

REPUBLICA DOMINICANA

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

CENTRO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSION

IICA - CEPPI

CONVENIO IICA/BID ATN/SF-3185-RE

PROYECTO DESARROLLO AGRICOLA SUSTENTABLE

EN SAN JUAN DE LA MAGUANA

PRODAS

DIAGNOSTICO BIOFISICO

Elaborado por:

Jaime Ramírez Rivera
Consultor IICA-CEPPI
en Manejo de Cuencas
Hidrográficas

Santo Domingo, Febrero de 1992

CONTENIDO

Pág.

RESUMEN EJECUTIVO	1
I. ASPECTOS BIOFISICOS	6
A. Caracterización Biofísica de la Cuenca	6
1. Localización y Extensión	6
2. Población	6
3. Infraestructura Vial y Accesibilidad	8
4. Geología y Geomorfología	8
5. Hidrografía	11
6. Pendiente del Terreno	12
7. Clima y Zonas de Vida	12
8. Suelos	17
9. Uso Actual de la Tierra	20
10. Recursos Forestales	22
11. Zonas Protegidas y Parques Nacionales	22
12. Recursos Piscícolas	23
II. DIAGNOSTICO BIOFISICO DE LA CUENCA	24
A. Uso Potencial Mayor de los Suelos	24
B. Conflictos de Uso de las Tierras	26
C. Erosión y Sedimentación	28
1. Determinación del Factor R	29
2. Determinación del factor K	29
3. Determinación del Factor (LS)	30
4. Determinación del Factor C	30
5. Determinación del Factor P	31
D. Sedimentación	33
1. Determinación de Q y qp	35
2. Determinación de KLSCP para la Cuenca Alta	36
3. Determinación de los Sedimentos	37
4. Estimación de la Erosión Total de la Cuenca Alta	38
5. Retención de Sedimentos en el Embalse	39
III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL DIAGNOSTICO BIOFISICO	40
A. RESULTADOS	40
1. Recursos Forestales	40
2. Recursos Agroforestales	41
3. Recursos Pecuarios	41
4. Recursos Agrícolas	41
5. Erosión y Sedimentación	42
B. RECOMENDACIONES	42

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE MAPAS

ESCALA

Mapa Básico	1:50.000
Mapa Geológico	1:50.000
Mapa de Zonas de Vida	1:50.000
Mapa de Pendientes del Terreno	1:50.000
Mapa de Uso Actual de la Tierra	1:50.000
Mapa de Uso Potencial Mayor del Suelo	1:50.000
Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra	1:50.000
Mapa de Erosión	1:50.000

El presente estudio se realizó en el área de estudio que se muestra en el mapa adjunto, ubicada en la zona de San Juan de los Rios, en el Distrito de Riego, y Veta y Cuarta de Riego, con áreas de 44.475, 58.080 y 50.780 ha, respectivamente.

Se elaboró a continuación el Mapa Básico a escala 1:50.000, con la hidrografía, los caminos, los puntos de riego principales, los asentamientos humanos, los límites de las subcuencas y del Parque Nacional José del Carmen Ramírez; el lugar que los mapas temáticos, en la misma escala, de Zonas de Vida (según el Hidrología, Pendientes del Terreno, Profundidad y Textura de los Suelos, Uso Actual de la Tierra, Capacidad de Uso Mayor de los Suelos y Conflictos de Uso de la Tierra, todos los mapas se redimensionaron a escala 1:50.000, por ser la más adecuada en razón al tamaño del área del Proyecto y por no existir planes de mayor escala en el País.

La metodología empleada para la clasificación y zonificación del uso potencial mayor de los suelos, ha sido el método adaptado del estudio elaborado para definir el "Uso Recomendado del Suelo" (NACSA-CIAT, 1983). En esta metodología se estructura por primera vez el concepto del uso potencial mayor agropecuario, como sistema de producción integrado sobre los recursos agropecuarios (en sus desventajas) y los usos terrestres (en sus oportunidades). Metodología que permite clasificar un campo en el uso de la tierra para las zonas con conflictos de uso, donde el campo puede ser punto de vista técnico y económico, pero no necesariamente el punto de vista social y económico para la comunidad objeto de intervención.

La zonificación del uso potencial de la tierra con el uso potencial mayor, permite identificar las zonas con Conflictos de Uso y establecer el punto correspondiente, mediante la clasificación en 3 categorías y el tiempo de una matriz de consideración para definir el grado de conflicto en: Uso Adecuado (A) cuando coinciden el uso actual y el potencial, uso Inadecuado (I) y Muy Inadecuado (MI) cuando el uso actual es mayor al que potencialmente puede recibir el suelo en forma adecuada (Bastante, Moderadamente) y Subadecuado (SA) y Muy Subadecuado (MSA) cuando el uso actual es mayor del que podría utilizarse en el suelo, sin causar efectos adversos sobre la producción y el uso sostenible de los suelos.

Después de conocer la magnitud y la extensión de la problemática relacionada con el uso de los suelos, se procedió a evaluar las zonas de gestión para cada una de las subcuencas en que se estructuró la división del área, mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE (Whitcomb y Smith)).

La estimación de los valores de la erosión y la ponderación por áreas, sumando la importancia de prácticas culturales de conservación de suelos (factor P = 1), mediante el método de los valores de Erosión con los valores de las pérdidas de suelo en toneladas métricas/ha, se pudo calcular la pérdida y otros los promedios para cada subcuenca y para el total de la Cuenca.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento contiene el informe sobre los resultados del trabajo llevado a cabo durante 1.5 meses de intensa dedicación de todo el personal del área de Ordenación y Manejo Ambiental, bajo la orientación técnica del consultor.

Mediante la recopilación, ordenación y depuración de la información disponible, se elaboró la caracterización y zonificación biofísica del área comprendida por la cuenca del río San Juan, desde el punto de referencia establecido en la confluencia del río Los Baos, el valle adyacente de la cuenca vecina del río Macasías, afluente del río Artibonito, y el pequeño valle contiguo de la margen derecha aguas abajo del punto de referencia; integrantes estos dos últimos del área de influencia del Proyecto de Riego Sabaneta (PRISA).

A. Metodología Empleada

Inicialmente se dividió el área en cuenca Alta a partir de la presa de Sabaneta), cuenca Media entre la presa de Sabaneta y el límite del Distrito de Riego, y Valle o Distrito de Riego, con áreas de 44.470, 58.350 y 20.780 ha, respectivamente.

Se elaboró a continuación el Mapa Básico a escala 1:50.000, con la hidrografía, los caminos, los canales de riego principales, los asentamientos humanos, los límites de las subcuencas y del Parque Nacional José del Carmen Ramírez; al igual que los mapas temáticos, en la misma escala, de Zonas de Vida (sistema de Holdridge), Pendientes del Terreno, Profundidad y Textura de los Suelos, Uso Actual de la Tierra, Capacidad de Uso Mayor de los Suelos y Conflictos de Uso de la Tierra. Todos los mapas se confeccionaron a escala 1:50.000, por ser la más apropiada en razón al tamaño del área del Proyecto y por no existir planos de escalas mayores en el País.

La metodología empleada para la clasificación y zonificación del uso potencial mayor de los suelos, fue especialmente adaptada del sistema elaborado para definir el "Uso Recomendable del Suelo" (ACDI-CDMB, 1985). En esta metodología se introduce por primera vez el concepto del uso potencial mayor agroforestal, como sistema de producción intermedio entre los sistemas agropecuarios (de tipo desarrollista) y los usos forestales (de tipo conservacionista). Modalidad que permite impulsar un cambio en el uso de la tierra para las zonas con conflictos de uso, menos drástico desde el punto de vista técnico y más aceptable desde el punto de vista social y económico para la comunidad objeto de intervención.

La confrontación del uso actual de la tierra con el uso potencial mayor, permitió identificar las zonas con Conflictos de Uso y elaborar el plano correspondiente, mediante la clasificación en 5 categorías y el empleo de una matriz de comparación para calificar el grado de conflicto en: Uso Adecuado (A) cuando coincidieron el uso actual y el potencial, usos Inadecuado (IN) y Muy Inadecuado (MIN) cuando el uso actual fue mayor del que potencialmente podría resistir el suelo en forma sostenida (sobreuso, sobrepastoreo) y Subutilizado (SU) y Muy Subutilizado (MSU) cuando el uso actual fue menor del que podría establecerse en el suelo, sin causar efectos adversos sobre la producción y el uso sostenido de los suelos.

Luego de conocer la magnitud y la extensión de la problemática relacionada con el uso de los suelos, se procedió a estimar las tasas de erosión para cada una de las subcuencas en que previamente fue dividida el área, mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo - USLE (Wischmeier y Smith).

La superposición de los valores de la ecuación y la ponderación por áreas, asumiendo la no existencia de prácticas culturales de conservación de suelos (factor $P = 1$), produjo un mapa de los Índices de Erosión, con los valores de las pérdidas de suelo en toneladas métricas/ha/año para cada unidad mapeada y con los promedios para cada subárea y para el total de la Cuenca.

B. Resultados

Se infiere del análisis realizado que, fuera del Parque Nacional, sólo existen unas 1.000 ha de **bosque** en la cuenca Alta y que a la vez, hay unas 8.400 ha inadecuadamente cubiertas de pastizales, donde podría ejecutarse un programa de repoblación forestal. Existen además unas 600 ha de bosque en la cuenca Media y la posibilidad de incorporar 3.700 ha más, que aparecen como de uso inadecuado en pastizales.

Existe un vasto potencial de suelos localizados principalmente en la cuenca Media, con vocación para el desarrollo de sistemas de **cultivo de tipo agroforestal** y/o para la siembra de bosques comerciales, básicamente de tipo energético. Aparecen 400 ha utilizadas adecuadamente (posiblemente en café con sombrero) y podría pensarse en la incorporación de 29.000 ha adicionales; mediante la inducción de un cambio sobre 18.000 ha de la cuenca Media y 9.000 ha de la cuenca Alta, actualmente con uso inadecuado en sistemas agropecuarios no sostenibles, y sobre 2.000 ha subutilizadas, localizadas la mayor parte en la cuenca Media.

El análisis muestra que de la extensión actual con cobertura de **pastos** (alrededor de 50.000 ha), sólo existen unas 8.000 ha con vocación ganadera.

En relación con los **cultivos agrícolas de ciclo corto**, el Valle cuenta con 17.300 ha en uso adecuado y con unas 3.100 ha susceptibles de ser incorporadas a la agricultura; las cuales aparecen como subutilizadas en matorrales y pastos, quizás por falta de riego en aquel entonces (1984), para unas 20.400 hectáreas en total.

La cuenca Media por su parte tiene 12.600 ha adecuadamente explotadas en cultivos de ciclo corto y unas 9.700 ha subutilizadas en pastos y matorrales principalmente, que podrían aprovecharse en la producción agrícola, si se ampliase la infraestructura de riego y se mejorase la red de caminos de penetración.

En la cuenca Alta no existen terrenos con vocación agrícola para cultivos de ciclo corto, por limitaciones de orden biofísico. Sin embargo, los datos sobre uso actual informan sobre la existencia de unas 700 ha cultivadas, lo cual sugiere la necesidad de implementar acciones de extensión y transferencia tecnológica apropiada, que beneficien a los 4.000 campesinos allí asentados y generen un cambio hacia sistemas de producción sostenidos, de acuerdo con la vocación de las tierras.

En materia de **cultivos agrícolas de tipo permanente**, existen unas 2.400 ha utilizadas adecuadamente, en buena medida localizadas en la cuenca Media (2.200 ha), al igual que un potencial de 4.500 ha adicionales, que podrían ser incorporadas en un futuro; localizadas en las cuencas Alta (1.800 ha) y Media (2.700 ha). Estas últimas provienen de 3.500 ha subutilizadas en pastos, matorrales y bosques, y de 1.000 ha inadecuadamente explotadas en cultivos de ciclo corto.

En general, las **pérdidas de suelo** en la cuenca del río San Juan podrían ascender a unas 185 ton/ha.año, estimándose en 219 ton/ha.año los aportes de la cuenca Media y en 198 ton/ha.año la erosión en la cuenca Alta. El Valle, por su topografía plana y la baja precipitación, no presenta pérdidas de suelo significativas.

La importancia del embalse de Sabaneta para el mantenimiento de la costosa infraestructura construida, sugirió el interés de calcular, aunque fuese por métodos indirectos, la **producción de sedimentos** y su posible entrega al Embalse; a fin de conocer el estado de su capacidad de almacenamiento y las actuales tendencias del proceso. Los cálculos indicaron el ingreso de 20.4 millones de toneladas métricas de sedimentos durante toda la vida del Embalse (12 años), para una

degradación específica de 38 ton/ha.año y equivalente a un 19% de la pérdida total de suelos que sufre la cuenca Alta.

La estimación del peso específico para las características promedias de estos sedimentos (1.28 ton/m³) y del coeficiente de atrape (0.97), produjo un total de 15.5 millones de metros cúbicos depositados hasta el presente en el embalse de Sabaneta. Situación que podría haber reducido la capacidad de almacenamiento del mismo, de 76.2 a 60.7 millones de m³ (80% de su capacidad), para una depositación promedio de 1.29 millones de m³.

Con base en estos datos, la vida útil calculada en el diseño del embalse de Sabaneta (50 años) no estaría garantizada. Sin embargo, los cálculos, a pesar de su alarmante resultado, son especulativos y sólo comprobables con mediciones batimétricas del fondo del Embalse. Batimetría que, además, podría permitir el ajuste de las fórmulas indirectas empleadas y la obtención de variables propias y adaptadas para las condiciones de las cuencas de la República Dominicana. ✓

C. Recomendaciones

Entre las conclusiones y recomendaciones que podrían derivarse del diagnóstico biofísico, se destacan:

1. La no existencia de planos en escalas superiores a 1:50.000, redujo la precisión con que fueron separadas las unidades topográficas (pendientes) y de suelos. Sería muy útil y deseable iniciar la restitución topográfica del área a escala 1:25.000, mediante la toma de **fotografías aéreas** en la misma escala; las cuales, además de permitir la restitución, podrían utilizarse para fotointerpretar el uso actual de la tierra y para definir la factibilidad de las propuestas de acción.
2. La antigüedad de la información sobre **zonas de vida** (OEA, 1967) y lo generalizado de las unidades climáticas clasificadas, sugiere la necesidad de calcular un nuevo trazado de isoyetas e isoterms, al igual que nuevas curvas de isoerosividad, con base en la mayor información hidroclimática disponible. La clasificación de las zonas de vida podría ser complementada con la correspondiente comprobación de campo, para hacer ajustes por vegetación.
3. De igual manera, la incertidumbre que genera la antigüedad de la zonificación sobre **uso actual de la tierra**, obliga a recomendar la elaboración de una nueva clasificación, mediante la obtención de fotografías aéreas o de imágenes de satélite (SPOT, SOYUS-KARTA), de escala adecuada, y su interpretación con los modernos medios de que dispone en la actualidad el Departamento de Inventarios de la SEA/SURENA.
5. Se recomienda establecer una **estación hidrográfica** en el río San Juan, antes de la desembocadura del río Los Baos; en la cual, además del aforo de caudales, se establezca un programa de mediciones sistemáticas de la calidad del agua servida, para conocer la incidencia del uso de agroquímicos y fertilizantes en el Valle.
6. En materia de **análisis de suelos**, se recomienda hacer reconocimientos de detalle en los territorios seleccionados para la implementación de proyectos piloto de validación y transferencia tecnológica.
7. El alto grado de deforestación y el consecuente avance del monocultivo de pastos, sobre terrenos de vocación forestal en las cuencas Alta y Media, obliga a iniciar con urgencia un masivo y vigoroso programa de **replantación forestal**, de tipo protector, dentro del Parque José del Carmen Ramírez y de tipo protector-productor en la cuenca Alta (por fuera del Parque) y en la cuenca Media en menor proporción.

8. Es indiscutible la necesidad de restaurar el área del **Parque Nacional** o al menos de establecer las medidas preventivas adecuadas y factibles para propiciar su recuperación natural.
9. Con el mismo orden de ideas, la gran proporción de tierras en pastizales y en menor extensión en cultivos de ciclo corto, usadas inadecuadamente en las cuencas Alta y Media, sustenta la implementación de un amplio programa de **extensión agroforestal**; para que a través de la educación ambiental, la capacitación y la transferencia de tecnología, se promueva un cambio en el uso de estos terrenos hacia sistemas de producción sostenidos, de tipo agroforestal.
10. El programa, podría incluir aspectos de **control y manejo del fuego** para reducir o evitar los daños y la frecuencia de incendios forestales, así como aspectos de vigilancia para impedir la invasión de colonos y ganados, en buena medida causantes de la desaparición de los bosques y de la detención de la sucesión natural.
11. El gran avance de la frontera pecuaria y la necesidad de revertir estos terrenos al uso forestal y agroforestal, evidencia la necesidad de incorporar en los programas de extensión, la inducción de cambios graduales en el uso de la tierra; mediante la validación y transferencia tecnológica en **sistemas intensivos de producción ganadera**, a fin de liberar tierras para la reforestación: sistemas estabulados y semiestabulados de confinamiento, siembra de pastos de corte, mejoramiento de hatos y pastizales, etc.
12. Para llenar vacíos de información y despejar las dudas sobre movimientos cíclicos de las ganaderías, es importante realizar un **censo ganadero** y muestreos representativos en diversas épocas del año. Con este conocimiento, podría definirse la viabilidad de las medidas de control y las acciones necesarias de educación ambiental y de transferencia tecnológica.
13. La escasez de corrientes superficiales y el alto porcentaje de tierras subutilizadas de la cuenca Media, eventualmente incorporables a la producción agrícola y agroforestal, sustentan claramente la necesidad de buscar alternativas en el uso del agua que generen una mayor **oferta hídrica**, junto con el establecimiento de un programa regular de mejoramiento y mantenimiento de caminos para la movilización de pasajeros y de carga.
14. Entre las posibles opciones para ampliar la **disponibilidad de agua** para la irrigación, podrían estar: la exploración, ubicación y cuantificación de reservas subterráneas; el almacenamiento adicional de la escorrentía en pequeños embalses y lagunas; la reducción de pérdidas en el sistema de riego del valle del San Juan y en los pequeños desarrollos privados de los grupos campesinos; el establecimiento de turnos de irrigación vespertinos y/o nocturnos; la inducción de un cambio hacia cultivos menos consumidores de agua; etc.
15. La erosión de la cuenca del río San Juan, que podría clasificarse entre alta y muy alta, aunada a la alta producción de sedimentos, es a todas luces alarmante y obliga a implementar medidas que contribuyan a detener el proceso erosivo en los sitios donde ocurre, mediante la promoción entre los campesinos de **prácticas de conservación de suelos y de control torrencial**, acompañadas de un amplio proceso de diversificación de cultivos y de cambio en el uso de la tierra hacia sistemas de producción sostenidas.
16. El **potencial piscícola y turístico del embalse** de Sabaneta, asociado a las posibilidades de turismo ecológico en el Parque Nacional José del Carmen Ramírez y a la necesidad de proveer nuevas fuentes de proteína animal para la población, permite considerar entre las acciones prioritarias de desarrollo y manejo de la Cuenca, la promoción de la acuicultura

a nivel de granja y de un aprovechamiento integral de las posibilidades piscícolas y turísticas del Embalse. La no existencia de planos de escalas superiores a 1:50.000, redujo la precisión con que podrían separarse las unidades topográficas y de suelos en la metodología empleada.

D. Personal Participante

Para realizar el presente diagnóstico participaron los ingenieros agrónomos Josefina Espailat y Eddy Pujols, especialistas del INDRHI en manejo de cuencas hidrográficas; el agrimensor Bienvenido Ramírez y el cartógrafo Santiago Hernández, técnicos del Departamento de Inventarios de la SEA/SURENA; los ingenieros agrónomos Rafael Fajardo King, Luis Hernández y Jesús María Pichardo, consultores nacionales, y el ingeniero forestal Jaime Ramírez Rivera, especialista internacional en manejo de cuencas hidrográficas.

DESARROLLO AGRICOLA SOSTENIBLE EN SAN JUAN DE LA MAGUANA

I. ASPECTOS BIOFISICOS

A. Caracterización Biofísica de la Cuenca

1. Localización y Extensión

El área del proyecto está situada en la región suroeste de la República Dominicana, tiene una extensión de 123.600 ha y contiene: la cuenca hidrográfica del río San Juan, afluente del río Yaque del Sur, desde la confluencia del río Los Baos (116.166 ha); la ladera derecha (2.788 ha) y el valle (3.611 ha) del extremo occidental adyacente, pertenecientes a la cuenca alta del río Macasías, y el pequeño valle aguas abajo en la margen derecha del río San Juan (1.035 ha); integrantes estos dos últimos valles del Proyecto de Riego Sabaneta (PRISA). Véase Figura N° 1.

