las determinaciones realizadas, el tamaño promedio de las parcelas del sector campesino se encuentra en el orden de las 23 Ha, existiendo cerca de 550 productores campesinos en un sector que en total ocupa unas 13.000 Ha. Para fines del proyecto, se estima que 30 Ha es un tamaño apropiado de parcela en este sector.

El sector empresarial ocupa el resto de la superficie del área específica de riego, unas 12.000 Ha, en fincas con un tamaño promedio entre 100 y 500 Ha, estimándose que existen unos 50 productores aproximadamente. Es notoria la existencia de un alto porcentaje de productores que disponen de propiedades de mucho mayor tamaño que este promedio, llegando inclusive a más de 1.500 Ha. Es obvia la necesidad de expropiación en estos casos y se estima que un tamaño apropiado para las fincas del sector empresarial es 100 Ha.

En la Tabla 31 se resume esta información:

Tabla 31. Número de fincas del área de estudio.

	Situación Actual			Situación con Proyecto		
	Superf. por parcela.	No. de productores.	Superf. total (Ha)	Superf. por parcela.	No. de productores.	Superf. total (Ha)
Sector campesino	23	550	12.650	30	550	16.500
Sector empresarial	100-500	50	12.350	100	85	8.500

Los programas de extensión agrícola se instrumentarán sólo para los productores del sector campesino, estimándose que los productores empresariales poseen los elementos socio-culturales que se pretenden formar con estos programas y además disponen de recursos financieros para adquirir los servicios, no significando esto, necesariamente, que los programas a ejecutar para el sector campesino sean gratuitos.

Prediseño del programa de asistencia técnica

Actividades que requieren servicios técnicos como consecuencia del proyecto

El esquema de desarrollo planteado basado en sistemas agrícolas con tecnología de riego, implica la incorporación de técnicas adicionales que conforman, en conjunto, un paquete tecnológico de relativa complejidad, y el cual, aplicado convenientemente, permitirá el funcionamiento de un sistema productivo de alta eficiencia.

Los niveles socio-culturales de los productores campesinos de la zona, tal como se determinó en el diagnóstico correspondiente, y lo cual es reflejo de la situación del sector a nivel nacional, no permite la obtención de índices de producción medianamente tolerables y mucho menos metas ambiciosas de producción, si no se implementan las medidas adecuadas para la solución de esta problemática.

Las actividades a ejecutar por los agricultores una vez implementada la alternativa de desarrollo, se basa en la aplicación de los esquemas tecnológicos existentes, enriquecidos por los aportes de la investigación local, para los grupos de cultivos seleccionados, a saber: arroz, maíz, sorgo, ajonjolí, caña de azúcar y tomate. Estas actividades se podrían desglosar en los siguientes puntos generales:

Preparación de tierras, siembra, fertilización, control de plagas y enfermedades, cosecha, riego y drenaje (planificación del riego a nivel de

parcela , manejo del agua de riego y evacuación de excedentes).

En todas estas actividades es necesario la prestación de servicios de asistencia técnica, dado el bajo nivel de los productores campesinos, lo cual amerita el reclutamiento y preparación del personal apropiado, si se considera que, por tratarse de un proyecto nuevo, no existe personal disponible en las instituciones estatales encargadas de estas actividades.

Nivel actual del conocimiento de los productores en la actividades identificadas

En términos generales, el nivel del conocimiento de los productores en lo concerniente a las actividades correspondientes al proceso productivo agropecuario, a niveles de competitividad, es sumamente bajo, al igual que los niveles observados en la educación formal del conjunto familiar, tal como lo demuestra el grado de analfabetismo de la región.

Para las actividades identificadas se pueden observar los siguientes problemas, producto del escaso conocimiento de los productores:

Preparación de tierras. La cantidad de pases de arado y rastreo, efectuados en la región para algunos cultivos en muchas ocasiones no son los apropiados, inclusive con la contratación de los servicios, afectando de manera directa la productividad, al presentarse problemas, principalmente con la germinación de las semillas. Así mismo, la nivelación parcelaria, de importancia clave en el funcionamiento del sistema de riego y drenaje, amerita un nivel de conocimiento apropiado por parte del productor, el cual hasta ahora no posee.

Siembra. Los productores no tienen conocimiento sobre calibración de sembradoras y en muchas oportunidades las densidades de siembra utilizadas no son las recomendables. Algunos productores no re-siembran cuando se requiere, obteniéndose por consiguiente muy bajos rendimientos.