Limita al norte con la cuenca del río Mao, afluente del río Yaque del Norte, al occidente con la cuenca del río Macasías, afluente del río Artibonito, al sur con la cuenca del río Los Baos y al oriente con la cuenca del río Mijo, ambos afluentes del río San Juan. La zona está localizada entre la Cordillera Central y la Sierra de Neiba, en la Provincia de San Juan, entre las coordenadas 18° -42' a 19° -11' de latitud norte y 71° -06' a 71° -33' de longitud al oeste de Greenwich.

Con fines de ordenación y manejo ambiental, el área fue dividida en subcuenca Alta con una extensión de 44.470 ha, a partir de la Presa de Sabaneta; subcuenca Media con una extensión de 58.350 ha, constituida por la ladera norte (44.310 ha) entre la Presa de Sabaneta y el límite del Proyecto de Riego y la ladera sur (14.040 ha) entre la divisoria topográfica de la Sierra de Neiba y el límite del Proyecto de Riego; y Valle (zona del proyecto de riego) con una extensión de 20.780 ha.

2. Población

Dentro del área del Proyecto se encuentra el municipio de San Juan de la Maguana, capital de la Provincia del mismo nombre, que es el centro donde se concentra la mayor actividad social y económica de la cuenca y de la Provincia. En su cabecera municipal reside el 20% de la población de la Provincia (380.900 habitantes) y allí se asientan sus principales jerarquías civiles, eclesiásticas y militares.

Según registros de la Oficina Nacional de Estadística (ONE), la Cuenca contiene una población proyectada a 1991, con base en el censo de 1981, de 174.900 habitantes para una densidad promedio de 141.5 hab/Km². De ellos un 52% son rurales (90.300 hab) y un 48% son urbanos (84.600 hab). Esta población se distribuye en 4.000 habitantes rurales para la subcuenca Alta (9 hab/Km²), 49.150 para la subcuenca Media (84.2 hab/Km²), en su mayoría rurales, y 37.150 para el Valle (178.8 hab/Km²), sin contar las cabeceras de San Juan (78.300 hab) y Juan de Herrera (6.300 hab).

MAPA DE:
 Ubicacion de la Cuenca del Rio San Juan

Escala: 1:250,000	Fecha: Enero 1992
-------------------	-------------------

- Signos convencionales
- Limite de la cuenca
 - Limite Provincial
 - - - Parque Nacional
 - ~ Rios y Arroyos
 - Carreteras
 - Poblados

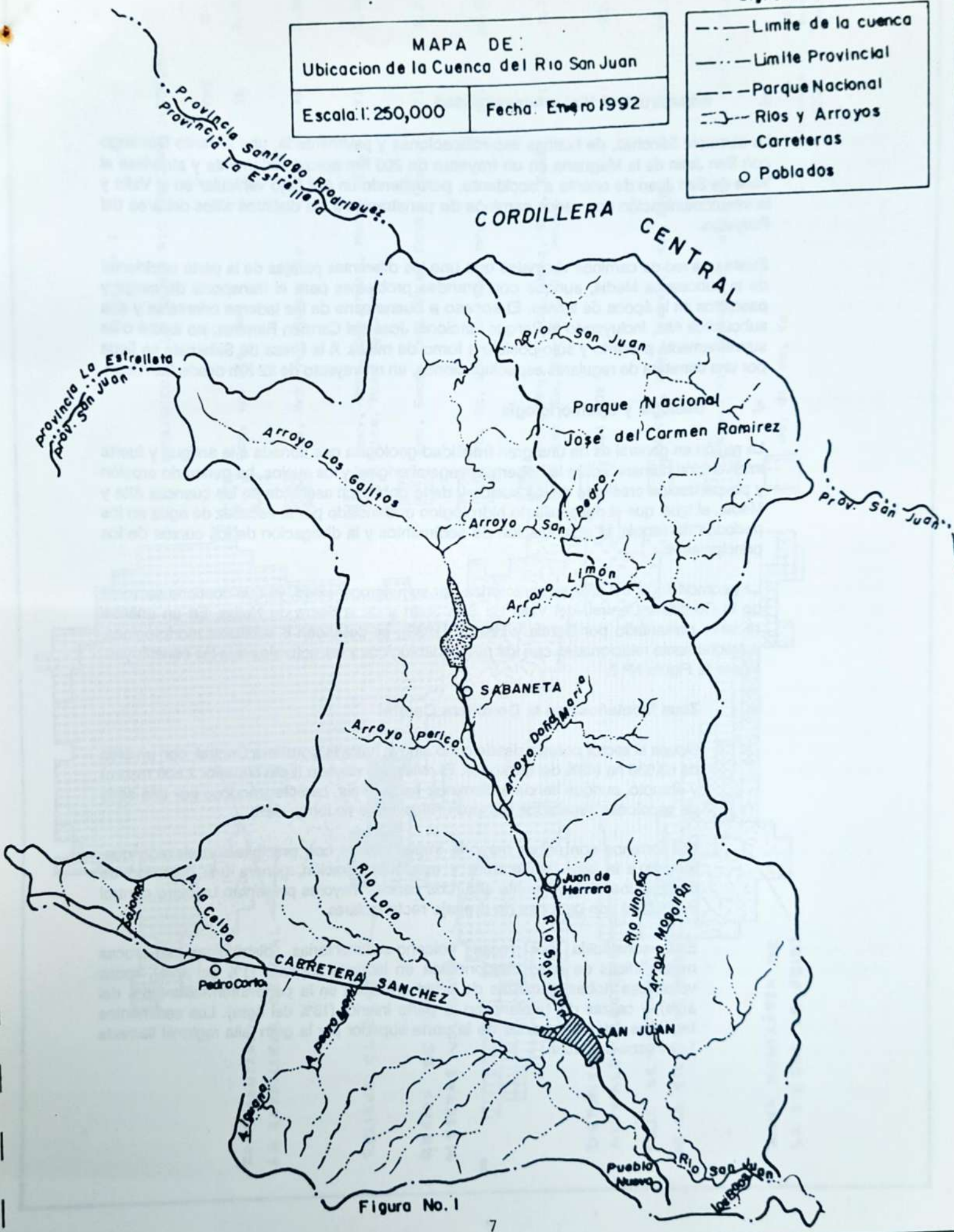


Figura No.1

3. Infraestructura Vial y Accesibilidad

La carretera Sánchez, de buenas especificaciones y pavimentada, une a Santo Domingo con San Juan de la Maguana en un trayecto de 200 Km aproximadamente y atraviesa el Valle de San Juan de oriente a occidente, permitiendo un ágil flujo vehicular en el Valle y la intercomunicación con varios caminos de penetración a los distintos sitios del área del Proyecto.

Existe una red de caminos vecinales que une los diferentes parajes de la parte occidental de la subcuenca Media, aunque con grandes problemas para el transporte de carga y pasajeros en la época de lluvias. El acceso a buena parte de las laderas orientales y a la subcuenca Alta, incluyendo el Parque Nacional José del Carmen Ramírez, no existe o es supremamente precario y sólo posible a lomo de mulas. A la Presa de Sabaneta se llega por una carretera de regulares especificaciones, en un trayecto de 22 Km desde San Juan.

4. Geología y Geomorfología

La región en general es de una gran fragilidad geológica que aunada a la antigua y fuerte intervención humana sobre la cobertura vegetal original y los suelos, ha generado erosión y pauperización creciente de los suelos y de la población asentada en las cuencas Alta y Media, al igual que el desequilibrio hidrológico evidenciado por la escasez de agua en los períodos de sequía, la acumulación de sedimentos y la divagación de los cursos de los principales ríos.

La geomorfología del área se caracteriza por su heterogeneidad, ya que contiene sectores de la Cordillera Central, del Valle de San Juan y de la Sierra de Neiba. En un análisis reciente presentado por García y Harms (1988), se describen 6 subáreas morfológicas, estrechamente relacionadas con los rasgos litológicos y estructurales que las constituyen. Véase la Figura Nº 2.

a. Zona Montañosa de la Cordillera Central

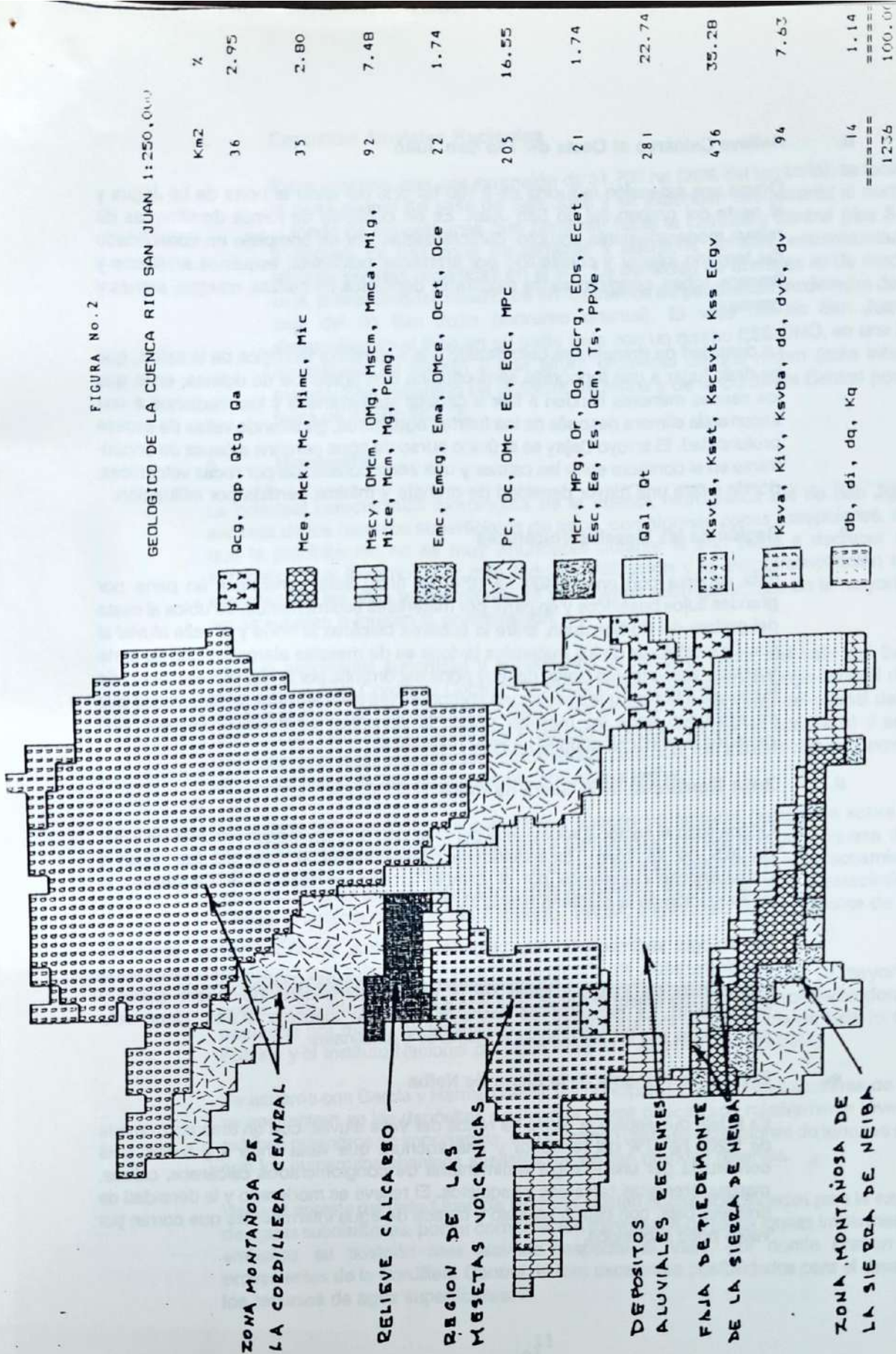
Ocupa el sector noreste desde el río Jinova hasta la Cordillera Central, con un área de 63.036 ha (49% del territorio). El relieve es elevado (cota superior 2.800 msnm) y abrupto, aunque tiende a disminuir hacia el sur, caracterizándose por una serie de espolones separados por profundos valles en forma de V.

Los terrenos son en su mayoría impermeables con precipitación elevada que, aunada a la baja temperatura y evapotranspiración, genera una densidad de drenaje considerablemente alta. Los cauces mayores presentan un claro control estructural con patrones de drenaje rectangulares.

Está constituida por rocas volcano-sedimentarias, distribuidas en rocas metamórficas de edad desconocida en la parte superior (1% del área), rocas volcánicas (tobas) y calizas de edad cretácica en la parte intermedia (35% del área), y calizas del terciario en la parte inferior (13% del área). Los sedimentos terciarios están separados de la parte superior por la gran falla regional llamada Los Pozos-San Juan.

FIGURA No. 2

GEOLOGICO DE LA CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



b. Relieve Calcáreo al Oeste del Río San Juan

Ocupa una extensión reducida de 2.100 ha (2% del área) al norte de La Jagua y al oeste del graben del río San Juan. Es un conjunto de lomas domiformes de relieve moderadamente abrupto, caracterizadas por un complejo no consolidado del terciario inferior y constituido por areniscas calcáreas, esquistos arcillosos y limosos, tobas, conglomerados calcáreos, depósitos de calizas, margas, arenas y gravas.

La densidad de drenajes es bajo debido a la naturaleza litológica de la caliza, que ha dado lugar a una topografía semi-cárstica con presencia de dolinas; en la que los cauces menores tienden a fluir a cauces subterráneos y los medianos a una escorrentía efímera después de los fuertes aguaceros, generando valles de escasa profundidad. El arroyo Dajay es el único curso de agua perenne a causa de encontrarse en el contacto entre las calizas y una zona constituida por rocas volcánicas, donde existe una mayor densidad de drenaje y mínima pérdida por infiltración.

c. Región de las Mesetas Volcánicas

Esta subárea con unas 9.400 ha (8% del área) está constituida en parte por grandes flujos basálticos y en parte por materiales sedimentarios. Se ubica al oeste del graben del río San Juan, entre la subárea calcárea al norte y el valle aluvial al sur. La morfología de los materiales lávicos es de mesetas alargadas con su parte superior relativamente plana, de muy poca escorrentía por la alta permeabilidad de las rocas, y bordes que descienden abruptamente a los terrenos sedimentarios que se extienden entre las mesetas donde la densidad de drenajes es baja, con patrones dendríticos aunque no muy marcados.

d. Zona Montañosa de la Sierra de Neiba

Ocupa todo el sector suroccidental del área con una cabida aproximada de 9.500 ha (8% del territorio), extendiéndose paralelamente al valle de San Juan y destacándose claramente por el cambio brusco de topografía. Representa la prolongación de la montaña Noires de Haití.

Su litología sedimentaria muy plegada de caliza, arenisca, marga, esquistos, conglomerados, etc., forma anticlinales y sinclinales que constituyen la expresión morfológica de lomas y valles de la región, en general de relieve suave y redondeado. La densidad de drenajes varía de mediana a alta, claramente controlados por las estructuras anticlinales y sinclinales.

e. Faja de Piedemonte de la Sierra de Neiba

Es la faja que separa la Sierra de Neiba del Valle aluvial, con un área aproximada de 9.200 ha (7% del territorio) y una anchura que varía entre 4 y 5 Km. Está constituida por una litología sedimentaria de conglomerados calcáreos, calizas, margas, areniscas calcáreas y esquistos. El relieve es moderado y la densidad de drenajes baja, con patrón paralelo y cursos de agua intermitentes que corren por valles poco profundos.

f. Depósitos Aluviales Recientes

Estos terrenos, con una extensión de 31.700 ha (26% del territorio), se localizan en la parte central del valle de San Juan y se extienden lateralmente al norte, hasta el fondo de los grábenes que penetran hacia la Cordillera Central (ríos San Juan y Jinova). Es una zona de terrazas y abanicos fluviales, entremezclados con algunas coladas basálticas en el sur. La densidad de drenajes es de moderada a baja, presentándose meandros en los tramos de pendientes moderadas de la parte baja del río San Juan (extremo oriental). El valle del río San Juan cruza diagonalmente el área en su parte baja con un rumbo ESE-ONO, en una longitud aproximada de 20 Km y una altura promedio de 500 msnm (cota inferior 400 msnm). Está separado de la Sierra de Neiba y de la Cordillera Central por sendas fallas de rumbo NO-SE.

5. Hidrografía

La principal característica hidrológica de la cuenca hidrográfica del río San Juan es la escasez de los recursos superficiales de agua, con algunas pocas excepciones, debido a que la precipitación no es muy abundante durante el año (llega a decrecer casi por completo en el invierno). Por otro lado, la infiltración y la evapotranspiración son muy elevadas por las altas temperaturas de su régimen subtropical, que en la mayoría de las veces superan o igualan la precipitación.

Toda la escorrentía superficial y subterránea va hacia el centro del valle del San Juan, viajando desde la Cordillera Central y la Sierra de Neiba, siguiendo luego hacia el río Yaque del Sur al este y al río Macasías al oeste. No se tienen mediciones del caudal del río San Juan en el punto de referencia del Proyecto (confluencia del río Los Baos) y sería muy deseable establecer una estación hidrométrica, para conocer los cambios que experimenta su caudal luego de los aprovechamientos aguas arriba.

En materia hidrogeológica, el control que ejercen los factores geológicos sobre el Valle, con predominio de materiales altamente permeables, genera una gran riqueza de aguas subterráneas y de acuíferos, que dan a la zona un alto potencial de aprovechamiento. Los mismos no están siendo explotados en la actualidad, en razón al buen abastecimiento que provee el sistema de riego del Proyecto PRISA, alimentado por el embalse de la presa Sabaneta.

No existen estudios que cuantifiquen los caudales de estos acuíferos. La mayoría de los pozos perforados en el área son casi exclusivamente para el abastecimiento doméstico y operados por medio de malacates, suministrados por la Secretaría de Estado de Salud Pública y el Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (INAPA).

De acuerdo con García y Harms (1988), las principales posibilidades acuíferas de la región se encuentran en los depósitos de los ríos cuyos cauces son relativamente jóvenes y no exhiben meandros de importancia. Estos forman grandes extensiones de terrazas que junto con los numerosos abanicos aluviales, presentan grandes reservas.

Hacia el noreste del Valle (Juan de Herrera) existen pocas posibilidades para la explotación de aguas subterráneas, por su composición mayoritaria de rocas ígneas impermeables. Sin embargo, su posición más elevada respecto al Valle, por donde drenan los ríos provenientes de la Cordillera Central, le dan excelentes posibilidades para el desarrollo de los recursos de agua superficiales.

En cuanto a acueductos rurales y sistemas de riego no controlados por la presa de Sabaneta, existen aprovechamientos en la cuenca Media, abastecidos directamente por el río San Juan y sus afluentes, que benefician unas 4.600 ha agrícolas.

Río Maguana: cinco tomas directas para irrigar 150 ha y los acueductos de Los Antiles y Maguana, Canal Maguana que irriga 500 ha de las comunidades de Maguana Arriba, Maguana al Medio, Maguana Abajo, el Higuerito y Hato Nuevo y Canal Los Antiles que irriga unas 850 ha.

Arroyo Doña María: recibe en la temporada seca agua adicional del canal Los Antiles e irriga unas 300 ha.

Arroyo Dajay: varias tomas directas que irrigan unas 400 ha.

Río Yábano: Canal El Yábano que irriga unas 300 ha.

Arroyo Mogollón: irriga unas 600 ha.

Río San Juan: entre las tomas del Canal J.J. Puello y el Canal San Juan, existen unas 70 tomas directas que irrigan aproximadamente 1.500 ha.

6. Pendiente del Terreno

La pendiente, definida como la inclinación del terreno respecto a un plano horizontal, fue previamente separada y clasificada por el Departamento de Inventarios de la SEA/SURENA, sobre mapas topográficos en escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Universitario (IGU), en las clases de 0-4 %, 4-8 %, 8-16 %, 16-32 %, 32-40 % y > 40%. Estos rangos de pendiente fueron incorporados en la metodología empleada, a fin de servir como rangos permisibles para clasificar los diversos usos potenciales mayores del suelo.

La Figura Nº 3 ilustra las diferentes clases de pendiente encontradas en la zona del Proyecto. En la cuenca Alta, existen 28.416 ha (64%) con pendientes superiores al 32% y 8.895 ha (20%) en el rango de 16-32%. En la cuenca Media la mayoría de las pendientes se ubican en el rango de 0-8% con 26.932 ha (46%), 9.475 ha (16%) en el rango de 16-32% y 15.560 ha (27%) superiores al 32%. En el Valle se aprecian los mayores porcentajes en el rango de 0 a 4% con 18.494 ha (89%).