Fertilización. En las aplicaciones de fertilizantes, cuando se realizan, se utilizan dosis típicas determinadas en alguna oportunidad o considerando los requerimientos de los cultivos, sin tomar en cuenta los requerimientos particulares de los suelos de cada finca.

Control de plagas y enfermedades. El control agroquímico utilizado en ocasiones es insuficiente o por el contrario es excesivo, generando los problemas ambientales concernientes. No se tiene conocimiento y/o no se aplican técnicas de control como el biológico o el desplazamiento de fechas de siembra para el control de plagas como el pájaro arrocero.



Cosecha. Esta actividad depende fundamentalmente de la contratación del servicio, sin embargo, se han presentado casos de pérdidas de cosechas por consecución a destiempo de los servicios.

Riego y drenaje. En el área de estudio no se utiliza el riego, por lo que la mayor parte de los productores carecen de este conocimiento.

Criterios para la elaboración del programa de asistencia

El objetivo de este programa es llevar los conocimientos existentes sobre el manejo de cultivos y el riego parcelario a los productores campesinos, así como servir de vehículo entre las fuentes de información experimentales y los campesinos como formuladores de sus problemas y necesidades, para que de esta forma, la experimentación sea realizada sobre bases sólidas, cumpliendo su verdadero cometido.

En la zona de proyecto, tal como se describió en el Capítulo II se cuenta con un núcleo universitario y una fundación privada, donde se imparte educación agropecuaria y se realiza investigación sobre este sector. Así mismo existe la Estación Experimental de Las Majaguas, por lo que no se considera necesario dentro del proyecto la puesta en funcionamiento de otra estación.

Por lo tanto, a nivel de proyecto y para los fines especificados en el programa de Extensión Agrícola, se deben realizar únicamente ensayos de comprobación y demostración de resultados, con las técnicas ya experimentadas en dichos centros y para los cultivos seleccionados en el proyecto.

Los extensionistas deben detectar, dentro del grupo de campesinos que les toque asistir, aquellos que demuestren mayor capacidad y predisposición para aceptar la adopción de nuevas técnicas. Con este tipo de productores se podría aplicar un sistema ya realizado en el país con buenos resultados (CIDIAT, 1969) denominado "Productores Demostradores". El objeto principal de crear este sistema radica en el hecho de utilizar pequeñas parcelas experimentales en las fincas campesinas, orientando las mismas a realizar ensayos específicos que constituyan en el momento problemas para el productor o el de corroborar resultados obtenidos en estaciones o centros experimentales de la zona. El hecho de realizar los ensayos en la finca de un productor gana adeptos rápidamente, con lo que la introducción de nuevas técnicas se agiliza asombrosamente. Los productores seleccionados para tal fin podrían gozar de una serie de beneficios que incentiven su participación.

También se considera conveniente retomar las iniciativas que se dieron en algunos proyectos anteriores del país, tales como la creación de clubes de

amas de casa con el fin de agrupar a las mujeres que tienen responsabilidad de hogar, y adiestrarlas en actividades que tiendan a mejorar las condiciones domésticas, sociales, educativas, higiénico-sanitarias. Así mismo se plantea la creación de clubes juveniles para incorporar a jóvenes de 18 años, que no tengan un oficio definido, mediante el entrenamiento teórico-práctico en actividades tales como industrias caseras, producción agropecuaria, cooperativismo, deporte; en este sentido el club complementaría la actividad del INAGRO y se estima que lograría un efecto multiplicador.

Para la asistencia a la familia campesina se considera conveniente la visita de demostradoras del hogar bajo la coordinación de un sociólogo, con el fin de propiciar las actividades planificadas para las amas de casa y sus hijos las cuales serian complementadas en los clubes creados para ello.

Cantidad de extensionistas y perfil profesional

De acuerdo a las actividades a desarrollar por los agricultores en el área de proyecto, las cuales están basadas, fundamentalmente, en el manejo agronómico de cultivos y manejo de riego parcelario, se considera necesaria la participación de un profesional orientado hacia la producción vegetal con bases sólidas de ingeniería, así como un especialista en desarrollo físico de áreas y manejo de riego, lo cual hace pensar en un ingeniero Agrónomo con orientación fitotecnista y un ingeniero agrónomo con orientación en ingeniería agrícola.

Los planes de producción, elaborados en función de las actividades requeridas por cada cultivo deben ser llevados al productor campesino por técnicos extensionistas adecuadamente preparados para tal fin. Se considera conveniente la utilización de técnicos superiores universitarios y peritos agropecuarios, los cuales además de prestar la asistencia técnica requerida, evaluarán los resultados obtenidos y reciclarán la información de tal forma que se establezca una relación bilateral con los agricultores.

Dadas las consideraciones de la zona de estudio, se estima que un técnico puede visitar 2 parcelas al día, lo que da un total de 40 parcelas al mes ó 480 parcelas al año (visitas en temporadas de riego y de secano).

Asumiendo que cada parcela sea visitada dos veces al mes, es decir, 24 veces al año, se requeriría en la zona de riego un total de 13.200 visitas en el año.

De acuerdo a estas cifras se requieren 28 técnicos para cubrir la demanda de asistencia de los productores campesinos del área de riego. Estos técnicos pueden ser Peritos Agropecuarios.

En los Programas de Desarrollo Tecnológico (PRODETEC) elaborados con fines de transferencia de tecnología y con algunos años de aplicación en el país, se utiliza un supervisor de campo por cada 4 ó 5 técnicos. En base a esto se ha estimado necesario unos 7 supervisores de campo, los cuales podría ser Técnicos Superiores Universitarios.

Tomando en cuenta que con la medida global de extensión agrícola se persigue, no sólo mejorar los niveles de producción y productividad agrícola, sino elevar los niveles de vida de la población campesina, se ha considerado fundamental un programa de asistencia socio-cultural a la familia campesina en forma integral. Para la realización de este programa, que actuaría como complemento del proceso educativo formal y de asistencia social que debe ser impartido por el Estado, se estima necesario la participación de 1 sociólogo, que coordinaría un equipo de demostradoras del hogar, planificando y ejecutando actividades dirigidas a las amas de casa y sus hijos, primordialmente.

Para este proyecto se estimó conveniente una visita mensual de las demostradoras, por lo que en la zona se requerirían unas 6.600 visitas. Considerando posible la visita a dos hogares al día por parte de una demostradora, o sea, 480 familias al año, sería necesario la participación de unas 14 demostradoras del hogar.

El personal administrativo puede estar constituido por 1 administrador, 1 secretaria y dos obreros para realizar los servicios requeridos en la unidad de asistencia técnica.

A continuación se resume la cantidad de personal requerido para implementar el programa de asistencia técnica.

1 Agrónomo (Fitotecnista), 1 agrónomo (Ing. Agrícola), 1 sociólogo, 7 técnicos superiores universitarios, 28 peritos agropecuarios, 14 demostradoras del hogar, 1 administrador, 1 secretaria y 2 obreros.

Requerimientos Logísticos

Dado el alto número de extensionistas necesarios, se considera indispensable que éstos dispongan de vehículo propio. Las demostradoras del hogar se movilizaría conjuntamente con los técnicos.

Se estima que los gastos diversos corresponden a un 10% del costo de la mano de obra (extensionistas). Así mismo, es indispensable una sede para la planificación y coordinación de las actividades.

Técnicas a Emplear

Las técnicas que se podrían aplicar para lograr la participación directa de la población en la solución de sus necesidades, con la ayuda de la asistencia técnica son:

Visitas y entrevistas individuales y de grupo, reuniones, charlas, películas, demostraciones y ensayos de resultados, orientación de la comunidad hacia la creación de clubes socio-culturales.

Prediseño de Programa de Capacitación Técnicos

Esta medida se prevé realizarla años antes de la incorporación de los primeros lotes de tierra a la producción. Si se prepara un primer grupo de técnicos en el segundo año del proyecto, para el tercer año puede comenzarse el programa de asistencia técnica y preparar a los productores en las labores correspondientes a la producción agrícola.

De acuerdo al programa de extensión agrícola previamente diseñado, se requieren aproximadamente unos 28 técnicos de formación media, los cuales deben ser preparados convenientemente en las labores correspondientes a la producción agrícola bajo riego.

Considerando la realización de un proceso de selección de los técnicos (peritos extensionistas), se podrían iniciar los cursos con unos 40 técnicos aspirando elegir un 70% de los mejores.