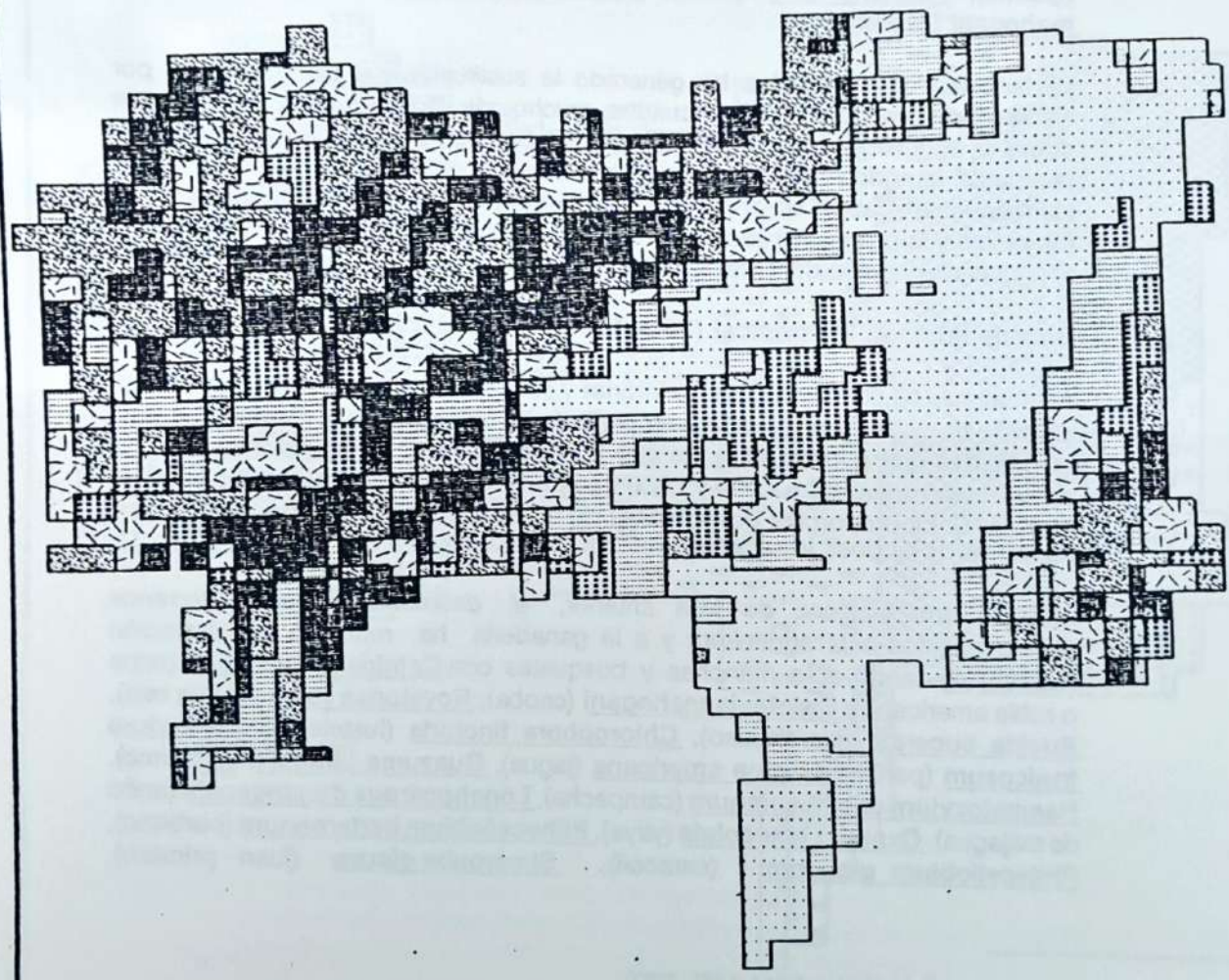
7. Clima y Zonas de Vida

Los grandes sistemas de vientos, el relieve, la posición geográfica y la influencia marina condicionan la variabilidad climática que se observa en la región. El clima es subtropical y relativamente seco, por su ubicación en el lado sotavento de la Cordillera Central. La estación Los Valencios situada en la cuenca Alta (1.160 msnm) registra una temperatura promedio de 20° C y una precipitación de 1.100 mm anuales. La estación San Juan de la Maguana (409 msnm) registra una temperatura promedio de 25° C y una precipitación de 680 mm anuales.

En general los inviernos son secos y los veranos lluviosos. Las oscilaciones de temperatura promedio entre los meses cálidos y fríos alcanza de 2 a 3° C aproximadamente. Las lluvias se concentran en los meses de Abril a Octubre para la parte alta y de Mayo a Octubre para la parte baja. Mayo resulta ser el mes mas lluvioso y Enero el mes mas seco y frío del año. Las mayores temperaturas se registran en Septiembre.

FIGURA No.3

PENDIENTE CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



	Km2	%
0 A 4	337.55	27.31
4 A 8	183.36	14.84
8 A 16	91.63	7.41
16 A 32	183.70	14.86
32 A 40	262.18	21.21
> DE 40	177.58	14.37
=====		100.00
1236.00		

El Mapa de Zonas de Vida ¹ elaborado por la OEA en 1967, a escala 1:250.000, fue transferido al Mapa Básico (1:50.000) para establecer las grandes unidades climáticas del área del Proyecto. De acuerdo con la descripción contenida en el Perfil Ambiental del País (AID, 1981), en el área del Proyecto se presentan las siguientes zonas de vida (véase la Figura N° 4):

a. Bosque seco Subtropical (bs-ST)

Tiene una extensión aproximada de 30.900 ha (25% del área) y cubre el valle central del río San Juan y las estribaciones de la Cordillera Central y del Valle de Neiba, con alturas entre 400 y 700 msnm. La precipitación anual varía entre 500 y 1.000 mm y la biotemperatura entre 18 y 24 °C. La proporción de evapotranspiración potencial es de 1 a 2 veces la precipitación.

La vegetación natural de esta zona de vida consiste de bosques bajos, de abundantes especies latifoliadas y de un solo estrato, entre cuales se destacan algunas especies arbóreas de excepcional madera dura y pesada, como el Guaiacum officinale (guayacán). Entre los árboles más abundantes están: Prosopis juliflora (prosopis), Acacia farnesiana (cambrón), Bursera simaruba (almácigo), Phillostylon brasiliense (baitoa), Acacia scleroxyla (candelón), Inga vera (guamo), Plumeria alba (alelis), Sabal umbraculifera (cana) y Swietenia mahogani (caoba).

La fertilidad de sus suelos ha generado la sustitución del bosque inicial por sistemas de producción agropecuarios, muchos de ellos con altos rendimientos como la agricultura bajo riego del valle del San Juan. En las tierras de mayor pendiente, la agricultura de secano con cultivos de ciclo corto, el corte de leña y los rebaños de cabras sin confinamiento, han producido un desgaste excesivo de los suelos y la progresiva pauperización de estas tierras y de sus pobladores, con síntomas alarmantes de desertificación.

b. Bosque húmedo Subtropical (bh-ST)

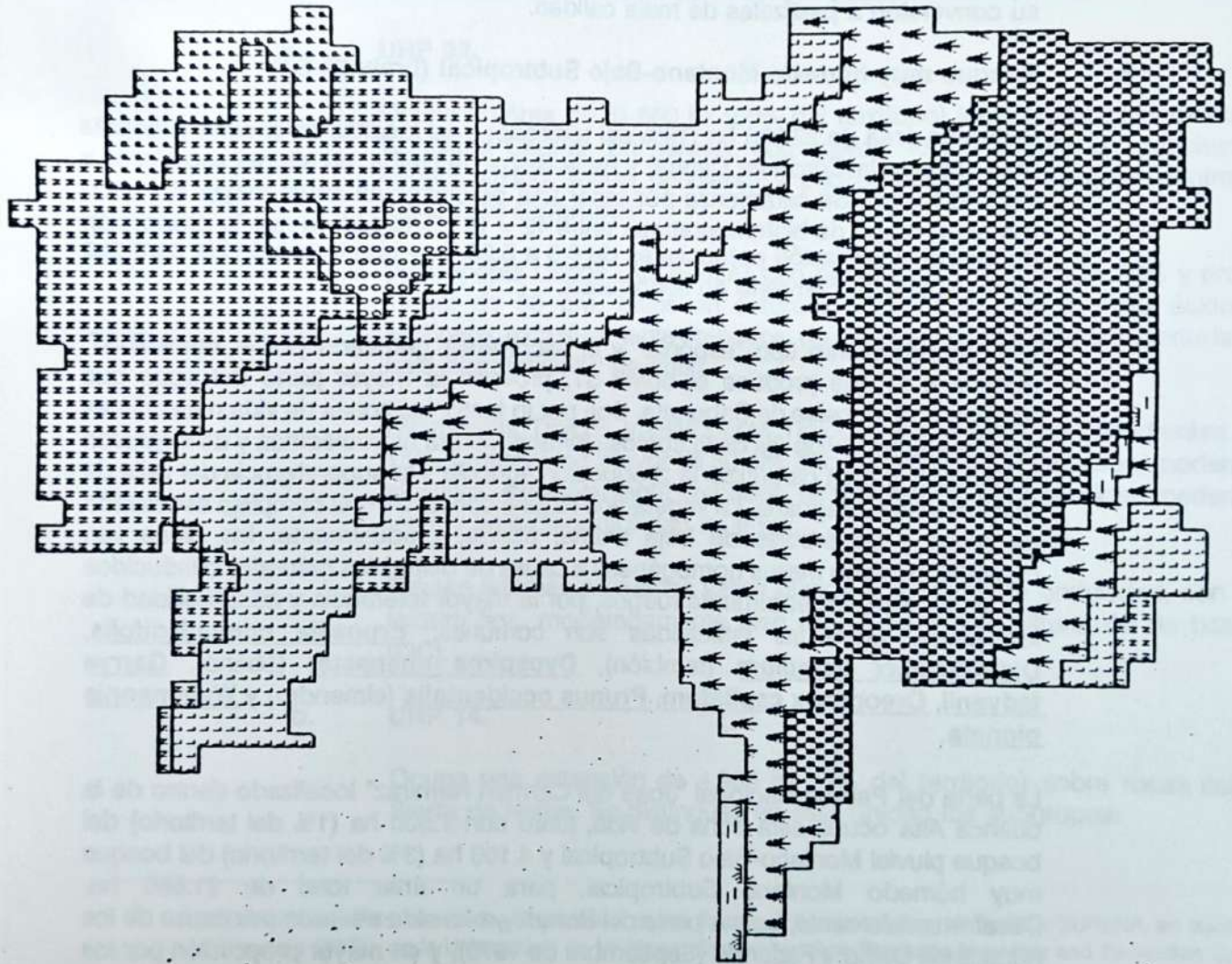
Abarca unas 33.800 ha (27% del territorio) y se localiza en las laderas y en el norte del valle del San Juan, así como en parte de la ladera sur de la Sierra de Neiba, en altitudes que oscilan entre los 400 y 700-800 msnm. Se caracteriza por una precipitación anual entre 1.000 y 1.500 mm y un promedio de biotemperatura entre 18 y 24 °C. La proporción del potencial de evapotranspiración es de 1 a un poco menos de 1, es decir levemente inferior a la precipitación.

Al igual que la zona de vida anterior, el desmonte de estos terrenos para dedicarlos a la agricultura y a la ganadería ha reducido la vegetación natural, quedando sólo manchas y bosquetes con Catalpa longisiliqua (capa o roble americano), Swietenia mahogani (caoba), Roystonea regia (palma real), Bucida buceras (guaranguao), Chlorophora tinctoria (fustete), Citharexylum fruticosum (penda), Genipa americana (jagua), Guazuma ulmifolia (guácima), Haematoxylum campechianum (campeche), Lonchocarpus domingensis (anón de majagua), Oxandra lanceolata (yaya), Pithecellobium bertereanum (corbano), Phitecellobium glaucum (caracol), Simarouba glauca (juan primero),

¹ Según el sistema diseñado por L. R. Holdridge (1947, 1967, 1987)

FIGURA No.4

ZONA DE VIDA DE LA CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



	Km2	%
bh - S	324	26.21
bh - S < V	14	1.14
bs - S	309	25.00
bh - MB	305	24.70
bmh - MB	228	18.43
bp - MB	15	1.21
bmh - M	41	3.33
	1256	100.00

Tetragastris balsamifera (amacey), Anacardium occidentale (cajuil), Coccoloba pubescens (hojancha), Curatella americana (peralejo), Tabebuia berterii (aceituno) y Threma micrantha (memizo).

c. Bosque húmedo Montano-Bajo Subtropical (bhMB-ST)

Ocupa un área de 30.500 ha (25% del territorio) localizadas en las laderas mas altas de la Cordillera Central y de la Sierra de Neiba, a mas de 800 msnm. Se caracteriza por un rango de precipitación anual entre 900 y 1.800 mm y biotemperaturas entre 12 y 18 °C. La proporción de evapotranspiración potencial es inferior a 1, es decir una cantidad menor al agua precipitada.

La vegetación natural está formada principalmente por bosques ralos de Pinus occidentalis (pino) y en menor proporción de Juniperus gracilior (sabina) y Podocarpus buchii (podocarpo). Entre las latifoliadas se encuentran Guazuma tomentosa, Garrya fadyenii, Rapanea ferruginea y Vaccinium cubense. Buena parte de estos terrenos han sido deforestados o seriamente degradados con técnicas y sistemas de cultivo inapropiadas, sobre suelos que en su gran mayoría son de vocación forestal. El resultado ha sido una severa erosión de los suelos, con gran pérdida de sus horizontes superiores y de su fertilidad, la acumulación de sedimentos en las tierras bajas y en el embalse de Sabaneta, y el abandono o su conversión a pastizales de mala calidad.

d. Bosque muy húmedo Montano-Bajo Subtropical (bmhMB-ST)

Cubre un área de 22.800 ha (19% del territorio) y se localiza en la cima y laderas mas altas de la Cordillera Central y de la Sierra de Neiba, en alturas superiores a los 800 msnm. Se caracteriza por tener una precipitación anual mayor de 2.000 mm y un rango de biotemperaturas entre 12 y 18 °C. Debido a que la proporción de evapotranspiración potencial es de 0.5 a 0.25, hay una considerable cantidad de lluvia que se convierte en escorrentía.

El comportamiento tipo "esponja" y la escorrentía generada por el bmhMB-ST, aunada a la que produce el bhMB-ST, proveen la mayor parte del agua que almacena el embalse de Sabaneta. Son por lo tanto, las zonas de vida mas críticas para asegurar la vida útil de la costosa infraestructura hidroeléctrica y de irrigación construída, y para garantizar la producción agrícola y la supervivencia del valle de San Juan de la Maguana. La vegetación natural consta de una compleja asociación de pinos y de árboles de hoja ancha; donde, gradualmente, los pinos van convirtiéndose en masas homogéneas a causa de disturbios naturales o inducidos por el hombre, especialmente fuegos, por la mayor tolerancia y adaptabilidad de los pinos. Entre las latifoliadas son comunes: Brunellia comocladifolia, Didimopanax tremulum (temblón), Dyospiros ebenaster (ébano), Garrya fadyenii, Oreopanax capitatum, Prunus occidentalis (almendro) y Weinmannia pinnata.

La parte del Parque Nacional "José del Carmen Ramírez" localizado dentro de la cuenca Alta ocupa esta zona de vida, junto con 1.500 ha (1% del territorio) del bosque pluvial Montano-Bajo Subtropical y 4.100 ha (3% del territorio) del bosque muy húmedo Montano Subtropical, para un área total de 21.680 ha. Desafortunadamente, buena parte del Parque ya ha sido alterado por causa de los huracanes David y Federico (Septiembre de 1979), y en mayor proporción por los

incendios forestales y las pasturas de bajo rendimiento establecidas por colonos y conuqueros.

8. Suelos

Las primeras descripciones de suelos fueron realizadas a nivel muy general. En 1985 el Proyecto SIEDRA² llevó a cabo la separación de áreas con características similares denominadas Unidades de Recursos de Planificación (URP), sobre un mapa a escala 1:250.000, mediante la superposición de los mapas de suelos, zonas de vida, topografía y geología, elaborados por la OEA en 1967.

El valle de San Juan (55.558 ha) fue objeto de un estudio semidetallado de suelos, por parte del Departamento de Tierras y Aguas de la SEA/SURENA en 1984, a escala 1:45.000. En dicho estudio se clasificaron las unidades de aptitud para diferente uso y manejo, capacidad productiva y otras características de importancia en materia de ingeniería de suelos.

Las unidades clasificadas por el Proyecto SIEDRA, agrupan Asociaciones de Subgrupos Dominantes de Suelos (ASDS), no mapeadas, de características homogéneas en cuanto a pendiente, drenaje y condiciones de los suelos. Su descripción incluye recomendaciones para el uso y manejo, de acuerdo con su potencialidad. En la Figura Nº 5 se presentan las URP clasificadas dentro del área del Proyecto (SEA/SURENA, 1985).

a. URP 02.

Ocupa un área de 61.600 ha (50% del territorio) localizadas en la montaña de la Cordillera Central. En general, son suelos no aptos para la agricultura por su superficialidad, fuerte pendiente y pedregosidad. Se destacan dentro de esta unidad los subgrupos:

Dystropepts Líticos (ASDS 02A) con pendientes mayores del 30% y profundidad menor de 50 cm, bajos en saturación de bases, fuertemente ácidos, franco arcillosos, excesivamente drenados, de permeabilidad moderadamente lenta y muy baja disponibilidad de agua.

Distropepts Típicos y Ustropepts Típicos (ASDS 02B) con pendientes entre 5 y 15%, profundidad mayor de 50 cm, altos en saturación de bases, moderadamente alcalinos, excesivamente drenados, textura franca, permeabilidad moderadamente lenta y baja disponibilidad de agua.

Existen además pequeños valles planos a ligeramente ondulados, con suelos de textura fina, moderadamente bien drenados y baja saturación de bases (ASDS 02C).

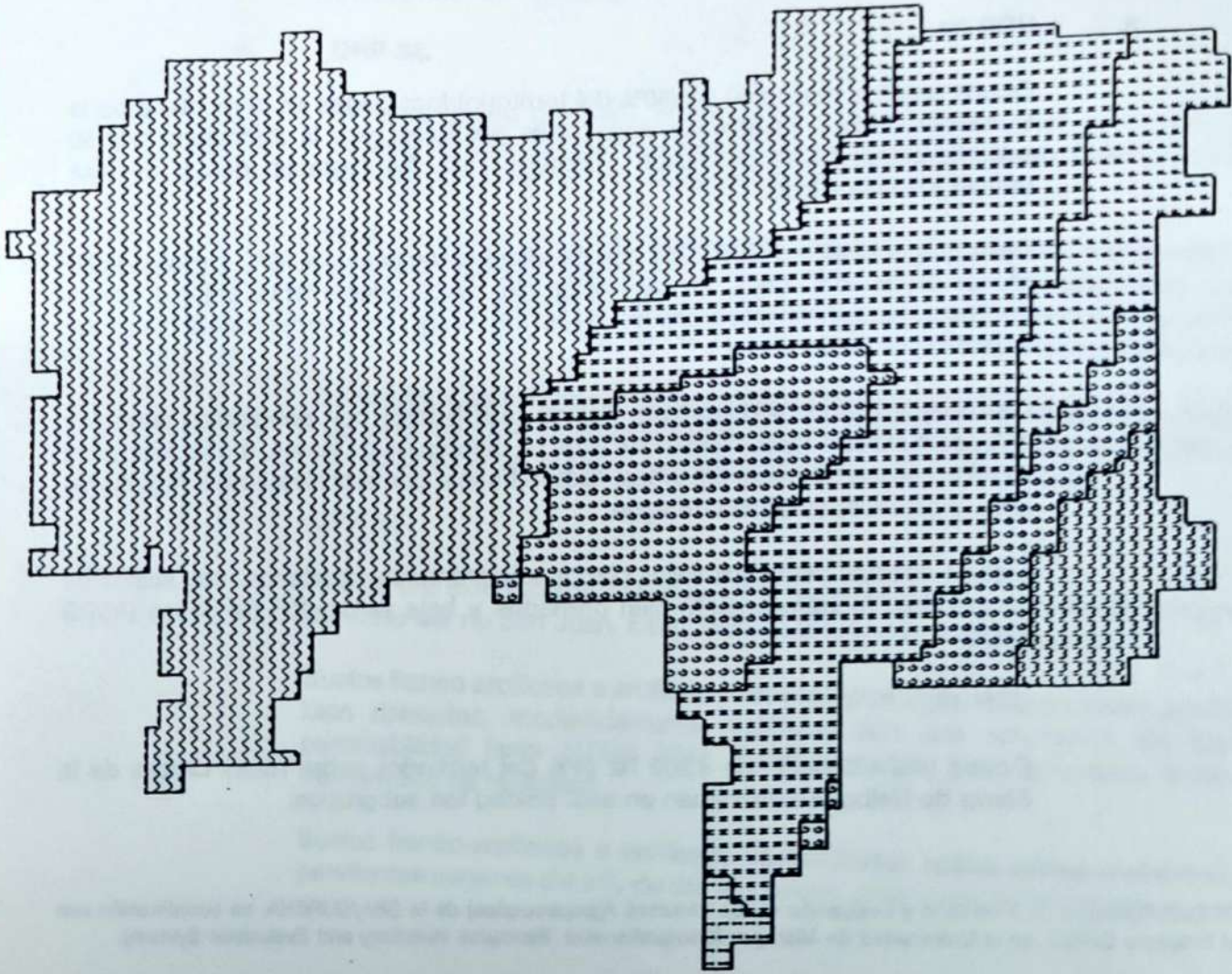
b. URP 14.