Las apreciaciones obtenidas en el diagnóstico socioeconómico de la zona indican que los campesinos no tienen experiencia en la utilización del riego, si se considera además las características de los suelos, de alta retención de humedad y de drenaje lento, es fundamental, entonces, una extensión bien orientada para los trabajos de riego. Esto significa que el personal de extensión debe poseer conocimientos firmes en estos aspectos.

Los bajos rendimientos obtenidos actualmente en la zona indican que el manejo agronómico de los cultivos no es el más adecuado, por lo que la extensión también se debe orientar hacia la introducción de los paquetes tecnológicos vigentes para cada uno de los rubros seleccionados, con miras a obtener los rendimientos que se establecieron como metas.

Considerando estos aspectos se deben diseñar e impartir a los extensionistas los siguientes cursos:

- Conocimientos básicos de riego a nivel de parcelas
- Manejo agronómico de cultivos: Arroz, maíz, caña de azúcar, ajonjolí, sorgo, tomate.

Estos cursos se podrían implementar en el año 2 para un primer grupo de 20 extensionistas y en el año 3 para el segundo grupo de 20.

El programa de capacitación, como es lógico, no termina con la ejecución de estos cursos básicos, sino que se irán dictando cursos de mejoramiento a lo largo del horizonte de planificación considerado, con miras a fortalecer la preparación del personal ya consolidado en estas labores, o de preparar a nuevos integrantes.

Coordinación de los Programas de Extensión Agrícola

Se propone el esquema organizativo mostrado en la Figura 8 para las medidas de Extensión Agrícola, el cual debe ser incorporado al esquema global organizativo del proyecto.

Organización Institucional y administrativa

El gobierno de Venezuela está organizado en un gobierno central formado por la presidencia y los 16 ministerios, y el gobierno local formado por los gobiernos estatales y locales. El MARNR, MAC y los gobiernos estatales y locales están interesados en la ejecución del proyecto de embalse Las Palmas.

Las Figuras 9 y 10 muestran los organigramas del MARNR y MAC respectivamente.

La Comisión Nacional del Desarrollo Integral del Sistema de Riego Cojedes-Sarare, Las Majaguas (1987), mediante un análisis de la situación actual del sistema, propone un Plan de Acción que permite, al corto y mediano plazo, mejorar la situación socio-económica de la mayoría de los parceleros del sistema.

Previamente se estableció una estructura jerárquica de los organismos del Sector Agrícola, para facilitar su coordinación intra e inter-institucional, en forma horizontal y vertical, y su integración en programas de acción, a través de proyectos específicos, bajo la dependencia de la autoridad única del jefe del Proyecto del Sistema de Riego Cojedes-Sarare en su primera etapa (Las Majaguas) y con la participación activa de las organizaciones de los campesinos y pequeños productores. Estas organizaciones se incorporarán al Desarrollo Integral del Sistema de Riego, a través de los "Modelos de Desarrollo Agrícola Vegetal y Animal", los cuales contribuirán a mejorar la situación socio-económica y, por consecuencia, mejorar la calidad de la vida de los beneficiarios del sistema.

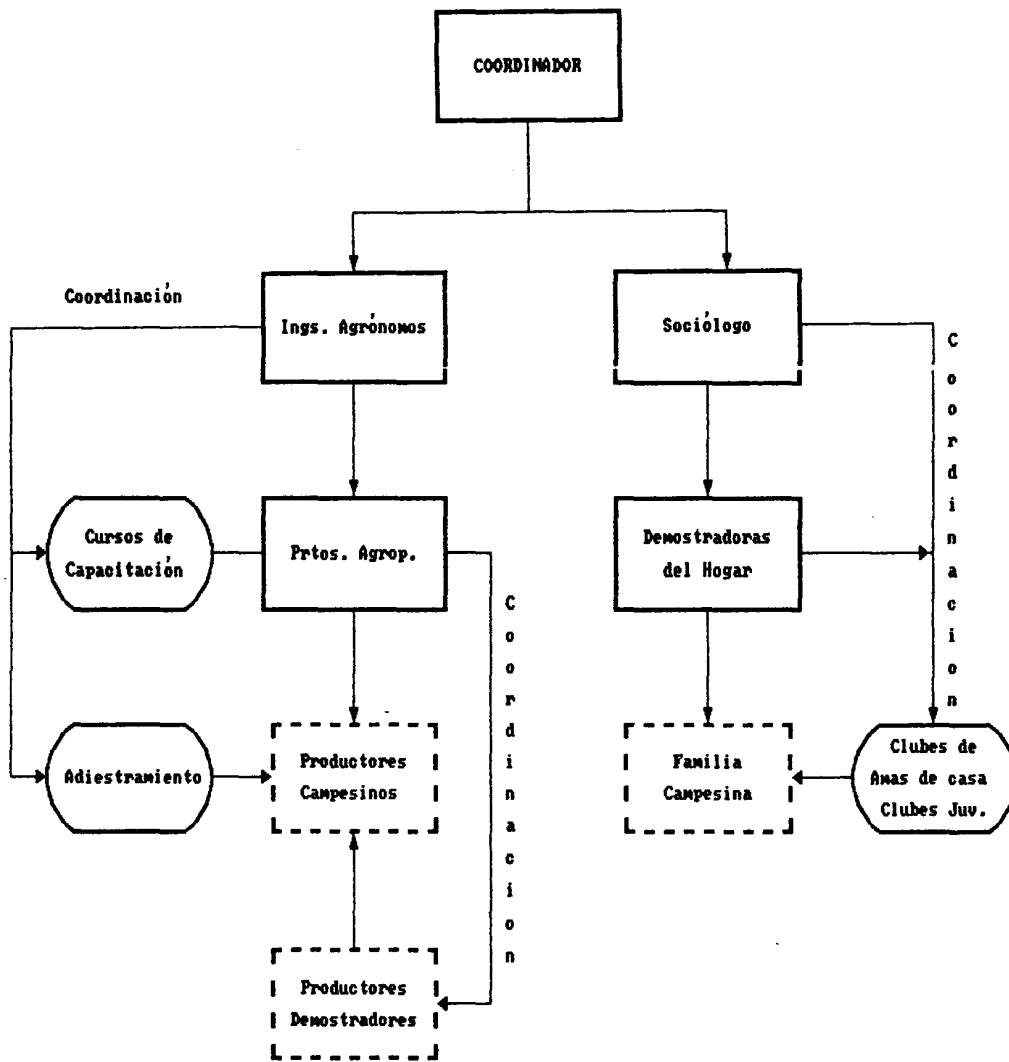


Figura 8.- Esquema organizativo de los Programas de Extensión Agrícola

El Modelo de Desarrollo Integral Animal y Vegetal estaría apoyado por Programas de Tenencia, Programas de Promoción y Desarrollo Social, Programa de Asistencia Técnica y Programa de Capacitación e Investigación que contribuirán al éxito del Programa de Financiamiento en el desarrollo integral del sistema.

Esta Comisión Nacional, integrada por representantes de la Federación Campesina de Venezuela (FCV), Centro de Investigaciones Aplicadas ala Reforma Agraria (CIARA), ICAP, IAN, MAC, propuso este Plan de Acción para la primera etapa del Sistema de Riego Cojedes-Sarare (Las Majaguas); sin embargo es completamente aplicable a la segunda etapa de este sistema (Las Palmas), si se considera la vecindad de los dos sistemas, así como la similitud de los problemas administrativos y organizativos que allí existen y que se vislumbran, como consecuencia de la construcción de esta segunda etapa del sistema de riego. Además de esto, es muy importante considerar que ambas etapas requieren las aguas del río Cojedes para su funcionamiento, y que por ende, deben operar conjuntamente para lograr la optimización de sus resultados. En este sentido, se debe proponer una estructura organizativa que funcione en forma coordinada para las dos etapas.

En los proyectos de desarrollo actualmente en ejecución en el país se tiene la tendencia, bajo la influencia de los organismos internacionales de financiamiento, de crear empresas regionales que se encarguen de la administración del proceso de ejecución de las obras de desarrollo planteadas y posiblemente de la operación y administración del funcionamiento de las mismas, una vez ejecutadas.

El sistema de riego Cojedes-Sarare, tiene la particularidad de que su primera etapa de desarrollo (Las Majaguas) se ubica en el Estado Portuguesa y la segunda etapa, aquí planteada, se localiza en el Estado Cojedes, ambas sirviéndose del río Cojedes que constituye el límite estatal. Cualquier empresa o mecanismo administrativo que se establezca debe considerar que las dos etapas del proyecto deben ser administradas y operadas conjuntamente, dada la obligatoriedad de optimizar el uso del agua proveniente del río Cojedes, si se pretende alcanzar un éxito equilibrado en el sistema en conjunto y además prever posibles conflictos por el uso del agua .