Ocupa una extensión de 4.900 ha (4% del territorio) sobre rocas calizas de la Sierra de Neiba. Se distinguen en esta unidad los subgrupos:

² SIEDRA (Sistema de Inventario y Evaluación de los Recursos Agropecuarios) de la SEA/SURENA, en coordinación con el Proyecto CRIES de la Universidad de Michigan (Comprehensive Resource Inventory and Evaluation System).

FIGURA No.5

URP DE LA CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



URP	Km2	%
URP 2	616	49.85
URP 14	49	3.93
URP 31	70	5.67
URP 32	180	14.58
URP 33	315	25.46
URP 34	6	0.53
	1236	100.00

Suelos francos a franco-arcillosos de montaña, superficiales, con drenaje bueno a excesivo y permeabilidad lenta (ASDS 14A). Están limitados por la pendiente, pedregosidad y deficiencia de humedad.

Suelos francos a franco-arcillosos de colinas, moderadamente profundos, bien a excesivamente drenados, moderadamente alcalinos, con alta saturación de bases, permeabilidad moderadamente lenta y pendientes entre 8 y 30% (ASDS 14B). Están limitados por la pendiente y por deficiencias de humedad

c. URP 31.

Ocupa unas 7.000 ha (6% del territorio) ubicadas en las colinas y llanuras aluviales, sobre un material de calizas y aluviones recientes. Se distinguen dos subgrupos caracterizados por:

Suelos francos a franco-arcillosos localizados sobre los valles, con drenaje bueno, profundos, moderadamente alcalinos, con alta saturación de bases, permeabilidad moderada y propensos a inundaciones (ASDS 31A).

Suelos francos a franco-arcillosos localizados sobre colinas, con pendientes entre 8 y 30%, moderadamente profundos, drenaje bueno y permeabilidad moderadamente lenta (ASDS 31B). Están limitados por la pendiente y las deficiencias de humedad.

d. URP 32.

Se extiende en un área de 18.000 ha (16% del territorio) y contiene suelos desarrollados sobre calizas y aluviones del valle del San Juan. Dentro de la unidad se distinguen dos subgrupos caracterizados por:

Suelos francos a franco-arcillosos desarrollados sobre colinas, con pendientes de 15 a 30%, moderadamente profundos, drenaje bueno, moderadamente alcalinos, con alta saturación de bases, pedregosos y permeabilidad moderadamente lenta (ASDS 32A). Están limitados por la pedregosidad y la deficiencia de humedad.

Suelos francos a franco-arcillosos desarrollados sobre los valles, con pendientes menores del 15%, profundos, de drenaje bueno, moderadamente alcalinos, con alta saturación de bases y permeabilidad moderada (ASDS 32B).

d. URP 33.

Abarca una extensión de 31.500 ha (25% del territorio) localizada sobre sedimentos aluviales del río San Juan. Está constituida por dos subgrupos de:

Suelos franco arcillosos a arcillosos desarrollados sobre zonas planas, profundos, bien drenados, moderadamente alcalinos, con alta saturación de bases y permeabilidad lenta (ASDS 33A). Están limitados por su textura arcillosa y deficiencias de humedad.

Suelos franco-arcillosos a arcillosos desarrollados sobre zonas onduladas, con pendientes mayores del 8%, de drenaje bueno, moderadamente alcalinos, con alta

saturación de bases y permeabilidad moderadamente lenta (ASDS 33B). Están limitados por deficiencias de humedad.

9. Uso Actual de la Tierra

La información sobre uso actual de la tierra en la cuenca hidrográfica del río San Juan, fue copiada de los mapas a escala 1:50.000 del Departamento de Inventarios de la SURENA/SEA, obtenidos de la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:40.000 para el Proyecto de Manejo de Recursos Naturales (MARENA).

Los datos reflejan la situación que ocurría hace 8 años, lo cual crea cierta incertidumbre sobre el estado actual y las tendencias de avance de la frontera agropecuaria, principalmente de la cuenca Alta. La antigüedad de la información sugiere la necesidad de una nueva fotointerpretación, que podría hacerse sobre imágenes de satélite a escala 1:50.000 (SPOT, SOYUZ-KARTA) por parte del Departamento de Inventarios de la SEA/SURENA.

La zonificación de 1984 informa que en la Cuenca existían unas 44.922 ha en pastizales (36% del territorio), 39.090 ha en agricultura de ciclo corto (32% del territorio), 21.265 ha en bosques (17% del territorio), 10.737 ha en matorrales bajos (9% del territorio), 7.216 ha en pastos/bosque y café (6% del territorio) y 379 ha en áreas urbanizadas. Véanse Cuadro Nº 1 y Figura Nº6.

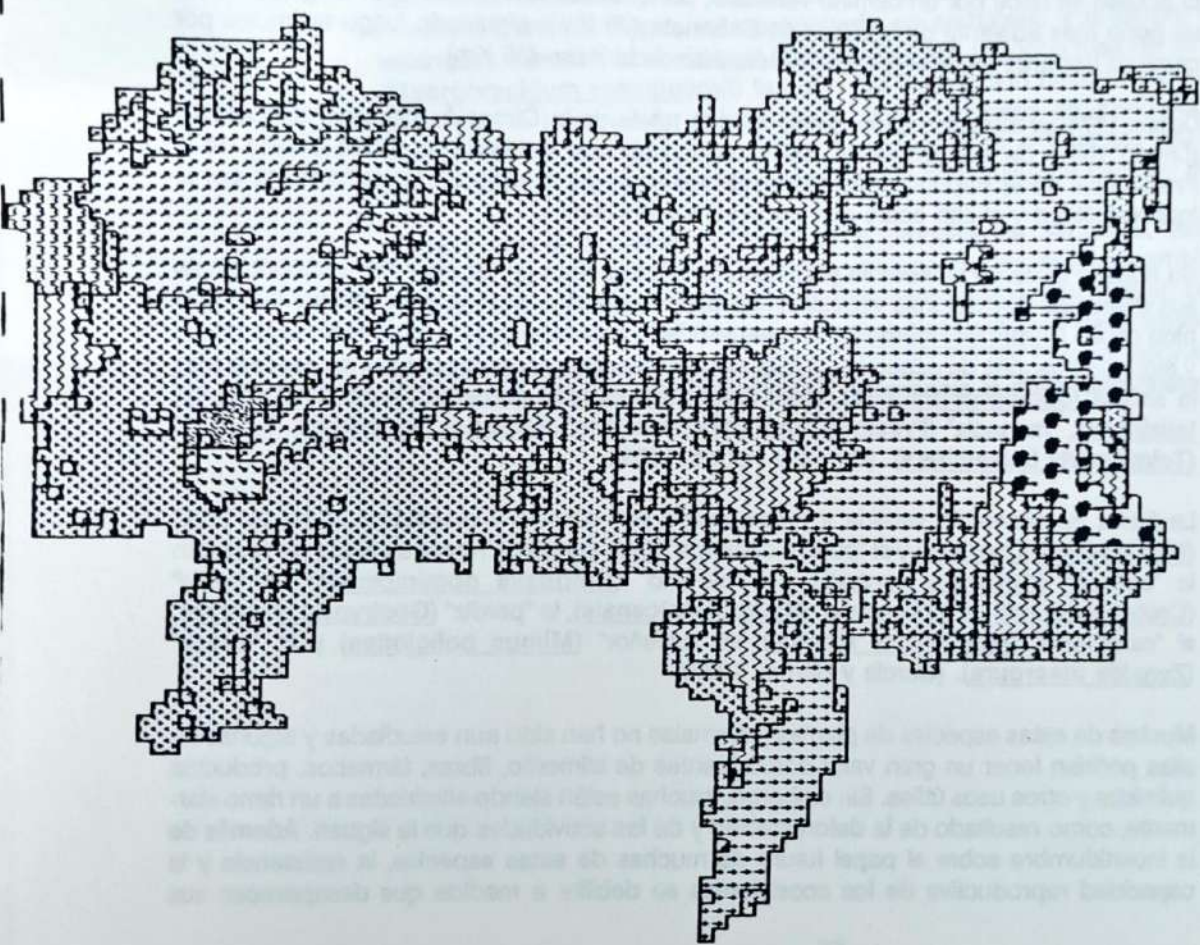
CUADRO NO. 1
 USO ACTUAL DE LA TIERRA
 EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO SAN JUAN

CAPACIDAD DE USO	CUENCA ALTA		CUENCA MEDIA		VALLE		TOTAL CUENCA	
	HA	%	HA	%	HA	%	HA	%
ARROZ	296	0.67	8525	14.61	16567	79.73	25388	20.54
AGRICULTURA	494	1.11	10531	18.05	568	2.73	11593	9.38
PASTO M./ AGRICULTURA	495	1.11	1605	2.75			2099	1.70
MATORRAL BAJO	1235	2.78	8745	14.99	757	3.64	10737	8.69
PASTO MEJORADO			2006	3.44	1326	6.38	3332	2.70
PASTO NATURAL	22353	50.27	19015	32.59	142	0.68	41510	33.58
CAFE	99	0.22	200	0.34	189	0.91	488	0.39
PASTO NATURAL/MATORRAL ALTO	4348	9.78	602	1.03			4950	4.00
PASTO NATURAL/CONIFERAS	1778	4.00					1778	1.44
MATORRAL ALTO	80	0.18	5015	8.59	568	2.73	5663	4.58
LATIFOLIADAS	1631	3.67	2106	3.61	284	1.37	4021	3.25
LATIFOLIADAS/CONIFERAS	1482	3.33					1482	1.20
CONIFERAS	10179	22.89					10179	8.24
URBANIZACION					379	1.82	379	0.31
TOTAL	44470	100	58350	100	20780	100	123600	100.00

FIGURA No.6

USO Y COBERTURA DE LA CUENCA RIO SAN JUAN

	Km ²	%
BOSQUE SECO	55.83	4.52
BOSQUE LATIFOLIADO	40.21	3.25
PASTOS	449.22	36.34
MATORRALES	107.37	8.69
AGRICULTURA	115.93	9.38
PASTOS / AGRICULTURA	21.00	1.70
ZONA URBANA	3.79	0.31
PASTOS / MATORRALES	49.50	4.00
CAFE	4.88	0.39
BOSQUE CONIFERA	101.79	8.24
ARROZ	253.88	20.54
PASTOS / BOSQUE CONIFERA	17.78	1.44
BOSQUE CONIFERA	14.82	1.20
BOSQUE LATIFOLIADO	1226.00	100.00



10. Recursos Forestales

La deforestación es reconocida como la causa principal de los múltiples problemas que en la actualidad afectan los recursos naturales, en especial el agua y el suelo, en la República Dominicana. La misma obedece a la fuerte explotación de los bosques naturales para la producción de madera, leña y carbón, sin un repoblamiento equitativo que compense el agotamiento paulatino del recurso. Se debe también al avance acelerado de la frontera agropecuaria, incorporando a estos sistemas de producción, tierras cada vez menos aptas para el uso en cultivos y pastos.

El aprovechamiento de los bosques de la Cuenca con fines comerciales está prohibido y para el abastecimiento doméstico, no existen registros confiables que permitan una evaluación del sector y de su contribución a la economía de la región. Sin embargo, es evidente el alto consumo de leña para suplir las necesidades energéticas de la población campesina y de la mediana industria, por la falta de otras fuentes alternativas de energía.

11. Zonas Protegidas y Parques Nacionales

En la región noreste de la Cuenca se localiza parte del Parque Nacional José del Carmen Ramírez, creado mediante la Ley 5066 del 23 de Diciembre de 1958. En conjunto abarca unas 75.000 ha y dentro de la Cuenca ocupa unas 21.680 ha situadas en la subcuenca Alta. El acceso se hace por un camino vehicular, partiendo de San Juan de la Maguana hasta un poco mas adelante de la Presa de Sabaneta (30 Km), siguiendo luego en mulos por caminos herreros hasta llegar a la caseta Alto de la Rosa (35 Km).

Desde 1974 su administración quedó bajo la tutela de la Dirección Nacional de Parques (Ley 67 del 8 de Noviembre de 1974); organismo que depende en forma directa de la Presidencia de la República. Su vigilancia y manejo se efectúa en forma precaria por la inaccesibilidad y el alto costo que exige su sostenimiento.

Su riqueza florística es notable y se han identificado mas de 50 especies importantes en sus diferentes formaciones vegetales. En el piso superior, predominan rodales puros del pino criollo (*Pinus occidentalis*) o entremezclado con especies de árboles de hoja ancha y algunos bosques de especies de hoja ancha. Entre las especies nativas se pueden citar la "sabina" (*Juniperus gracillior*), "cigua blanca" (*Nectandra coriacea*), "caracol" (*Lysiloma latisiliqua*), "manacla" (*Prestoea montana*), "yaya fina" (*Oxandra lanceolata*), "amacey" (*Tetragastris balsamifera*). (García y Harms, 1988).

La fauna es altamente variada y representada por reptiles y mamíferos como la "jutía" (*Plagiodoncitia aedium*) y el "puerco cimarrón" (*Sus scrofa*). Entre la avifauna se destacan la "cotorra" (*Amazona ventralis*), el "canario" (*Carduelis dominicensis*), el "judío" (*Crotophaga anii*), el "guaraguao" (*Buteo jamaicensis*), la "perdiz" (*Geotrygon montana*), el "carpintero" (*Melanerpes striatus*), el "ruiseñor" (*Mimus polyglottos*) y la "tortola" (*Zenaida macroura*). (García y Harms, 1988).

Muchas de estas especies de plantas y animales no han sido aun estudiadas y algunas de ellas podrían tener un gran valor como fuentes de alimento, fibras, fármacos, productos químicos y otros usos útiles. Sin embargo, muchas están siendo eliminadas a un ritmo alarmante, como resultado de la deforestación y de las actividades que le siguen. Además de la incertidumbre sobre el papel futuro de muchas de estas especies, la resistencia y la capacidad reproductiva de los ecosistemas se debilita a medida que desaparecen sus

especies, y su valor económico, estético y paisajístico también se ve reducido en alto grado.

12. Recursos Piscícolas

La actividad piscícola en embalses y estanques ha venido incrementándose en los últimos años, debido en buena medida a las experiencias acumuladas y la asistencia técnica de instituciones nacionales e internacionales. Se han sembrado especies exóticas como tilapias, carpas y camarones, aunque su importancia y apetencia en la dieta alimenticia de la comunidad residente en la cuenca del río San Juan, no ha adquirido el grado suficiente para su desarrollo en función del potencial de producción que se posee y de los beneficios que conlleva.

Existen en el País y en particular en la Cuenca grandes oportunidades para el cultivo de peces, tanto a nivel comercial como a nivel de granja, ya que su tecnología es suficientemente conocida en zonas de condiciones similares (INDOTEC, 1980). La introducción y el desarrollo de actividades de acuicultura en el embalse de Sabaneta y en estanques a nivel de granja, podría adquirir una gran importancia para el suministro de proteína animal en las comunidades de bajos ingresos, al igual que para la comercialización de algunos excedentes.

Según INDOTEC (1980) los programas de promoción piscícola adolecen de objetivos claramente definidos y las investigaciones transcurren lentamente y sin mucho rigor científico. Tanto la tilapia, más propagada en embalses, y la carpa, de mayor uso en estanques, fueron introducidas al País desde hace un poco más de 35 años. El camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) también fue introducido hace un buen tiempo atrás. Sin embargo, la información sobre costos y rendimientos es muy pobre, o difícilmente accesible, para una rápida consulta y formulación de propuestas factibles de desarrollo piscícola, tanto para el Embalse como para la acuicultura a nivel de granja.

Aunado con la actividad piscícola en el embalse de Sabaneta, existe un importante potencial para el turismo de montaña, en uno de los mejores ambientes climáticos y paisajísticos del área, asociado con el ecoturismo que podría brindar, con el mejoramiento de su infraestructura y facilidades, el Parque Nacional José del Carmen Ramírez. Tanto la actividad piscícola como el turismo y la protección del Parque, podrían ser objeto de un estudio y promoción especial dentro del manejo y desarrollo sostenido de la cuenca hidrográfica del río San Juan.

II. DIAGNOSTICO BIOFISICO DE LA CUENCA

A. Uso Potencial Mayor de los Suelos

Entre las características y cualidades de las tierras que condicionan su uso, aparece como fundamental el estado de evolución del suelo, que depende de la acción conjunta de sus factores de formación, a saber: la roca madre, el clima, la vegetación, la fisiografía y el paso del tiempo.

El uso potencial mayor de los suelos se concibe como el máximo permitido, o al que debieran tender los diferentes terrenos rurales, si todas las otras condiciones económicas, sociales, institucionales, legales, tecnológicas, de localización geográfica, de accesibilidad, de infraestructura física y de servicios, fuesen favorables. Para la presente clasificación y zonificación de la vocación de las tierras, se tuvieron en cuenta aquellas características que por su influjo, determinan la aptitud y vulnerabilidad del suelo frente a las principales actividades humanas que en él se ejecutan.

Con el fin de disminuir la incertidumbre y generalización que contiene la metodología de las Clases Agrológicas del US/SCS, para medir la capacidad de uso de los suelos a nivel regional y local, se utilizó un sistema basado en variables climáticas, fisiográficas y pedológicas (ACDI-CDMB, 1985), que emplea criterios simples y parámetros de aplicación universal, fácilmente computables de la información y los datos generalmente disponibles en los estudios básicos previos: cartografía, topografía, datos meteorológicos y reconocimientos de suelos.

Para separar las diferentes unidades de uso potencial, se seleccionaron variables de clima (precipitación anual y temperatura media), relieve (pendiente del terreno), y suelo (profundidad y textura); difícilmente alterables, en términos de costos y de factibilidad técnica, por la actividad humana e indicadores de la vocación agrícola, pecuaria o forestal de las tierras. Variables además, fáciles de identificar y analizar tanto por los técnicos como por los campesinos.

Se utilizaron la profundidad y la textura de los suelos, como las variables físicas más importantes, de fácil obtención en los estudios de suelos que comúnmente se realizan y de difícil modificación por parte del agricultor. La profundidad del suelo, entendida como la altura en centímetros desde la superficie hasta el material parental o hasta un horizonte impermeable (cementado), es un condicionante del desarrollo radicular y del volumen de agua disponible para la vegetación. Se consideraron 3 rangos de profundidad:

Superficial: menos de 50 cm
Profundo: de 50 a 100 cm y
Muy Profundo: más de 100 cm

Para la textura del suelo, o proporción de arcilla, limo y arena (hasta 2 cms de diámetro) que entra en la composición granulométrica de los horizontes A y B (superficial e intermedio) del suelo, se definieron 3 grandes clases: Fina, Franca y Gruesa; agrupando dentro de ellas las subclases relacionadas, contenidas en el triángulo textural desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU (1951).

Para facilitar la clasificación, se elaboraron claves dentro del marco climático de cada zona de vida, donde, mediante el entrecruzamiento de rangos permisibles de pendiente, profundidad y textura de los suelos, se determinaron los usos potenciales mayores de los mismos para cada subcuenca. En el Anexo Nº 1, se incluyen las 4 claves elaboradas para las principales zonas de vida clasificadas en la región.

No fue posible separar el rango de pendientes de 40 a 70%, debido a la inexistencia de mapas con escala mayor a la del mapa original (1:50.000). Por esta razón, fue necesario agrupar el uso agroforestal dentro del rango de pendientes de 32 a 40%, ya previamente separado, y el uso forestal a partir de pendientes superiores al 40%. Esta aproximación exige separar posteriormente en cada uno de los proyectos individuales, las categorías de uso agroforestal y forestal de acuerdo con los rangos permisibles.

El uso forestal para bosques productores o comerciales se hizo equivalente a la categoría de uso agroforestal, entendiéndose con ello que cualquier terreno así clasificado, podría eventualmente incorporarse como un área para el desarrollo de bosques comerciales, cuando existiesen la demanda, el interés de los propietarios y la factibilidad técnica y económica.

La cartografía de las diferentes unidades se obtuvo al superponer los mapas temáticos de Zonas de Vida, Pendiente del Terreno en porcentaje (0-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-40 y > 40%), Profundidad del Suelo en centímetros (< 50, 50 a 100 y > 100), y Textura del Suelo (Fina, Franca y Gruesa); asignándole a cada unidad su correspondiente categoría de uso de acuerdo con las Claves diseñadas.

La metodología empleada identifica 10 usos potenciales mayores, o usos mas intensivos que podrían soportar los suelos sin degradarse para mantener una producción sostenida, de acuerdo con la cobertura vegetal que proveen los diferentes usos de la tierra, tanto en el tiempo como en el espacio. Los usos se agrupan en 4 categorías: uso agropecuario, uso agroforestal, uso forestal y protección absoluta, tal como se describen en el Anexo N°2.

Con base en la metodología descrita, se hizo la delimitación sobre un mapa a escala 1:50.000 y sus resultados se consignan en el Mapa y en el Cuadro No. 2.