Estructura organizativa

En el Apéndice 18, se presenta la estructura organizativa propuesta por la Comisión Nacional (1987) para el buen funcionamiento administrativo, operativo y financiero del Sistema de Riego Cojedes-Sarare en su primera etapa (Las Majaguas). Los esquemas propuestos en ese estudio fueron

analizados a la luz de los requerimientos actuales en esta materia y se adaptaron a la incorporación de la etapa las Palmas, quedando redefinidos de la siguiente manera:

Organigrama Estructural

El cual establece tres niveles de integración de los organismos del sector (Ver Figura 11):

Nivel Directivo. Conformado por los organismos del sector, una Comisión Nacional de enlace y la coordinación del proyecto (Jefe del Proyecto).

Nivel Asesor y de Apoyo. Actuando para el Jefe del Proyecto, formado por la Secretaría Administrativa encargada de la administración directa de los gastos de operación y de inversión de capital y la Unidad de Planificación y Control, integrada por los jefes de las unidades correspondientes a las medidas complementarias a implementar y las ya existentes.

Nivel de Ejecución. Conformado por las Unidades de Ejecución Integral.

Organigrama de posición

En este organigrama se establecen los organismos que participan en forma integrada en los diferentes niveles fijados en el organigrama estructural. (Ver Figura 12).

Estructura matricial

Con ella se determina la Unidad de Coordinación Básica y las Unidades de Apoyo y su relación con los programas de ejecución, mediante una integración vertical y horizontal, para mejorar la eficiencia del nivel de ejecución de la estructura organizativa. (Apendice 19).

Organigrama estructural en su primera etapa

En donde se establece la participación de un Consejo Consultivo como asesor de la Unidad de Coordinación Básica. (Apendice 19).

Organigrama estructural en su segunda etapa

Transcurridos los primeros años de la puesta en práctica de este esquema organizativo y de ejecución de las medidas complementarias, el Consejo Consultivo se transforma en Consejo Económico. (Apendice 19).