CUADRO No. 2
USO POTENCIAL MAYOR DEL SUELO EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO SAN JUAN

CAPACIDAD DE USO CARACTERISTICAS	CUENCA ALTA		CUENCA MEDIA		VALLE		TOTAL CUENCA	
	HA	%	HA	%	HA	%	HA	%
CL CULTIVO LIMPIO			23331.00	39.98	20412.00	98.23	43743.00	35.39
SL CULTIVO SEMILIMPIO	1969.00	4.43	4825.00	8.27	203.00		6997.00	5.66
CD CULTIVO DENSO	1960.00	4.41	5730.00	9.82	165.00	0.79	7855.00	6.36
TOTAL USO AGROPECUARIO	3929.00	8.84	33886.00	58.07	20780.00	100.00	58595.00	47.41
AF USO AGROFORESTAL	9349.00	21.02	20095.00	34.44			29444.00	23.82
F USO FORESTAL	9512.00	21.39	4369.00	7.49			13881.00	11.23
ZONAS PROTEGIDAS. PARQUE NACIONAL JOSE DEL C. RAMIREZ	21680.00	48.75					21680.00	17.54
TOTAL	44470.00	100.00	58350.00	100.00	20780.00	100.00	123600.00	100.00

Se infiere del Cuadro que la mayor parte del área 43.743 ha (35% del territorio) es potencialmente apta para cultivos agrícolas de ciclo corto, 6.997 ha (6%) es apta para cultivos permanentes y 7.855 ha (6%) tiene vocación para pastizales y ganadería. Los cultivos agroforestales podrían establecerse en unas 29.444 ha (24% del territorio) y los bosques en 13.881 ha (11% del territorio), que junto con el área del Parque Nacional José del Carmen Ramírez, sumarían unas 35.561 ha (29%) de vocación forestal protectora-productora.

B. Conflictos de Uso de las Tierras

La confrontación y superposición de los mapas de uso actual y uso potencial, permitió identificar las tierras con conflictos de uso, desde el punto de vista de sus características biofísicas. El resultado del análisis fue cartografiado sobre un mapa a escala 1:50.000 para ubicar las áreas de uso adecuado (A), inadecuado (IN) y muy inadecuado (MIN); al igual que aquellas subutilizadas (SU) y muy subutilizadas (MSU) (aptas para soportar un uso mayor que el actual). El Cuadro No. 3 presenta la matriz empleada para calificar los conflictos de uso de la tierra, con base en la confrontación entre el uso actual y el potencial. La agrupación de combinaciones de usos, no fácilmente separables en las fotografías utilizadas, no permitió una transformación y comparación mas precisa, tal como lo establece la metodología del uso potencial mayor utilizada.

CUADRO NO. 3 CALIFICACION DE LOS CONFLICTOS DE USO

USO ACTUAL	USO POTENCIAL MAYOR									
	USO AGROPECUARIO			USO AGROFORESTAL			USO FORESTAL			PROTECCION ABSOLUTA
	CL	SL	CD	SA	ASP	SP	BC	BPP	BP	PT
27 ARROZ (AR)	A	IN	IN	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
28 CULTIVOS (CU)	A	IN	IN	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
28/32 CULTIVOS Y PASTOS	SU	A	IN	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
44 MATORRAL BAJO (MB)	SU	A	IN	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
44/32 MATORRAL BAJO Y PASTOS	SU	A	A	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
44/33 MATORRAL BAJO Y PASTO NATURAL	SU	A	A	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
32 PASTOS (PA)	SU	SU	A	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
33 PASTOS NATURALES (PN)	SU	SU	A	IN	IN	IN	MIN	MIN	MIN	MIN
44/42 MATORRAL BAJO Y DECIDUAS	SU	SU	SU	A	A	IN	IN	IN	IN	MIN
24A CAFE (CA)	SU	SU	SU	A	A	A	IN	IN	IN	MIN
33/43 PASTOS Y MATORRAL ALTO	SU	SU	SU	SU	A	A	IN	IN	IN	MIN
33/41 PASTOS Y CONIFERAS	SU	SU	SU	SU	A	A	IN	IN	IN	MIN
43 MATORRAL ALTO (MA)	MSU	MSU	MSU	SU	SU	SU	A	A	IN	IN
43/41 MATORRAL ALTO Y CONIFERAS	MSU	MSU	MSU	SU	SU	SU	A	A	A	A
42 DECIDUAS (DE)	MSU	MSU	MSU	SU	SU	SU	A	A	A	A
41/42 CONIFERAS Y DECIDUAS	MSU	MSU	MSU	SU	SU	SU	A	A	A	A
41 CONIFERAS (CO)	MSU	MSU	MSU	SU	SU	SU	A	A	A	A

USO ACTUAL	USO POTENCIAL MAYOR	CONFLICTOS DE USO
AR: ARROZ	CL: CULTIVO LIMPIO	MSU: MUY SUBUTILIZADO
CU: CULTIVOS	SL: CULTIVO SEMILIMPIO	SU: SUBUTILIZADO
CU/PA: CULTIVOS Y PASTOS	CD: CULTIVO DENSO	A: ADECUADO
MB: MATORRAL BAJO	SA: CULTIVO SILVOAGRICOLA	IN: INADECUADO
MB/PA: MATORRAL BAJO Y PASTOS	ASP: CULTIVO AGROSILVOPASTORIL	MIN: MUY INADECUADO
MB/PN: MATORRAL BAJO Y PASTO NATURAL	SP: CULTIVO SILVOPASTORIL	
PA: PASTOS	BC: BOSQUE COMERCIAL	
PN: PASTOS NATURALES	BPP: BOSQUE PRODUCTOR-PROTECTOR	
MB/DE: MATORRAL BAJO Y DECIDUAS	BP: BOSQUE PROTECTOR	
CA: CAFE	PT: PROTECCION ABSOLUTA	
PA/MA: PASTOS Y MATORRAL ALTO		
PA/CO: PASTOS Y CONIFERAS		
MA: MATORRAL ALTO		
MA/CO: MATORRAL ALTO Y CONIFERAS		
DE: DECIDUAS		
CO/DE: CONIFERAS Y DECIDUAS		
CO: CONIFERAS		

La transformación de uso actual en términos de uso potencial se hizo estableciendo las siguientes equivalencias: el área actualmente cultivada en arroz, agricultura y pastos con cultivos fue asumida como cultivo limpio (CL), los matorrales bajos y matorrales bajos con pastos se hicieron equivalentes a cultivos semilimpios (SL), los pastos naturales y mejorados se hicieron equivalentes a cultivos densos (CD), los matorrales bajos con deciduas, el café y los pastos con matorral alto o coníferas se asimilaron a cultivos agroforestales (AF), y los matorrales altos y bosques de coníferas y/o deciduas se clasificaron como de uso forestal (F).

En el Cuadro Nº 4 se presenta la síntesis de los conflictos de uso dentro del área del Proyecto, con base en el uso de la tierra fotointerpretado en 1984. De las 123.600 ha del territorio analizado, 50.329 ha (41%) sustentaban un uso adecuado de los suelos, 52.652 ha (42%) soportaban un uso inadecuado y 20.619 ha (17%) estaban subutilizadas. De las 21.680 ha correspondientes al Parque Nacional José del Carmen Ramírez, 9.848 ha (45% del Parque) habían sido ya alteradas por los fenómenos naturales y la intervención humana.

Para priorizar propuestas e intervenciones a nivel de factibilidad se precisa la toma de fotografías aéreas en una escala adecuada (1:25.000), para actualizar el uso de la tierra en las subcuencas y microcuencas prioritarias, facilitar y mejorar la precisión de la comprobación de campo, y servir para nuevos estudios básicos y para el diseño de obras de inversión (reforestación, control de erosión, diseño de caminos de acceso y otras obras de infraestructura).

CUADRO NO. 4
CONFLICTOS DE USO EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO SAN JUAN

USO ADECUADO (A) TIPO DE USO	CUENCA ALTA HA %	CUENCA MEDIA HA %	VALLE HA %	TOTAL HA %
CL - CULTIVO LIMPIO		12583 70.88	17288 99.80	29871 59.35
SL - CULTIVO SEMILIMPIO	200 1.31	2192 12.35	35 0.20	2427 4.82
CD - CULTIVO DENSO	1636 10.73	2349 13.23		3985 7.92
AF - CULTIVO AGROFORESTAL	413 2.71			413 0.82
F - USO FORESTAL	1092 7.16	629 3.54		1721 3.42
F - PARQUE	11832 77.57			11832 23.51
MA - PARQUE	80 0.52			80 0.16
TOTAL USO ADECUADO	15253 100.00	17753 100.00	17323 100.00	50329 100.00
SUBUTILIZADO (SU) USO ACTUAL - CAP.USO	CUENCA ALTA HA %	CUENCA MEDIA HA %	VALLE HA %	TOTAL HA %
CJ/PA ----- CL		639 5.43	107 4.70	746 4.55
MB ----- CL		4733 40.21	879 38.60	5612 34.20
PA/MA ----- CL		105 0.89		105 0.64
PA-PN ----- CL		3836 32.59	1191 52.31	5027 30.64
PA-PN ----- SL	1367 57.92	725 6.16	100 4.39	2192 13.36
PA/CO ----- SL	122 5.17			122 0.74
PA/CO ----- CD	261 11.06			261 1.59
MA ----- AF		625 5.31		625 3.81
CO-DE ----- AF	610 25.85	1108 9.41		1718 10.47
TOTAL SUBUTILIZADO	2360 100.00	11771 100.00	2277 100.00	16408 100.00
MUY SUBUTILIZADO (MSU) USO ACTUAL -- CAP.USO	CUENCA ALTA HA %	CUENCA MEDIA HA %	VALLE HA %	TOTAL HA %
MA ----- CL		1000 35.30	600 53.10	1600 38.00
CO-DE ----- CL		435 15.35	347 30.71	782 18.57
MA ----- SL		890 31.42	68 6.02	958 22.75
CO-DE ----- SL	230 92.74	75 2.65		305 7.24
MA ----- CD		196 6.92	115 10.18	311 7.39
DE ----- CD	18 7.26	237 8.37		255 6.06
TOTAL MUY SUBUTILIZADO	248 100.00	2833 100.00	1130 100.00	4211 100.00

CUADRO NO. 4.: CONFLICTOS DE USO EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO SAN JUAN (CONTINUACION)

INADECUADO (IN) USO ACTUAL -- CAP. USO		CUENCA ALTA HA %		CUENCA MEDIA HA %		VALLE HA %		TOTAL HA %	
AR-CU	----- SL	50	0.51	943	4.22	50	100	993	3.08
AR-CU	----- CD	45	0.46	1308	5.85			1403	4.35
CJ/PA	----- CD			316	1.41			316	0.98
MB	----- CD			1324	5.93			1324	4.10
AR-CU	----- AF	341	3.45	1561	6.99			1902	5.89
CJ/PA	----- AF	230	2.33	145	0.65			375	1.16
MB	----- AF	539	5.46	1932	8.65			2471	7.66
MB/PN	----- AF	210	2.13					210	0.65
PA-PN	----- AF	7006	70.95	14724	65.90			21730	67.34
CA	----- F	15	0.15	90	0.40			105	0.33
PA/CO	----- F	70	0.71			70	0.22		
PN/CO	----- PARQUE	1368	13.85			1368	4.24		
TOTAL INADECUADO		9874	100.00	22343	100.00	50	100.00	32267	100.00
MUY INADECUADO (MIN) USO ACTUAL ---- CAP. USO		CUENCA ALTA HA %		CUENCA MEDIA HA %		VALLE HA %		TOTAL HA %	
AR-CU	----- F	60	0.36	76	2.08			136	0.67
MB	----- F	341	2.04	218	5.97			559	2.74
PA-PN	----- F	7934	47.41	3356	91.95			11290	55.38
MB	----- PARQUE	8260	49.36					8260	40.52
PN	----- PARQUE	140	0.84					140	0.69
TOTAL MUY INADECUADO		16735	100.00	3650	100.00			20385	100.00
RESUMEN USO		CUENCA ALTA HA %		CUENCA MEDIA HA %		VALLE HA %		TOTAL HA %	
ADECUADO		15253	34.30	17753	30.43	17323	83.36	50329	40.72
SUBUTILIZADO		2360	5.31	11771	20.17	2277	10.96	16408	13.28
MUY SUBUTILIZADO		248	0.56	2833	4.86	1130	5.44	4211	3.41
INADECUADO		9874	22.20	22343	38.29	50	0.24	32267	26.11
MUY INADECUADO		16735	37.63	3650	6.26			20385	16.49
GRAN TOTAL		44470	100.00	58350	100.00	20780	100.00	123600	100.00

C. Erosión y Sedimentación

Para el cálculo de las pérdidas de suelo que se producen en la cuenca del río San Juan, se empleó la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) diseñada por Wischmeier y Smith (1978) y el Sistema de Información Geográfica (SIG) del Departamento de Inventarios, adscrito a la Subsecretaría de Recursos Naturales (SURENA) de la Secretaría de Estado de Agricultura. Fue seguida una metodología similar a la utilizada por Fadón (1991), en cuyo Estudio, fueron calculados los índices de erosión para la cuenca Alta y los sedimentos retenidos por el embalse de Sabaneta. A continuación se describen brevemente los pasos del modelo USLE y los valores utilizados para el cálculo.

Donde:

$$A = RK(LS)CP$$

- A: son las pérdidas de suelo en (ton/ha*año).
 R: es el factor índice de erosión pluvial.
 K: es el factor de erodabilidad del suelo.
 L: es el factor de longitud de pendiente.
 S: es el factor de ángulo de la pendiente.
 C: es el factor de cobertura del suelo.
 P: es el factor de control de la erosión mediante prácticas conservacionistas.

1. Determinación del Factor R

De un estudio previo sobre intensidades máximas y erosividad de las lluvias (SEA-IICA, 1982) y del Mapa de Isoerodentas para el País, a escala 1:800.000, se tomaron los valores de R para la Cuenca, los cuales varían de 1400-200 $J.cm.m^{-2}.hora^{-1}$.

Rangos	Valor Utilizado
a) 200 - 400	300
b) 400 - 600	500
c) 600 - 800	700
d) 800 - 1000	900
e) 1000 - 1200	1100
f) 1200 - 1400	1300

2. Determinación del factor K.

Al no disponerse de estudios de suelos para toda la cuenca con el nivel de detalle deseado, el factor K fue determinado con base en la Geología del área (OEA, 1967), asociando los diferentes factores con las características litológicas de las unidades identificadas:

Valores de K utilizados

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS	K
A) CIENAGAS, DEPOSITOS DE PLAYA, DEPOSITOS DE TIERRAS ALTAS PRINCIPALMENTE GRAVILLOSAS, ABANICOS ALUMALES O DEPOSITOS DE HONDONADAS.	0.5
B) CALIZAS Y ESQUISTOS ARCILLOSOS, CALIZAS KARSTICAS	0.3
C) CALIZAS, YESO, SAL Y ESQUISTOS ARCILLOSOS	0.4
D) CALIZAS, CONGLOMERADOS, COLUMIOS HETEROGENEOS PRINCIPALMENTE ARCILLAS	0.4
E) CALIZAS DE LA FORMACION JIMANI, CALIZAS Y FORMACION SALINA	0.4
F) CONGLOMERADO CALCAREO, ARENISCAS Y ESQUISTOS LIMOSOS DE LA FORMACION TABARA, ARENISCAS CALCAREAS, CONGLOMERADOS, ROCAS SEDIMENTARIAS, TOBAS, ESQUISTOS ARCILLOSOS, DEPOSITOS DE CALIZAS, MARGAS, ARENAS Y GRAVAS NO CONSOLIDADAS	0.3
G) ALUMONES, DEPOSITOS DE TERRAZAS	0.5
H) ROCAS VOLCANICAS, ROCAS SEDIMENTARIAS INDIFERENCIADAS, CALIZAS Y CONGLOMERADOS	0.3
I) ROCAS VOLCANICAS PRINCIPALMENTE ANDESITAS Y DERRAMES BRECHOSOS BASALTICOS, ROCAS VOLCANICAS PRINCIPALMENTE TOBAS	0.2
J) ROCAS BASICAS METAMORFICAS, ROCAS METAMORFICAS INDIFERENCIADAS Y ROCAS ACIDAS METAMORFICAS	0.2

3. Determinación del Factor (LS)

Con base en el mapa de pendientes de la Cuenca se estimaron los valores del factor topográfico, deducidos de las tablas suministradas por los autores (Wischmeier y Smith, 1978).

Rangos pendientes	Valor de (LS)
a) 0 - 4	0.25
b) 4 - 8	0.80
c) 8 - 16	2.33
d) 16 - 32	6.44
e) 32 - 40	12.55
f) > 40	16.20

4. Determinación del Factor C

Para calcular el factor de cobertura se utilizó el mapa de uso actual a escala 1:50.000, obtenido de la interpretación de fotografías aéreas de 1983-1984. A los diferentes tipos de cobertura, les fueron asignado valores de acuerdo con la protección que ofrecen al suelo y se ajustaron teniendo en cuenta los valores utilizados en otros estudios previos (Wischmeier y Smith, 1978. Santana, 1981. ICONA, 1987. Fadón, 1991).

USO DEL SUELO	VALOR DE C
ARROZ	0.363
CULTIVOS (CICLO CORTO)	0.500
CULTIVOS Y PASTOS	0.300
MATORRAL BAJO	0.250
MATORRAL BAJO Y PASTOS	0.200
PASTOS ARTIFICIALES	0.100
PASTOS NATURALES	0.090
MATORRAL BAJO Y RECIDUOS	0.080
CAFE	0.070
PASTOS Y MATORRAL ALTO	0.060
PASTOS Y CONIFERAS	0.050
MATORRAL ALTO	0.040
MATORRAL ALTO Y CONIFERAS	0.035
DECIDUAS	0.030
CONIFERAS Y DECIDUAS	0.025
CONIFERAS	0.020

5. Determinación del Factor P

Fue asumido un valor de 1 en razón a que no existen prácticas de conservación de suelos en la Cuenca. Sin embargo es bueno señalar, que varias comunidades de la cuenca Media utilizan barreras vivas y de piedra, al igual que la siembra en contorno para cultivos de ciclo corto.

Con los valores obtenidos y mediante la superposición de los mapas de R, K, LS y C, el SIG produjo un mapa detallado de las pérdidas de suelo para la Cuenca, a escala 1:50.000.

En la Figura Nº 7 y en los Cuadros Nos. 5, 6 y 7 se presentan las pérdidas de suelo para toda la cuenca del río San Juan, al igual que para las subcuencas Alta y Media, respectivamente.

CUADRO Nº 5
PERDIDAS DE SUELO EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN

PERDIDAS DE SUELO		AREA		PERDIDAS DE SUELO	
INTERVALO	VALOR MEDIO	(HA)	(%)	(TON/AÑO)	(%)
< 10	5	10,651	8.6	53,255	0.2
10-50	26	41,072	33.2	1,067,872	4.7
50-200	101	33,448	27.1	3,378,248	14.8
200-300	248	8,315	6.7	2,062,120	9.0
300-400	334	12,353	10.0	4,125,902	18.0
400-500	447	10,502	8.5	4,694,394	20.5
> 500	1032	7,259	5.9	7,491,288	32.8
TOTALES		123,600	100.0	22,873,079	100.0

CUADRO Nº 6
PERDIDAS DE SUELOS EN LA CUENCA ALTA DEL RIO SAN JUAN

PERDIDAS DE SUELO		AREA		PERDIDAS DE SUELO	
(INTERVALO)	VALOR MEDIO	(HA)	(%)	(TON/AÑO)	(%)
< 10	4	1,576	3.5	6,304	0.1
10-50	26	7,228	16.3	187,928	2.1
50-200	101	18,435	41.5	1,861,935	21.1
200-300	237	3,613	8.1	856,281	9.7
300-400	336	7,133	16.0	2,396,688	27.2
400-500	441	5,188	11.7	2,287,908	25.9
> 500	948	1,297	2.9	1,229,556	13.9
TOTALES		44,470	100.0	8,826,600	100.0

El peso total de las pérdidas de suelo en la cuenca del río San Juan es de 22.873.079 toneladas por año, que representa un promedio de 185 ton/ha*año. Al analizar el Cuadro N° 5, se observa que un 5.9% de la superficie de la cuenca contribuye con el 32.8 de la erosión, un 14.4% con el 53.3% y un 24.4% con el 71.3%.

El peso de las pérdidas de suelo que sufre la cuenca Alta es de 8.826.600 toneladas por año, que representa un peso promedio de 198 ton/ha*año. Al analizar los datos del Cuadro N° 6, se observa que un 16% de la superficie de la cuenca Alta contribuye con el 27.2% de la erosión, el 27.7% contribuye con el 53.1% y un 30.0% con el 67.0%.

El peso de las pérdidas de suelo que sufren la cuenca Media es de 12.803.552 toneladas por año que, representa un promedio de 219 ton/ha*año. Al analizar los datos del Cuadro N° 7, se observa que un 10.2% de la superficie de la cuenca Media contribuye con el 44.8% de la erosión, el 19.1% con el 63.6% y el 28.3% con el 77.3%.