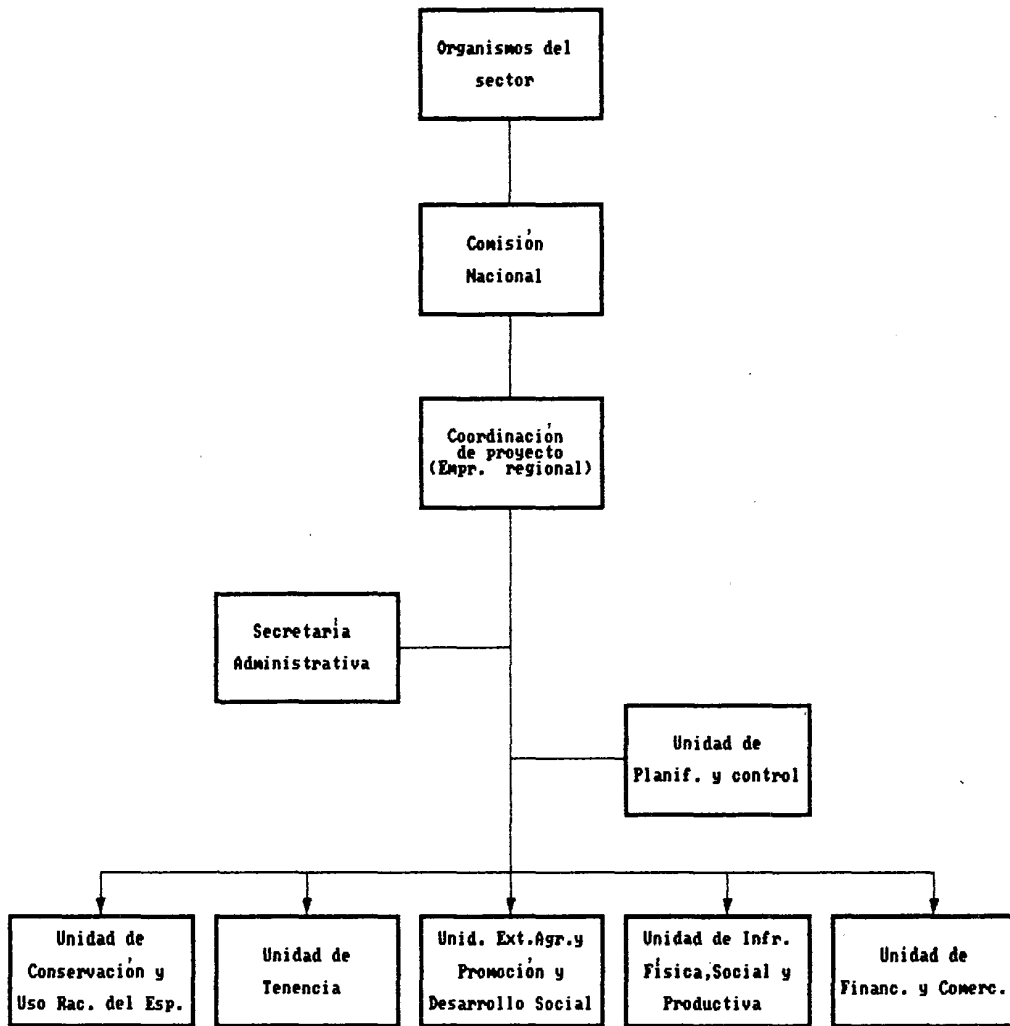


Figura 11. Organigrama estructural del Sistema de Riego Cojedes-Sarare Las Majaguas-Las Palmas

Fuente: Comisión Nacional (1987) con adaptaciones propias

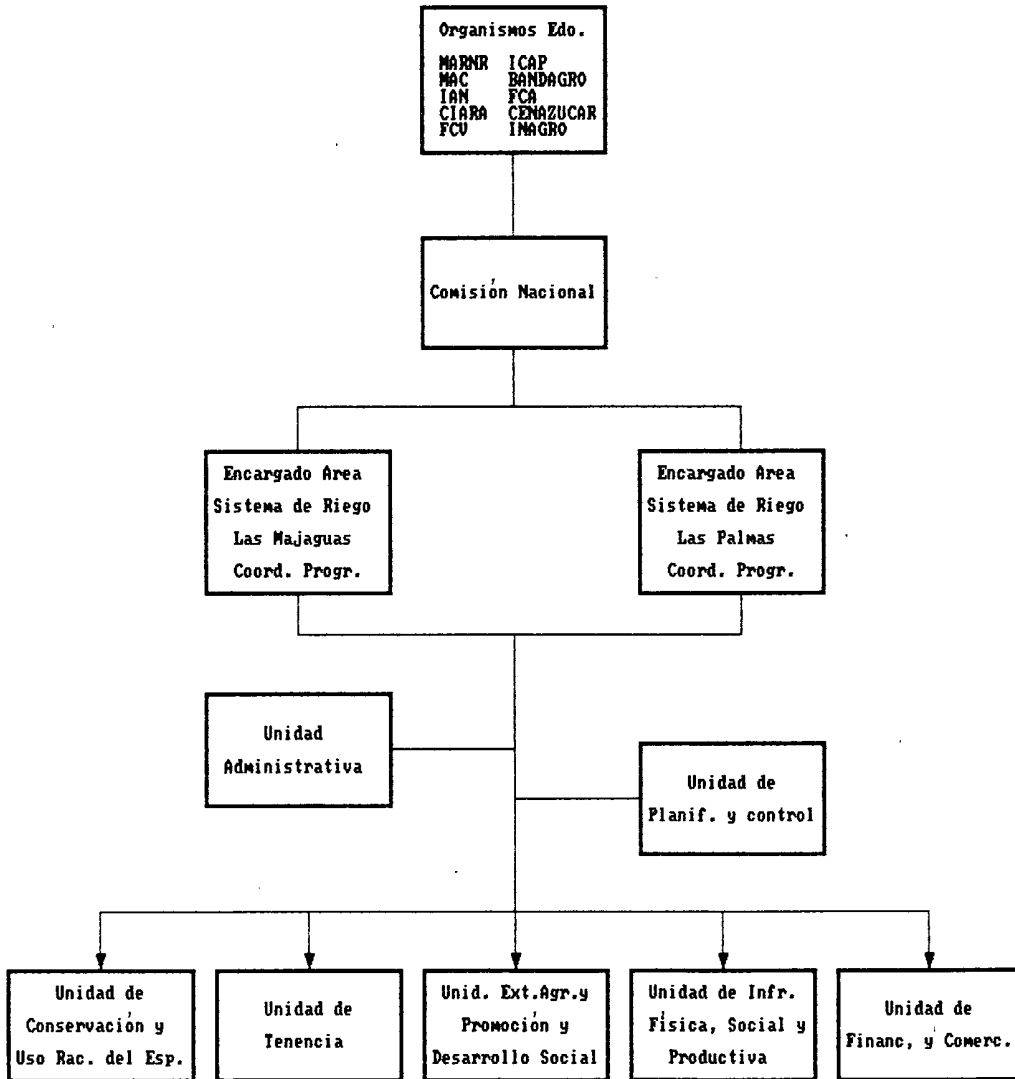


Figura 12. Organigrama de posición del Sistema de Riego Cojedes-Sarare Las Majaguas Las Palmas