CUADRO N° 7
PERDIDAS DE SUELO EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO SAN JUAN

PERDIDAS DE SUELO		AREA		PERDIDAS DE SUELO	
(INTERVALO)	VALOR MEDIO	(HA)	(%)	(TON/AÑO)	(%)
< 10	5	6,897	11.8	34,485	0.3
10-50	25	17,617	30.2	440,425	3.5
50-200	101	12,958	22.2	1,308,758	10.2
200-300	255	4,382	7.5	1,117,410	8.7
300-400	337	5,220	9.0	1,759,140	13.7
400-500	452	5,314	9.1	2,401,928	18.8
> 500	963	5,962	10.2	5,741,406	44.8
TOTALES		58,350	100.0	12,803,552	100.0

Al aplicar la clasificación provisional para la evaluación de las pérdidas de suelos, confeccionada por la FAO, PNUMA y UNESCO (1981), se obtienen la siguiente categorización para los suelos de la cuenca hidrográfica del río San Juan:

PERDIDAS DE SUELO		GRADO DE LA EROSION HIDRICA
A (TON/HA*AÑO)	% SUPERFICIE	
< 10	8.6	NINGUNA O LIGERA
10-50	33.2	MODERADA
50-200	27.1	ALTA
> 200	31.1	MUY ALTA

El Cuadro Nº 8 presenta el resumen de las pérdidas de suelo por erosión que ocurre en la cuenca del río San Juan. Del mismo se puede concluir que la mayor parte de la cuenca Alta (41.5%) sufre un grado de erosión alta, la mayor parte de la cuenca Media (52.4%) padece una erosión de moderada a alta y la mayor parte del Valle (78.1%) tiene un grado de erosión moderado. La cuenca en general se ubica en el rango de moderado a alto grado de erosión hídrica, aunque es alarmante el alto porcentaje de la cuencas Alta (38.7%) y Media (35.8%), con un grado de erosión muy alta, es decir mayor de 200 toneladas/ha.año.

CUADRO Nº 8
RESUMEN SOBRE LA EROSION EN LA CUENCA DEL RIO SAN JUAN

INTERVALO	CUENCA ALTA		CUENCA MEDIA		VALLE		TOTAL KM ²
	KM ²	%	KM ²	%	KM ²	%	
< 10	15.76	3.5	68.97	11.8	21.78	10.5	106.51
10-50	72.28	16.3	176.17	30.2	162.27	78.1	410.72
50-200	184.35	41.5	129.58	22.2	20.55	9.9	334.48
200-300	36.13	8.1	43.82	7.5	3.20	1.5	83.15
300-400	71.33	16.0	52.2	9.0			123.53
400-500	51.88	11.7	53.14	9.1			105.02
> 500	12.97	2.9	59.62	10.2			72.59
	447.70	100.0	583.50	100.0	207.80	100.0	1,236.00

D. Sedimentación

Para conocer la producción de sedimentos y su entrega al embalse de Sabaneta, fue utilizado el modelo MUSLE (Modificación de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo), desarrollado por J.R. Williams (1975), el cual emplea la siguiente ecuación para estimar los sedimentos aportados por una cuenca hidrográfica, durante un determinado aguacero.

$$y = 11.8(Qqp)^{0.56} KLSCP$$

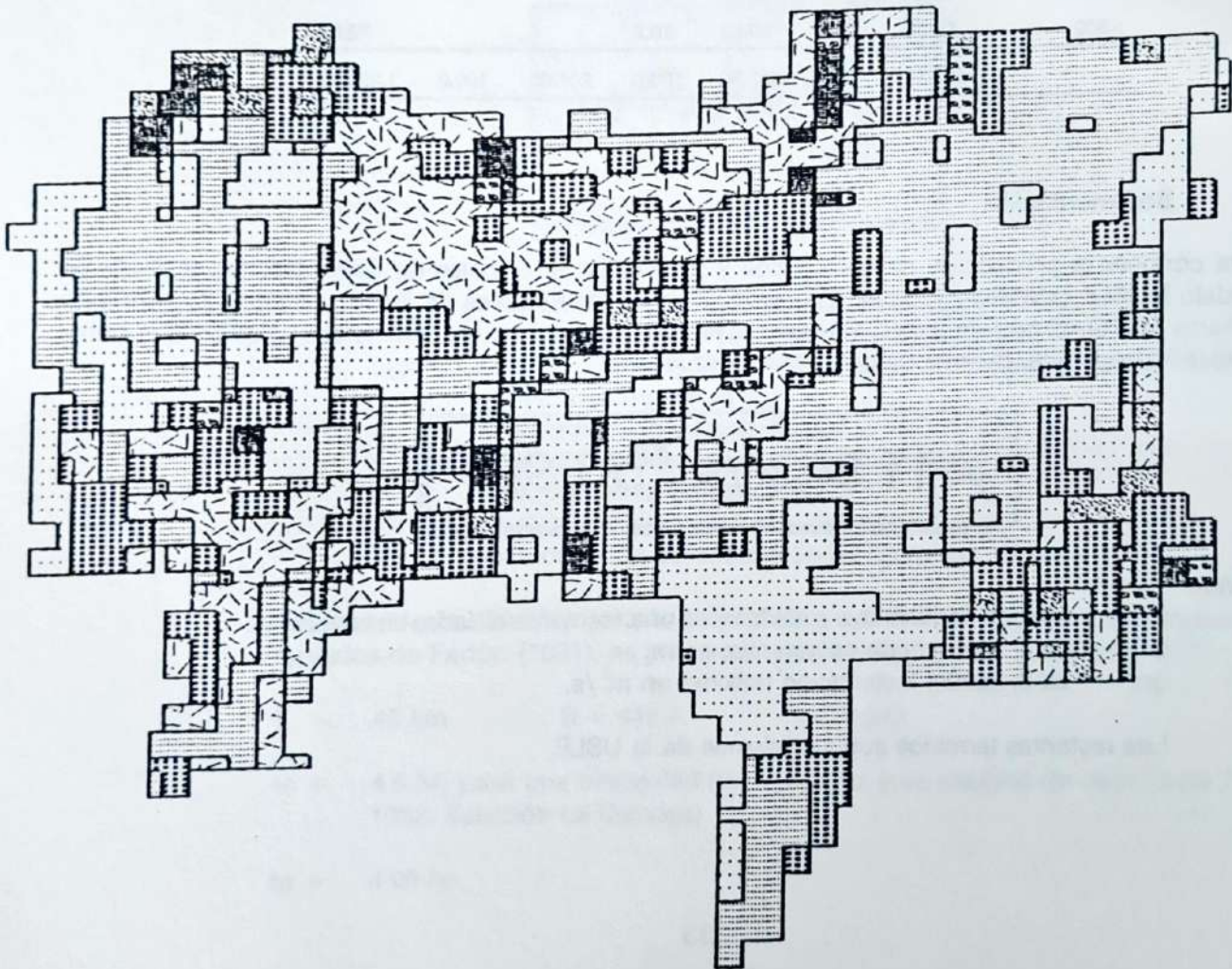
Donde:

- y: son los sedimentos emitidos por una tormenta aislada, en toneladas.
- Q: es el volumen de escorrentía, en m.
- qp: es el caudal instantáneo máximo en m³/s.

Los restantes términos son los mismos de la USLE.

FIGURA No.7

EROSION DE LA CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



TON/Ha. * AÑO	Km ²	%
10	106.51	8.6
10 - 50	410.72	33.2
50 - 200	334.48	27.1
200 - 300	83.15	6.7
300 - 400	123.53	10.0
400 - 500	105.02	8.5
500	72.59	5.9
	<u>1236.00</u>	<u>100.0</u>

1. Determinación de Q y qp

Para determinar Q y qp se utilizaron los datos de precipitación calculados por Fadón (1991) y las siguientes fórmulas para el tiempo pico y el tiempo de concentración de los caudales instantáneos.

$$tp = \frac{D}{2} + 0.6tc$$

$$tc = 0.066 \left[\frac{L}{(i)^{0.5}} \right]^{0.77}$$

$$qp = 0.206 \frac{QS}{tp}$$

Donde:

- tp: es el tiempo de rechazo o tiempo pico, en hr.
- tc: es el tiempo de concentración de la cuenca, en hr.
- qp: es el caudal instantáneo máximo que corresponde con la ordenada máxima del hidrograma, en m³/s.
- S: es el área de la cuenca, en Km².
- L: es la longitud del cauce principal, en Km.
- i: es la pendiente del cauce.
- Q: es el caudal de escorrentía, en mm.
- D: es la duración del exceso de precipitación, en hr.

Las variables estimadas para la cuenca Alta del río San Juan y los cálculos de Q y qp, tomados de Fadón (1991), se presentan a continuación y en el Cuadro N° 9.

$$L = 45 \text{ km} \quad S = 444.7 \quad i = 0.042$$

$$tc = 4.5 \text{ hr, para una intensidad de } 12 \text{ mm/hr y un período de retorno de } 2 \text{ años. (SEA, 1982. Estación La Ciénaga).}$$

$$tp = 4.95 \text{ hr.}$$

CUADRO NO. 9
 ESCORRENTIA DIRECTA Y CAUDAL INSTANTANEO PARA CADA AGUACERO

AÑO	PRECIPITACION (MM)	ESCORRENTIA q (MM)	ESCORRENTIA q (M3)	CAUDAL INSTANTANEO MAXIMO QP (M3/S)
1 A 9	ENTRE 19.6 Y 30			21.5
	30.8	1.15	511,405	22.2
	31.0	1.19	529,193	35.3
	34.2	1.89	840,483	46.5
	36.5	2.49	1,107,303	49.0
	37.0	2.62	1,165,114	68.6
	40.5	3.67	1,632,049	112.0
	47.0	5.99	2,663,753	162.8
	53.5	8.71	3,873,337	268.5
	65.0	14.37	6,390,339	
	10	ENTRE 19.6 Y 30		
30.8		1.15	511,405	22.2
31.0		1.19	529,193	35.3
34.2		1.89	840,483	46.5
36.5		2.49	1,107,303	49.0
37.0		2.62	1,165,114	68.6
40.5		3.67	1,632,049	112.0
47.0		5.99	2,663,753	162.8
53.5		8.71	3,873,337	268.5
65.0		14.37	6,390,339	550.0
90.0		29.43	13,087,521	

2. Determinación de KLSCP para la Cuenca Alta

Con las tablas confeccionadas para el cálculo de las pérdidas de suelo en la cuenca Alta del río San Juan, ponderadas por el área y para cada uno de los factores de la USLE [ver las ecuaciones a), b) y c)], se obtuvo una constante para introducir en la MUSLE y estimar así los sedimentos que podrían producirse.

$$a) \text{Factor } K = \frac{(377.11 \cdot 0.3) + (53.81 \cdot 0.4) + (3.1129 \cdot 0.5) + (10.6728 \cdot 0.2)}{444.7}$$

$$K = \frac{113.13 + 21.52 + 1.56 + 2.14}{444.7}$$

$$K = 0.311$$

$$b) \text{Factor } LS = \frac{(48.47 \cdot 0.080) + (23.12 \cdot 2.33) + (88.94 \cdot 6.44)}{444.7} + \frac{(165.4284 \cdot 12.55) + (118.73 \cdot 16.20)}{444.7}$$

$$LS = 10.5$$

$$c) \text{Factor } C = \frac{(0.99 \cdot 0.070) + (2.96 \cdot 0.363) + (4.9 \cdot 0.50) + (4.94 \cdot 0.30) + (224.33 \cdot 0.090)}{444.7} + \frac{(17.78 \cdot 0.050) + (43.48 \cdot 0.060) + (101.79 \cdot 0.020) + (14.82 \cdot 0.025)}{444.7} + \frac{(16.31 \cdot 0.030) + (12.35 \cdot 0.250)}{444.7}$$

$$C = 0.07$$

El factor P fue asumido de un valor igual a 1, dado que no se ejecutan prácticas de conservación en la cuenca Alta. De acuerdo con los valores encontrados, el valor del factor a introducir en la ecuación de la MUSLE es igual a:

$$K(LS)CP = 0.311 \cdot 10.5 \cdot 0.07 \cdot 1 = 0.23$$

3. Determinación de los Sedimentos

Los sedimentos producidos en la cuenca Alta, resultantes del cálculo de la ecuación para las diferentes frecuencias de lluvias, se presentan en el Cuadro N° 10.

$$Y = 11.8 (Q qp)^{0.56} (KLSCP)$$

$$Y = 2.714 (Q qp)^{0.56}$$

El valor de Y para las lluvias entre 19.6 y 30 mm es muy pequeño, razón por la cual se agrupan y se les asigna un valor equivalente al 10% del total anual de sedimentos emitidos en un año normal. La cantidad anual de sedimentos emitidos en un año normal es la suma de los sedimentos emitidos por cada aguacero en ese año.

De la suma de todos los Y del Cuadro N° 10 se obtiene, para un año normal (años 1 a 9), la producción de 1.2 millones de toneladas de sedimentos en la cuenca Alta, y en uno de cada 10 años (año 10 del Cuadro) se producen 2.1 millones de toneladas de sedimentos.

En ambos casos, los sedimentos producidos son debidos únicamente a la erosión laminar y en surcos, por ser esta la erosión que calcula la fórmula utilizada.

Coincidiendo con Fadón (1991), los tiempos de circulación para todas las subcuencas son iguales a cero o de un valor muy pequeño, debido a que todas las corrientes principales desembocan directamente al embalse de Sabaneta o muy próximo al mismo. Por esta razón, se consideró innecesario calcular la MUSLE para cada una de los subcuencas principales,

En consecuencia, procedentes de la erosión laminar y en surcos de su cuenca alimentadora, al embalse ingresarían 1.2 millones de toneladas de sedimentos en un año normal (años 1 a 9) y 2.1 millones de toneladas en uno de cada 10 años. Desde su inauguración (Enero de 1980), al embalse de Sabaneta podrían haber ingresado 15.3 millones de toneladas de sedimentos.

CUADRO Nº 10
SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA CUENCA ALTA DEL RIO SAN JUAN

AÑO	PRECIPITACION (MM)	Q (MM)	Q (MM)	QP (M ³ /SEG.)	Y (TON)
1 A 9	19.6 Y 30.0				107,739
	30.8	1.15	511,405	21.5	23,806
	31.0	1.19	529,193	22.2	24,705
	34.2	1.89	840,483	35.3	41,505
	36.5	2.49	1,107,303	46.5	56,516
	37.0	2.62	1,165,114	49.0	59,881
	40.5	3.67	1,632,049	68.6	87,314
	47.0	5.99	2,663,753	112.0	151,164
	53.5	8.71	3,873,337	162.8	229,860
	65.0	14.37	6,390,339	268.5	402,636
10	19.6 Y 30.0				107,739
	30.8	1.15	511,405	21.5	23,806
	31.0	1.19	529,193	22.2	24,705
	34.2	1.89	840,483	35.3	41,505
	36.5	2.49	1,107,303	46.5	56,516
	37.0	2.62	1,165,114	49.0	59,881
	40.5	3.67	1,632,049	68.6	87,314
	47.0	5.99	2,663,753	112.0	151,164
	53.5	8.71	3,873,337	162.8	229,860
	65.0	14.37	6,390,339	268.5	402,636
	90.0	29.43	13,087,521	550.5	898,779

4. Estimación de la Erosión Total de la Cuenca Alta.

Para estimar el total de sedimentos que se producen en una cuenca hidrográfica, es necesario considerar además, la erosión de los cauces de desagüe, en cárcavas y la proveniente de los movimientos en masa. En el cálculo anterior, se obtuvo la cantidad de sedimentos procedentes únicamente de la erosión laminar y en surcos, los cuales representan entre el 70 y el 80% del total transportado. Al asumir un valor promedio de 75% para la Cuenca, tal como lo estima Fadón (1991), el embalse podría haber recibido hasta el momento unos 20.4 millones de toneladas métricas de sedimentos.

En estas circunstancias, la degradación específica para la cuenca Alta sería de 38 ton/ha.año; valor que representa el 19% del total de pérdidas de suelo que sufre la cuenca Alta.

5. Retención de Sedimentos en el Embalse

No todos los sedimentos que llegan al embalse son retenidos por éste. Una porción variable, luego de su depositación selectiva dentro del embalse, es transportada por la tubería de presión, el canal derivador de riego y por el Río (rebose del vertedero).

Para calcular el coeficiente de retención que podría ocurrir en la cuenca, se utilizó la ecuación de Brown (1943) tal como se expresa a continuación. Al introducir en la ecuación los valores pertinentes, asumiendo un valor medio para K de 0.21 (Fadón, 1991), se obtiene un coeficiente de retención del 97.3% y un peso de los sedimentos depositados hasta el presente en el embalse de Sabaneta de 19.8 millones de toneladas métricas.

$$Cr = 100 \left[1 - \frac{1}{1 + KCS} \right]$$

Donde :

- Cr: es el coeficiente de retención
- C: es la capacidad del embalse en miles de metros cúbicos
- S: es la superficie de la cuenca alimentadora en Km²
- K: es un coeficiente que varía entre 0.096 y 2.1

$$Cr = 100 \left[1 - \left\{ \frac{1}{1 + 0.21 * 76,200 / 444.7} \right\} \right]$$

Empleando la ecuación de Lane y Kolder, Fadón (1991) determinó, con base en una composición granulométrica igual para la arena, el limo y la arcilla (un tercio de cada uno), que el peso específico de los sedimentos depositados en el embalse de Sabaneta es de 1.28 ton/m³. De acuerdo con lo anterior, el total de sedimentos depositados en el Embalse ocuparían un volumen de 15.5 millones de metros cúbicos.

Partiendo de una capacidad inicial del Embalse de 76.2 millones de metros cúbicos, esta podría haberse reducido en la actualidad a 60.7 millones de metros cúbicos, es decir a un 80% de su capacidad, por el ingreso anual medio de sedimentos de unos 1.29 millones de metros cúbicos.

Sin embargo, esta aproximación no puede pasar de ser especulativa y sólo comprobable con mediciones batimétricas del Embalse. La carencia de estas mediciones, no permite, por el momento, comparar los resultados del método indirecto utilizado, ni la obtención de parámetros propios para las cuencas de la República Dominicana, así como el manejo eficiente de los embalses.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL DIAGNOSTICO BIOFISICO

A. RESULTADOS

Mediante la asociación de variables de orden biofísico, fue posible sintetizar la situación de la cuenca hidrográfica del río San Juan y conocer el estado actual de los suelos, su capacidad de uso y los conflictos generados por su mala utilización; a fin de inducir un cambio en el uso de los mismos, recuperar el desgaste sufrido por el sobreuso de algunos e incorporar otros subutilizados, dentro de sistemas de producción y productividad sostenida.

El análisis efectuado ofrece una buena visión de conjunto sobre la situación del recurso suelo y de la vocación de las tierras en la cuenca hidrográfica del río San Juan. Sin embargo, es importante tener en cuenta la generalidad del análisis y la incertidumbre e imprecisión que conlleva la escala utilizada para la clasificación, así como la antigüedad de la información sobre uso actual de la tierra (8 años).

Los resultados, en consecuencia, no son definitivos. Para mejorar la toma de decisiones, la metodología empleada contempla la introducción de variables de orden socioeconómico e institucional, así como de valores sobre disponibilidad de agua en las unidades mapeadas. Este paso exige la elaboración de planos donde se establezcan unidades de actividad social y económica (tamaño de predios, población, PEA, servicios sociales, servicios a la producción, organizaciones e instituciones presentes, área sembrada, mercadeo, crédito, etc), al igual que un mapa de microcuencas, donde se indique la disponibilidad de escorrentía superficial y/o de depósitos subterráneos.

La confrontación de la zonificación biofísica y socioeconómica permitirá entonces identificar las tendencias, el alcance y el nivel de cubrimiento de las acciones a ser propuestas, al igual que mejorar los criterios técnicos de los tratamientos necesarios. Este entrecruzamiento de variables, permite finalmente clasificar el "uso recomendable" para los suelos de la Cuenca, de acuerdo con las limitaciones y las potencialidades de su patrimonio demográfico y natural; uso que no necesariamente tiene que coincidir con la capacidad de uso mayor establecida en este análisis.

Se logró cuantificar además, la magnitud de las pérdidas de suelo que podrían estar ocurriendo en los distintos ámbitos de la Cuenca, con el fin de identificar el grado de intervención requerida para su eventual recuperación y/o el tipo de medidas preventivas necesarias para evitar futuros daños, en función de la fragilidad identificada. Los valores obtenidos servirán, además, para evaluar los beneficios que podrían lograrse con el cambio en la cobertura vegetal y/o con la materialización de prácticas de conservación de suelos y aguas.

Aunque el modelo USLE indica sólo una aproximación indirecta de las pérdidas de suelo que podrían ocurrir en la Cuenca, los resultados del cálculo son, por el momento, los únicos criterios a disposición de los técnicos para estimar la magnitud del proceso erosivo, a falta de datos directos; que en su conjunto son complejos, de difícil medición y consumidores de tiempo y dinero.

1. Recursos Forestales

Se infiere del análisis realizado que, fuera del Parque Nacional, sólo existen unas 1.000 ha de bosque en la cuenca Alta y que a la vez, hay unas 8.400 ha inadecuadamente cubiertas de pastizales, donde podría ejecutarse un programa de repoblación forestal con Pinus occidentalis fundamentalmente; a fin de restaurar el equilibrio ambiental perdido, regular el suministro oportuno de agua para el embalse de Sabaneta y reducir la altas tasas de erosión y la producción de sedimentos.

Existen además unas 600 ha de bosque en la cuenca Media y la posibilidad de incorporar 3.700 ha más, que aparecen como de uso inadecuado, en pastizales, mediante la siembra de Pinus caribaea y Eucalyptus sp., principalmente.

2. Recursos Agroforestales

Un amplio potencial de suelos, localizados principalmente en la cuenca Media, con vocación para el desarrollo de sistemas de cultivo de tipo agroforestal y/o para la siembra de bosques comerciales, básicamente de tipo energético, muestran los resultados del presente análisis. Aparecen 413 ha utilizadas adecuadamente (posiblemente en café con sombrero) y podría pensarse en la incorporación de 29.000 ha adicionales, mediante la inducción de un cambio sobre 18.000 ha de la cuenca Media y 9.000 ha de la cuenca Alta, actualmente con uso inadecuado en sistemas agropecuarios no sostenibles, y sobre 2.000 ha subutilizadas, localizadas la mayor parte en la cuenca Media.

3. Recursos Pecuarios

El análisis muestra que de la extensión actual con cobertura de pastos (alrededor de 50.000 ha), sólo existen unas 8.000 ha con vocación ganadera, localizadas en su mayoría en la cuenca Media. Luego de los incendios forestales, provocados o accidentales, de frecuente ocurrencia en la cuenca Alta, comienza una agresiva invasión de los pastos y una conversión paulatina del bosque a extensas praderas naturales sobre fuertes pendientes.

De acuerdo con lo observado y consultado con personas conocedoras de la Región, estas praderas no son pastoreadas por la falta de corrientes superficiales, de accesibilidad y por las grandes distancias que deben recorrer las ganaderías a los sitios de abrevadero. Incluso, no es fácil aceptar su posible traslado temporal a las zonas bajas de la Cuenca, en las épocas de sequía, por la gran distancia que tendrían que recorrer los ganados. Es entonces difícil y por demás especulativo, sacar conclusiones válidas de posibles migraciones cíclicas de las ganaderías, por la falta de estadísticas confiables sobre el número de cabezas y su ubicación en la Cuenca.

4. Recursos Agrícolas

En relación con los cultivos agrícolas de ciclo corto, el Valle cuenta con 17.300 ha en uso adecuado y con unas 3.100 ha susceptibles de ser incorporadas a la agricultura; las cuales aparecen como subutilizadas en matorrales y pastos, quizás por falta de riego en aquel entonces (1984), para unas 20.400 hectáreas en total.

La cuenca Media por su parte tiene 12.600 ha adecuadamente explotadas en cultivos de ciclo corto y unas 9.700 ha subutilizadas en pastos y matorrales principalmente, que podrían aprovecharse en la producción agrícola, si se ampliasa la infraestructura de riego y se mejorase la red de caminos de penetración.

En la cuenca Alta no existen terrenos con vocación agrícola para cultivos de ciclo corto, por limitaciones de orden biofísico. Sin embargo, los datos sobre uso actual informan sobre la existencia de unas 700 ha cultivadas, lo cual sugiere la necesidad de implementar acciones de extensión y transferencia tecnológica apropiada, que beneficien a los 4.000 campesinos allí asentados y generen un cambio hacia sistemas de producción sostenidos, de acuerdo con la vocación de las tierras.

En materia de cultivos agrícolas de tipo perenne existen unas 2.400 ha utilizadas adecuadamente, en buena medida localizadas en la cuenca Media (2.200 ha), al igual que un potencial de 4.500 ha adicionales, que podrían ser incorporadas en un futuro, localizadas en las cuencas Alta (1.800 ha) y Media (2.700 ha) y provenientes de 3.500 ha subutilizadas en pastos, matorrales y bosques, y de 1.000 ha inadecuadamente explotadas en cultivos de ciclo corto.

5. Erosión y Sedimentación

En general, las pérdidas de suelo en la cuenca del río San Juan podrían ascender a unas 185 ton/ha.año, estimándose en 219 ton/ha.año los aportes de la cuenca Media y en 198 ton/ha.año la erosión en la cuenca Alta. El Valle, por su topografía plana y la baja precipitación, no presenta pérdidas de suelo significativas.

La importancia del embalse de Sabaneta para el mantenimiento de la costosa infraestructura construida, sugirió el interés de calcular, aunque fuese por métodos indirectos, la producción de sedimentos y su posible entrega al Embalse; a fin de conocer el estado de su capacidad de almacenamiento y las actuales tendencias del proceso. Los cálculos indicaron el ingreso de 20.4 millones de toneladas métricas de sedimentos durante toda la vida del Embalse (12 años), para una degradación específica de 38 ton/ha.año y equivalente a un 19% de la pérdida total de suelos que sufre la cuenca Alta.

La estimación del peso específico para las características promedias de estos sedimentos (1.28 ton/m^3) y del coeficiente de atrape (0.97), produjo un total de 15.5 millones de metros cúbicos depositados hasta el presente en el embalse de Sabaneta. Situación que podría haber reducido la capacidad de almacenamiento del mismo, de 76.2 a 60.7 millones de m^3 (80% de su capacidad), para una depositación promedio de 1.29 millones de m^3 .

Con base en estos datos, la vida útil calculada en el diseño del embalse de Sabaneta (50 años) no estaría garantizada. Sin embargo, los cálculos, a pesar de su alarmante resultado, son especulativos y sólo comprobables con mediciones batimétricas del fondo del Embalse. Batimetría que, además, podría permitir el ajuste de las fórmulas indirectas empleadas y la obtención de variables propias y adaptadas para las condiciones de las cuencas de la República Dominicana.

B. RECOMENDACIONES

Entre las conclusiones y recomendaciones que podrían derivarse del diagnóstico biofísico, se destacan:

1. La no existencia de planos en escalas superiores a 1:50.000, redujo la precisión con que fueron separadas las unidades topográficas (pendientes) y de suelos.

Sería muy útil y deseable iniciar la restitución topográfica del área a escala 1:25.000, mediante la toma de fotografías aéreas en la misma escala; las cuales, además de permitir la restitución, podrían utilizarse para fotointerpretar el uso actual de la tierra y para definir la factibilidad de las propuestas de acción.

2. La antigüedad de la información sobre zonas de vida (OEA, 1967) y lo generalizado de las unidades climáticas clasificadas, sugiere la necesidad de calcular un nuevo trazado de isoyetas e isotermas, al igual que nuevas curvas de isoerosividad, con base en la mayor información hidroclimática disponible. La clasificación de las zonas de vida podría ser

complementada con la correspondiente comprobación de campo, para hacer ajustes por vegetación.

3. De igual manera, la incertidumbre que genera la antigüedad de la zonificación sobre uso actual de la tierra, obliga a recomendar la elaboración de una nueva clasificación, mediante la obtención de fotografías aéreas o de imágenes de satélite (SPOT, SOYUS-KARTA), de escala adecuada, y su interpretación con los modernos medios de que dispone en la actualidad el Departamento de Inventarios de la SEA/SURENA.

4. Se recomienda establecer una estación hidrográfica en el río San Juan, antes de la desembocadura del río Los Baos; en la cual, además del aforo de caudales, se establezca un programa de mediciones sistemáticas de la calidad del agua servida, para conocer la incidencia del uso de agroquímicos y fertilizantes en el Valle.

5. En materia de reconocimiento y análisis de suelos, se recomienda hacer estudios de detalle en los territorios seleccionados para la implementación de proyectos piloto de validación y transferencia tecnológica.

6.

El alto grado de deforestación y el consecuente avance del monocultivo de pastos, sobre terrenos de vocación forestal en las cuencas Alta y Media, obliga a iniciar con urgencia un masivo y vigoroso programa de repoblación forestal, de tipo protector, dentro del Parque José del Carmen Ramírez y de tipo protector-productor en la cuenca Alta (por fuera del Parque) y en la cuenca Media en menor proporción.

7. Es indiscutible la necesidad de restaurar el área del Parque Nacional o al menos de establecer las medidas preventivas adecuadas y factibles para propiciar su recuperación natural.

Contrario a lo que comúnmente se cree, y a juzgar por lo observado en los reconocimientos de campo y en la realidad sintetizada en este análisis, de las 75.000 ha del Parque con que presumiblemente contaba la Nación Dominicana como parte de sus reservas bióticas, aparentemente sólo quedan en el Parque reductos de bosque natural primario en las cimas inaccesibles de la Cordillera Central, rodeados por una masa boscosa rala y en buena medida alterada por la intervención humana. Esta situación, sin embargo, sólo podría comprobarse con la interpretación de nuevas fotografías aéreas.

8. Con el mismo orden de ideas, la gran proporción de tierras en pastizales y en menor extensión en cultivos de ciclo corto, usadas inadecuadamente en las cuencas Alta y Media, sustenta la implementación de un amplio programa de extensión agroforestal; para que a través de la educación ambiental, la capacitación y la transferencia de tecnología, se promueva un cambio en el uso de estos terrenos hacia sistemas de producción sostenidos, de tipo agroforestal.

El programa, podría incluir aspectos de control y de manejo del fuego para reducir o evitar los daños y la frecuencia de incendios forestales, así como aspectos de vigilancia para impedir la invasión de colonos y ganados, en buena medida causantes de la desaparición de los bosques y de la detención de la sucesión natural.

9. El gran avance de la frontera pecuaria y la necesidad de revertir estos terrenos al uso forestal y agroforestal, evidencia la necesidad de incorporar en los programas de extensión, la inducción de cambios graduales en el uso de la tierra; mediante la validación y transferencia tecnológica en sistemas intensivos de producción ganadera: sistemas

estabulados y semiestabulados de confinamiento, siembra de pastos de corte, mejoramiento de hatos y pastizales, etc.

10. Para llenar vacíos de información y despejar las dudas sobre movimientos cíclicos de las ganaderías, es importante realizar un censo ganadero y muestreos representativos en diversas épocas del año. Con este conocimiento, podría definirse la viabilidad de las medidas de control y las acciones necesarias de educación ambiental y de transferencia tecnológica.
11. La escasez de corrientes superficiales y el alto porcentaje de tierras subutilizadas de la cuenca Media, eventualmente incorporables a la producción agrícola y agroforestal, sustentan claramente la necesidad de buscar alternativas en el uso del agua que generen una mayor oferta hídrica, junto con el establecimiento de un programa regular de mejoramiento y mantenimiento de caminos para la movilización de pasajeros y de carga.

Entre las posibles opciones para ampliar la disponibilidad de agua para la irrigación, podrían estar: la exploración, ubicación y cuantificación de reservas subterráneas; el almacenamiento adicional de la escorrentía en pequeños embalses y lagunas; la reducción de pérdidas en el sistema de riego del valle del San Juan y en los pequeños desarrollos privados de los grupos campesinos; el establecimiento de turnos de irrigación vespertinos y/o nocturnos; la inducción de un cambio hacia cultivos menos consumidores de agua; etc.

12. La erosión de la cuenca del río San Juan, que podría clasificarse entre alta y muy alta, aunada a la alta producción de sedimentos, es a todas luces alarmante y obliga a implementar medidas que contribuyan a detener el proceso erosivo en los sitios donde ocurre, mediante la promoción entre los campesinos de prácticas de conservación de suelos y de control torrencial, acompañadas de un amplio proceso de diversificación de cultivos y de cambio en el uso de la tierra hacia sistemas de producción sostenidas.
13. El potencial piscícola y turístico del embalse de Sabaneta, asociado a las posibilidades de turismo ecológico en el Parque Nacional José del Carmen Ramírez y a la necesidad de proveer nuevas fuentes de proteína animal para la población, permite considerar entre las acciones prioritarias de desarrollo y manejo de la Cuenca, la promoción de la acuicultura a nivel de granja y de un aprovechamiento integral de las posibilidades piscícolas y turísticas del Embalse.

BIBLIOGRAFIA

- ACDI-CDMB. 1985. Uso Recomendable del Suelo. Plan de Manejo Integral de la Cuenca Superior del Río Lebrija. Bucaramanga, Colombia. 85 pp, Anexos y Mapas.
- AID-JRB ASSOCIATES. 1981. Perfil Ambiental de la República Dominicana. SEA/Departamento de Educación Ambiental. Santo Domingo, República Dominicana. 134 pp.
- CHRISTIANSEN, P. 1987. Reforestación Industrial, Manejo de Bosques Productivos y Extracción. PAFT-FAO/PNUD. Santo Domingo, República Dominicana. 37 pp y Anexos.
- DELGADO C-F, G. et al. 1987. Metodología para la Evaluación de la Aptitud de los Suelos del Sector Noroccidental de Sierra Nevada (Granada) para Usos Agronómicos (Agrícolas, Forestales y Ganaderos). Ecología Nº 1. Madrid, España. pp 5-25.
- FADON S., J.I. 1991. La Ordenación Agrohidrológica de la Cuenca Alimentadora del Embalse de Sabaneta. AEI. Santo Domingo, República Dominicana. 70 pp.
- GARCIA, E. Y F. HARMS. 1988. Mapa Geológico de la República Dominicana. San Juan. 97 pp, Anexos y Mapas.
- HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología Basada en Zonas de Vida. IICA. 3ª Reimpresión. San José, Costa Rica. 216 pp.
- ICONA. 1987. Mapas de Estados Erosivos. Cuenca Hidrográfica del Ebro. Madrid, España. 87 pp y Mapas.
- OEA. 1967. Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana. Washington D.C, USA. 540 pp y Mapas.
- OEA. 1991. Proyecto de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables en la Cuenca del Río Chixoy. Guatemala. Washington D.C., USA. 68 pp y Anexos.
- ONE. 1991. República Dominicana en Cifras 1990. Vol. XVI. Santo Domingo, República Dominicana. 372 pp.
- RAMIREZ R., J. 1987. Manejo Integral de Cuencas para la República Dominicana. Informe de Consultoría. PAFT- Proyecto PNUD/FAO. Santo Domingo, República Dominicana. 99 pp.
- RAMIREZ R., J. 1990. Diagnóstico Biofísico Preliminar de la Cuenca Superior del Río Yapacaní. Informe de Consultoría. Proyecto MACA-BID. Santa Cruz, Bolivia. 58 pp, Mapas y Anexos.
- SANTANA, Q. 1981. Manual de Planes de Conservación de Suelos y Aguas. SEA/SURENA-Departamento de Tierras y Aguas. Santo Domingo, República Dominicana. 131 pp.
- SEA-IICA. 1982. Intensidades Máximas y Erosividad de las Lluvias en la República Dominicana. Convenio IICA-INDRHI. Santo Domingo, República Dominicana. 83 pp, Anexos y Mapa de Isoerosividad.
- SEA/SURENA. 1984. Estudio de Suelo del Valle de San Juan de la Maguana. Clasificación y Aptitud para Uso y Manejo. Santo Domingo, República Dominicana. 178 pp y Mapas.
- SEA/SURENA. 1985. Características de los Suelos de la República Dominicana por URP y ASDS. Proyecto MARENA. Santo Domingo, República Dominicana. 60pp y Mapa.

WISCHMEIER, W.H Y D.D. SMITH. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. USDA Agricultural Handbook Nº 537. Washington D.C., USA. 58 pp.

CLAVE NO.1
USO POTENCIAL MAYOR DEL SUELO
ZONA DE VIDA: BOSQUE SECO SUBTROPICAL (BS-ST)

BIOTEMPERATURA 18 A 24 °C	PRECIPITACION: 500 A 1.000 MM
ALTURA: 0 A 700 MSNM	

CAPACIDAD DE USO MAYOR	RANGOS PERMISIBLES			OBSERVACIONES
	PENDIENTE %	PROFUNDIDAD CMS	TEXTURA	
CULTIVO	0 A 4	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO *
LIMPIO	4 A 8	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	REQUIERE RIEGO Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
CULTIVO	4 A 8	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
SEMILIMPIO	8 A 16	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO	8 A 16	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
DENSO	16 A 32	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO	16 A 32	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO
SILVOAGRICOLA	32 A 70	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO	32 A 70	50 A 100 < 50	TODAS FRANCA Y FINA	
AGROSILVOPASTORIL				
CULTIVO SILVOPASTORIL	32 A 70	TODAS	TODAS	
BOSQUE PRODUCTOR- PROTECTOR	> 70	> 50	TODAS	
BOSQUE PROTECTOR	> 70	TODAS	TODAS	

* PODRIAN EXISTIR LIMITACIONES POR DEMASIADA SUPERFICIALIDAD DE LOS SUELOS Y/O PEDREGOSIDAD.

CLAVE NO.2
 USO POTENCIAL MAYOR DEL SUELO
 ZONA DE VIDA: BOSQUE HUMEDO SUBTROPICAL (BH-ST)

BIOTEMPERATURA 18 A 24 °C
 ALTURA: 400 A 700-800 NSMM
 PRECIPITACION: 1.000 A 1.500 MM

CAPACIDAD DE USO MAYOR	RANGOS PERMISIBLES			OBSERVACIONES
	PENDIENTE %	PROFUNDIDAD CMS	TEXTURA	
CULTIVO	0 A 4	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO *
LIMPIO	4 A 8	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	REQUIERE RIEGO Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
CULTIVO	4 A 8	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
SEMILIMPIO	8 A 16	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO	8 A 16	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO Y PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
DENSO	16 A 32	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO	16 A 32	TODAS	TODAS	REQUIERE RIEGO (GOTEO)
SILVOAGRICOLA	32 A 70	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO	32 A 70	50 A 100 < 50	TODAS FRANCA Y FINA	
AGROSILVOPASTORIL				
CULTIVO	32 A 70 > 70	TODAS 50 A 100 > 100	TODAS FRANCA Y FINA TODAS	
SILVOPASTORIL				
BOSQUE PRODUCTOR- PROTECTOR	> 70	> 50	TODAS	
BOSQUE PROTECTOR	> 70	TODAS	TODAS	

* PODRIAN EXISTIR LIMITACIONES POR DEMASIADA SUPERFICIALIDAD DE LOS SUELOS
 Y/O PEDREGOSIDAD.

CLAVE NO.3
USO POTENCIAL MAYOR DEL SUELO
ZONA DE VIDA: BOSQUE HUMEDO MONTAÑO-BAJO SUBTROPICAL (BHMB-ST)

BIOTEMPERATURA 12 A 18 °C	PRECIPITACION: 900 A 1.800 MM
ALTURA: > 800 MSNM	

CAPACIDAD DE USO MAYOR	RANGOS PERMISIBLES			OBSERVACIONES
	PENDIENTE %	PROFUNDIDAD CMS	TEXTURA	
CULTIVO	0 A 4	TODAS	TODAS	PODRIA REQUERIR RIEGO *
LIMPIO	4 A 8	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	PODRIA REQUERIR RIEGO, REQUIERE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
CULTIVO	4 A 8	TODAS	TODAS	PODRIA REQUERIR RIEGO, REQUIERE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
SEMILIMPIO	8 A 16	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM
CULTIVO	8 A 16	TODAS	TODAS	PODRIA REQUERIR RIEGO, REQUIERE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
DENSO	16 A 32	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM
CULTIVO	16 A 32	TODAS	TODAS	PODRIA REQUERIR RIEGO
SILVOAGRICOLA	32 A 70	50 A 100 > 100	FRANCA Y FINA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO	32 A 70	50 A 100 < 50	TODAS FRANCA Y FINA	
AGROSILVOPASTORIL				
CULTIVO	32 A 70 > 70	TODAS 50 A 100	TODAS FRANCA Y FINA	
SILVOPASTORIL		> 100	TODAS	
BOSQUE PRODUCTOR- PROTECTOR	> 70	> 50	TODAS	
BOSQUE PROTECTOR	> 70	TODAS	TODAS	

* PODRIAN EXISTIR LIMITACIONES POR DEMASIADA SUPERFICIALIDAD DE LOS SUELOS Y/O PEDREGOSIDAD.