Fuente: Comisión Nacional (1987) con adaptaciones propias

Organigrama estructural en su tercera etapa

Con el cumplimiento de las metas establecidas para las Medidas Complementarias, ya se habrán establecido las bases para la creación de un Municipio Agrario con la participación plena de los agricultores en la toma de decisiones.

Consejo Consultivo

Tal como lo reporta la Comisión Nacional (1987), las organizaciones campesinas existentes en el Sistema de Riego Las Majaguas, se caracterizan por una serie de situaciones que no permiten que ellas alcancen su pleno desarrollo. Estos problemas se observaron por igual en la zona a desarrollar con el embalse Las Palmas, para los asentamientos campesinos allí existentes. Entre las situaciones mencionadas se tiene:

- Atomización de las organizaciones y un liderazgo de productores con escasa influencia sobre la comunidad.
- El incumplimiento frecuente de las necesidades crediticias, o servicio inoportuno por parte de las organizaciones estatales hacia las organizaciones económicas específicamente. Aunque también existe un alto grado de morosidad por parte de los productores.
- Problemática en la consecución y contratación de los servicios agrícolas (mecanización, cosecha e insumos).
- Las organizaciones económicas, tanto campesinas como empresariales, no participan de las decisiones que se hagan sobre ellas; las decisiones son tomadas a nivel de las instituciones estatales sin considerar a los productores.

Este conjunto de limitaciones que inciden en el desarrollo integral de las organizaciones, podría solventarse mediante la creación de un Consejo Consultivo, que en los primeros años (primera etapa) de desarrollo del sistema (o de implementación de este esquema organizativo, en el caso de Las Majaguas) funcionaría como asesor de la Jefatura del Sistema, trasmitiéndole sus problemas y necesidades y las soluciones por ellos propuestas. En la segunda etapa este Consejo Consultivo se transformaría en un Consejo Económico que administraría el sistema de riego tomando en sus manos las labores de operación y mantenimiento, así como el manejo de los beneficios por él derivados. En una tercera etapa, este Consejo Económico sentaría las bases para el establecimiento de un Municipio Agrario con autonomía total, descentralizando de esta forma el sistema de riego.

Organización del Consejo Consultivo

El Consejo Consultivo estaría constituido por:

Comite Ejecutivo. Integrado por 9 miembros distribuidos en los siguientes cargos:

Secretario General, Secretario de Organización y Planificación, Secretario de Finanzas, Secretario de Actas y Correspondencias, Secretario de Cultura y Recreación, Secretario de Disciplina y 1°, 2° y 3° Vocal.

Comite Asesor. Este comite estaría integrado por personas idóneas sobre los aspectos económicos, técnicos, políticos y culturales, principalmente miembros de la comunidad, y serian los asesores del Comite Ejecutivo.

Asamblea de Productores. La asamblea estaría integrada por los miembros de la comunidad económica del sistema, pertenecientes a la áreas de producción agrícola (campesinos y empresarios), comercialización y agroindustrias.

Esta asamblea designaria y/o renovaria a los miembros del Comite Ejecutivo mediante votación.

Objetivos del Consejo Consultivo

El Consejo Consultivo ejecutaría los ojetivos siguientes:

- Agrupar a las organizaciones económicas en función de intereses socio-económicos comunes.
- Representar a los productores en calidad de asesor ante la autoridad del sistema.
- Planificar las actividades agrícolas tales como la producción, la comercialización y agroindustria a desarrollarse en el sistema.
- Planificar la creación de empresas, bien sea para la explotación, la comercialización, servicios y agroindustrias, de acuerdo a las exigencias de la comunidad económica y social del sistema.
- Organizar y planificar la consolidación de las empresas campesinas existentes.
- Participar en el desarrollo social de la comunidad.
- Participar en las acciones tomadas por las autoridades del sistema.