CLAVE NO.4
USO POTENCIAL MAYOR DEL SUELO
ZONA DE VIDA: BOSQUE MUY HUMEDO MONTANO-BAJO SUBTROPICAL (BMHMB-ST)

BIOTEMPERATURA 12 A 18 °C	PRECIPITACION: > 2.000 MM
ALTURA: > 800 NSMM	

CAPACIDAD DE USO MAYOR	RANGOS PERMISIBLES			OBSERVACIONES
	PENDIENTE %	PROFUNDIDAD CMS	TEXTURA	
CULTIVO LIMPIO	0 A 4	TODAS	TODAS	PODRIA REQUERIR DRENAJE *
	4 A 8	50 A 100 > 100	FRANCA Y GRUESA TODAS	PODRIA REQUERIR DRENAJE, REQUIERE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
CULTIVO SEMILIMPIO	4 A 8	TODAS	TODAS	REQUIERE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
	8 A 16	50 A 100 > 100	FRANCA Y GRUESA TODAS	IDEM IDEM
CULTIVO DENSO	8 A 16	TODAS	TODAS	REQUIERE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS,
	16 A 32	50 A 100 > 100	FRANCA Y GRUESA TODAS	EN ESPECIAL PARA SUELOS SUPERFICIALES
CULTIVO SILVOAGRICOLA	16 A 32	TODAS	TODAS	PODRIA REQUERIR PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS
	32 A 70	> 50	FRANCA	IDEM
CULTIVO AGROSILVOPASTORIL	32 A 70	TODAS	FRANCA	
CULTIVO SILVOPASTORIL	32 A 70	TODAS	TODAS	
	>70	>50	FRANCA	
BOSQUE PRODUCTOR- PROTECTOR	> 70	> 50	TODAS	
BOSQUE PROTECTOR	> 70	TODAS	TODAS	

* PODRIAN EXISTIR LIMITACIONES POR DEMASIADA SUPERFICIALIDAD DE LOS SUELOS Y/O PEDREGOSIDAD.

ANEXO Nº 2

La metodología empleada identifica 10 usos potenciales mayores, o usos mas intensivos que podrían soportar los suelos sin degradarse para mantener una producción sostenida, de acuerdo con la cobertura vegetal que proveen los diferentes usos de la tierra, tanto en el tiempo como en el espacio. Los usos se agrupan en 4 categorías: uso agropecuario, uso agroforestal, uso forestal y protección absoluta, tal como se describen en el Anexo Nº1 (Ramírez, 1990).

1. **Uso Agropecuario**

Son los usos en los cuales los suelos no tienen limitaciones para el monocultivo agrícola o ganadero , o para la asociación agropastoril.

Cultivos Limpios

Son los llamados cultivos de ciclo corto, anuales y semianuales, de un período vegetativo generalmente menor de un año. Requieren laboreo y remoción frecuente del suelo, dejándolo expuesto a los agentes atmosféricos durante cierta época del año (postcosecha y preparación del terreno), o en espacios entre surcos y plantas. Entre ellos están el maíz, hortalizas, frijol, algodón, papa, etc.

Cultivos Semilimpios

Son los llamados perennes o permanentes, de un período vegetativo largo (mas de un año). Permiten siembra, labranza y cosecha, sin dejar el suelo desprovisto de una cobertura vegetal permanente, excepto entre plantas o por cortos períodos de tiempo (cuando se renuevan las plantaciones). No requieren en consecuencia una remoción continua y frecuente del suelo. Entre ellos están el café sin sombra (caturra), frutales, palma de aceite, pastos y forrajes de corte, etc.

Cultivos Densos

Son cultivos permanentes de un largo período vegetativo, que no requieren la remoción continua y frecuente del suelo, ni lo dejan desprovisto de una cobertura vegetal permanente aun entre plantas. Entre ellos están los pastos naturales y artificiales, el bambú, etc.

2. **Uso Agroforestal**

Son los usos en que se combinan los cultivos agrícolas, los pastizales y el bosque, mediante una correcta distribución, utilización y protección espacial y temporal, en los suelos que tienen limitaciones para el uso continuo en agricultura y ganadería.

El uso de muchos de estos terrenos está condicionado por situaciones sociales y económicas que presionan su empleo, tanto en cultivos de subsistencia o autosuficiencia, como en cultivos especializados según la demanda del mercado. Los sistemas de producción agroforestales, además de constituirse en un paso intermedio para no hacer tan drástico y dramático el cambio de uso, atenúan el natural desgaste de los suelos con los aportes de nutrimentos y otros beneficios que proveen los árboles.

Cultivos Silvoagrícolas

Son los que combinan la agricultura y los bosques, permitiendo la siembra, la labranza y la recolección de la cosecha, al igual que la remoción frecuente y continua del suelo; dejándolo desprovisto de cobertura vegetal en algunas áreas, pero manteniendo el resto cubierto por árboles protectores o de sombra. Entre ellos están el café con sombra, frejol y maíz con nogal, yuca con eucalipto, cacao con nogal (*Cordia sp.*), etc.

Cultivos Agrosilvopastoriles

Son los que combinan la agricultura, los bosques y el pastoreo. Permiten la siembra, la labranza y la recolección de la cosecha, junto con el pastoreo dentro de los cultivos y el bosque; sin dejar el suelo desprovisto de árboles protectores permanentemente. Entre ellos están las asociaciones de cítricos con pastos y nogal (*Juglans sp.*), bambú con pastos y frutales, frutales con pastos y eucaliptos, etc.

Cultivos Silvopastoriles

Son los que combinan el pastoreo y el bosque. No exigen la remoción continua y frecuente del suelo, ni lo dejan desprovisto de una cobertura vegetal protectora, permitiendo el pastoreo permanente del ganado dentro del bosque. Entre ellos están pastos con árboles frutales, pastos con eucalipto o nogal, etc.

3. Uso Forestal

Son los usos en los cuales los suelos presentan limitaciones para el uso agrícola o pecuario, así sea parcialmente. Son usos menos exigentes en calidad de suelos y que proveen un retorno bioenergético más equilibrado para compensar el desgaste de los suelos.

Bosques Productores

Son los que no requieren la remoción continua y frecuente del suelo, pero lo dejan desprovisto de una cobertura vegetal en áreas determinadas y por períodos relativamente breves, durante el aprovechamiento (entresaca o tala rasa) y la siembra o regeneración natural. Sin embargo, el suelo mantiene la protección brindada por los tocones y las raíces de los árboles. Entre ellos están las plantaciones manejadas de árboles nativos o exóticos, la reforestación con fines industriales, etc.

Bosques Productores - Protectores

Son los que no requieren la remoción continua y frecuente del suelo, aunque lo dejan desprovisto de árboles en áreas pequeñas, o por períodos relativamente breves; en razón a la tala selectiva o por sectores, mientras se recupera naturalmente el bosque o se reforesta artificialmente. Entre ellos están las plantaciones manejadas de árboles nativos o exóticos, con diferentes tasa de crecimiento, demanda y valor comercial.

Bosques Protectores

Son los que no permiten la remoción del suelo ni de la cobertura vegetal, debido a limitaciones ejercidas por los agentes naturales, o por condicionamientos sociales; en razón a su valor protector de nacimientos de agua, refugios de fauna, bancos genéticos, y/o otros valores escénicos, recreativos y científicos. Entre ellos están los bosques naturales

y artificiales que sobrepasan los rangos permitidos para otros usos mayores, los parques nacionales, etc.

4. Protección Absoluta

Son las tierras que no permiten ninguna intervención lucrativa y por lo tanto deben dejarse como tales, permitiendo mediante la exclusión, su recuperación espontánea o su desgaste natural. Entre ellas están los afloramientos rocosos, las tierras misceláneas degradadas, etc.

INFORMACIÓN Y REPRESENTACIÓN EN LA
CUECA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SAN JUAN

MAPAS

	ESCALA
- Mapa Básico	1:50.000
- Mapa Geológico	1:50.000
- Mapa de Zonas de Vida	1:50.000
- Mapa de Pendientes del Terreno	1:50.000
- Mapa de Uso Actual de la Tierra	1:50.000
- Mapa de Uso Potencial Mayor del Suelo	1:50.000
- Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra	1:50.000
- Mapa de Erosión	1:50.000

SANTO DOMINGO, R.D.
MAYO, 1972

EROSION Y SEDIMENTACION EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO SAN JUAN

Preparado por:

Josefina Espailat

**SANTO DOMINGO, R.D.
MARZO, 1992**

INDICE

Pág.

RESUMEN EJECUTIVO	
I. EROSION. APLICACION DEL MODELO USLE (ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDAS DE SUELO)	1
A. Explicación de la metodología utilizada	1
1. Determinación del Factor R.	1
2. Determinación del factor K.	1
3. Determinación del Factor (LS).	3
4. Determinación del Factor C.	3
5. Determinación del Factor P.	4
6. Resultados.	4
a. Pérdidas de suelo en la Cuenca del Río San Juan.	4
b. Pérdidas de suelo en la Cuenca Alta del Río San Juan.	5
c. Pérdidas de suelo en la Cuenca Media del Río San Juan.	5
d. Resumen de las pérdidas de erosión.	6
II. DESPLAZAMIENTO DE LOS SEDIMENTOS. APLICACION DEL MODELO MUSLE (MODIFICACION DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDAS DE SUELO) A LA CUENCA ALTA DEL RIO SAN JUAN	7
A. Explicación de la metodología.	7
1. Cálculo de Q y qp.	7
2. Determinación de KLSCP para la Cuenca Alta.	9
3. Aplicación del Modelo MUSLE.	10
4. Cantidad de sedimentos que ingresan en el embalse procedente de la erosión laminar y en regueros de la Cuenca.	11
5. Cálculo de la erosión hídrica total de la Cuenca del Embalse de Sabaneta (Cuenca Alta del Río San Juan).	11
6. Estimación de los procesos de depósito de materiales en el Embalse de Sabaneta.	12
7. Capacidad Actual del Embalse.	12
III. MODIFICACIONES EN EL USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA ALTA DEL RIO SAN JUAN Y SU EFECTO EN LAS PERDIDAS DE SUELO	13

I. **EROSION. APLICACION DEL MODELO USLE
(ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDAS DE SUELO)**

A. **Explicación de la metodología utilizada¹.**

Para el cálculo de las pérdidas de suelo que se producen en la cuenca del río San Juan se utilizó el sistema de información geográfica (SIG) del Dpto. de Inventario de la Subsecretaría de Recursos Naturales (SURENA) de la Secretaría de Estado de Agricultura. Se obtuvo un mapa detallado de pérdidas de suelo para la cuenca. A continuación se describe brevemente los pasos del modelo USLE.

$$A = RK(LS)CP$$

Donde:

- A: son las pérdidas de suelo en (ton/ha*año).
- R: el factor índice de erosión pluvial.
- K: el factor erodabilidad del suelo.
- L: el factor longitud de pendiente.
- S: el factor pendiente.
- C: el factor de cobertura del suelo.
- P: el factor de control de la erosión mediante prácticas de conservación.

1. **Determinación del Factor R.**

El estudio de intensidades máximas y erosividad de las lluvias (Reyna y Paulet, 1978) generó el mapa de isoerosividad de las lluvias para el país a escala 1:800,000. De este mapa se tomaron los valores de R para la cuenca. Los valores de R varían de 1400-200 J.cm.m².hora⁻¹.

RANGOS	VALOR UTILIZADO
a) 200 - 400	300
b) 400 - 600	500
c) 600 - 800	700
d) 800 - 1000	900
e) 1000 - 1200	1100
f) 1200 - 1400	1300

2. **Determinación del factor K.**

Al no disponerse de estudios de suelos para toda la cuenca con el nivel de detalle deseado, el factor K fue determinado en base al estudio geológico del país. Se construyó la siguiente tabla:

1. FADON, J. 1991. Ordenación Agrohidrológica de la Cuenca Alimentadora del Embalse de Sabaneta.

GEOLOGIA		FACTOR K
A.	DEPOSITOS DE ALUVIONES Y COLUVIONES, DETRITICOS Y DUNAS.	0.5
B.	ROCAS SEDIMENTARIAS CONSOLIDADAS EN ALTERNANCIA CON SEDIMENTOS POCO PROFUNDOS.	0.4
C.	ROCAS SEDIMENTARIAS BLANDAS (MAGMAS, YESO, ARENAS).	0.4
D.	ROCAS SEDIMENTARIAS DURAS (CALIZA MASIVA DURA), ROCAS METAMORFICAS ROCOSAS, IGNEAS BASICAS.	0.3
E.	ESTRATOS CRISTALINOS. ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS, ROCAS IGNEAS METAMORFICAS, ROCAS VOLCANICAS.	0.1

Valores de K utilizados.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS		K
A)	CIENAGAS, DEPOSITOS DE PLAYA, DEPOSITOS DE TIERRAS ALTAS PRINCIPALMENTE GRAVILLOSAS, ABANICOS ALUVIALES O DEPOSITOS DE HONDONADAS.	0.5
B)	CALIZAS Y ESQUISTOS ARCILLOSOS, CALIZAS KARSTICAS	0.3
C)	CALIZAS, YESO, SAL Y ESQUISTOS ARCILLOSOS	0.4
D)	CALIZAS, CONGLOMERADOS, COLUMOS HETEROGENEOS PRINCIPALMENTE ARCILLAS	0.4
E)	CALIZAS DE LA FORMACION JIMANI, CALIZAS Y FORMACION SALINA	0.4
F)	CONGLOMERADO CALCAREO, ARENISCAS Y ESQUISTOS LIMOSOS DE LA FORMACION TABARA, ARENISCAS CALCAREAS, CONGLOMERADOS, ROCAS SEDIMENTARIAS, TOBAS, ESQUISTOS ARCILLOSOS, DEPOSITOS DE CALIZAS, MARGAS, ARENAS Y GRAVAS NO CONSOLIDADAS	0.3
G)	ALUVIONES, DEPOSITOS DE TERRAZAS	0.5
H)	ROCAS VOLCANICAS, ROCAS SEDIMENTARIAS INDIFERENCIADAS, CALIZAS Y CONGLOMERADOS	0.3
I)	ROCAS VOLCANICAS PRINCIPALMENTE ANDESITAS Y DERRAMES BRECHOSOS BASALTICOS, ROCAS VOLCANICAS PRINCIPALMENTE TOBAS	0.2
J)	ROCAS BASICAS METAMORFICAS, ROCAS METAMORFICAS INDIFERENCIADAS Y ROCAS ACIDAS METAMORFICAS	0.2

3. Determinación del Factor (LS).

Con base en el mapa de pendiente de la cuenca se asignaron los valores siguientes.

Rangos pendientes	Valor de (LS)
a) 0-4	0.25
b) 4-8	0.80
c) 8-16	2.33
d) 16-32	6.44
e) 32-40	12.55
f) >40	16.20

Se utilizó la figura 11, Pág. 58, de Agriculture Handbook No.282, 1978.

4. Determinación del Factor C.

Se contó con el mapa de uso actual a escala 1:50,000 basado en fotografías aéreas de 1983-1984. A estas coberturas se le asignaron valores de acuerdo a la protección que ofrecen al suelo.

USO DEL SUELO	VALOR DE C *
ARROZ	0.363
CULTIVOS (CICLO CORTO)	0.500
CULTIVOS Y PASTOS	0.300
MATORRAL BAJO	0.250
MATORRAL BAJO Y PASTOS	0.200
PASTOS ARTIFICIALES	0.100
PASTOS NATURALES	0.090
MATORRAL BAJO Y DECIDUOS	0.080
CAFE	0.070
PASTOS Y MATORRAL ALTO	0.060
PASTOS Y CONIFERAS	0.050
MATORRAL ALTO	0.040
MATORRAL ALTO Y CONIFERAS	0.035
DECIDUAS	0.030
CONIFERAS Y DECIDUAS	0.025
CONIFERAS	0.020

* ESTOS VALORES FUERON APORTADOS POR JAIME RAMIREZ, CONSULTOR EN MANEJO DE CUENCAS.

5. Determinación del Factor P.

Se asumió que no existen prácticas de conservación en la cuenca y este factor tomó el valor de 1. Sin embargo es bueno señalar que en la comunidad de La Jagua en la cuenca media, en cultivos de ciclo corto, se utilizan barreras vivas y barreras muertas y la siembra se hace a curvas de nivel.

Con toda la información antes descrita y mediante superposición de los mapas de R, K, LS y C, el SIG produce un mapa detallado de las pérdidas de suelo para la cuenca.

6. Resultados.

a. Pérdidas de suelo en la Cuenca del Río San Juan.

A continuación se presentan las pérdidas de suelo para toda la cuenca del río San Juan así como para la cuenca alta y media.

PERDIDAS DE SUELO		AREA		PERDIDAS DE SUELO	
(INTERVALO)	VALOR MEDIO	(HA)	(%)	(TON/AÑO)	(%)
< 10	5	10,651	8.6	53,255	0.2
10-50	26	41,072	33.2	1,067,872	4.7
50-200	101	33,448	27.1	3,378,248	14.8
200-300	248	8,315	6.7	2,062,120	9.0
300-400	334	12,353	10.0	4,125,902	18.0
400-500	447	10,502	8.5	4,694,394	20.5
> 500	1032	7,259	5.9	7,491,288	32.8
TOTALES		123,600	100.0	22,873,079	100.0

El peso total de suelos que sufren erosión en la cuenca del río San Juan es de 22,873,079 toneladas por año que representa un promedio de 185 ton/ha*año. Al analizar el Cuadro, se observa que un 5.9% de la superficie de la cuenca contribuye con el 32.8 de la erosión, un 14.4% con el 53.3% y un 24.4% con el 71.3%.

Al aplicar la clasificación provisional para la evaluación de los suelos confeccionada por la FAO, PNUMA y UNESCO (1981) obtenemos el siguiente cuadro.

PERDIDAS DE SUELO		GRADO DE LA EROSION HIDRICA
A (TON/HA*AÑO)	% SUPERFICIE	
< 10	8.6	NINGUNA O LIGERA
10-50	33.2	MODERADA
50-200	27.1	ALTA
> 200	31.1	MUY ALTA

b. Pérdidas de suelo en la Cuenca Alta del Río San Juan.

CUENCA ALTA RIO SAN JUAN

PERDIDAS DE SUELO		AREA		PERDIDAS DE SUELO	
(INTERVALO)	VALOR MEDIO	(HA)	(%)	(TON/AÑO)	(%)
< 10	4	1,576	3.5	6,304	0.1
10-50	26	7,228	16.3	187,928	2.1
50-200	101	18,435	41.5	1,861,935	21.1
200-300	237	3,613	8.1	856,281	9.7
300-400	336	7,133	16.0	2,396,688	27.2
400-500	441	5,188	11.7	2,287,908	25.9
> 500	948	1,297	2.9	1,229,556	13.9
TOTALES		44,470	100.0	8,826,600	100.0

El peso total de suelo que sufre erosión en la cuenca alta es de 8,826,600 toneladas por año que representa un peso promedio de 198 ton/ha*año.

Al analizar los datos anteriores se observa que un 16% de la superficie de la cuenca alta contribuye con el 27.2% de la erosión, el 27.7% contribuye con el 53.1% y un 30.0% con el 67.0%.

c. Pérdidas de suelo en la Cuenca Media del Río San Juan.

CUENCA MEDIA RIO SAN JUAN

PERDIDAS DE SUELO		AREA		PERDIDAS DE SUELO	
(INTERVALO)	VALOR MEDIO	(HA)	(%)	(TON/AÑO)	(%)
< 10	5	6,897	11.8	34,485	0.3
10-50	25	17,617	30.2	440,425	3.5
50-200	101	12,958	22.2	1,308,758	10.2
200-300	255	4,382	7.5	1,117,410	8.7
300-400	337	5,220	9.0	1,759,140	13.7
400-500	452	5,314	9.1	2,401,928	18.8
> 500	963	5,962	10.2	5,741,406	44.8
TOTALES		58,350	100.0	12,803,552	100.0

El peso de los suelos que sufren erosión en la cuenca media es de 12,803,552 toneladas por año que representa un promedio de 219 ton/ha*año. Al analizar los datos del cuadro anterior se observa que un 10.2% de la superficie de la cuenca media contribuye con el 44.8% de la erosión, el 19.1% con el 63.6% y el 28.3% con el 77.3%.

d. Resumen de las pérdidas de erosión.

RESUMEN EROSION CUENCA RIO SAN JUAN

INTERVALO	CUENCA ALTA		CUENCA MEDIA		VALLE		TOTAL KM ²
	KM ²	%	KM ²	%	KM ²	%	
< 10	15.76	3.5	68.97	11.8	21.78	10.5	106.51
10-50	72.28	16.3	176.17	30.2	162.27	78.1	410.72
50-200	184.35	41.5	129.58	22.2	20.55	9.9	334.48
200-300	36.13	8.1	43.82	7.5	3.20	1.5	83.15
300-400	71.33	16.0	52.2	9.0			123.53
400-500	51.88	11.7	53.14	9.1			105.02
> 500	12.97	2.9	59.62	10.2			72.59
	447.70	100.0	583.50	100.0	207.80	100.0	1,236.00

II. DESPLAZAMIENTO DE LOS SEDIMENTOS. APLICACION DEL MODELO MUSLE (MODIFICACION DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDAS DE SUELO) A LA CUENCA ALTA DEL RIO SAN JUAN

A. Explicación de la metodología.

El Modelo MUSLE establecido por J.R. William (1975) se utiliza para estimar los sedimentos aportados por una cuenca hidrográfica para un aguacero concreto.

Donde:

$$y = 11.8 (Q_{qp})^{0.56} KLSCP$$

y, son los sedimentos emitidos por una tormenta aislada, en toneladas.
Q, el volumen de escorrentía, en m.
qp, el caudal instantáneo máximo en m³/s.
Los restantes términos son los mismos de la USLE.

1. Cálculo de Q y qp.

Para determinar a Q y qp, se utilizan los datos de precipitación de FADON², 1991 (págs 26 y 27).

Fórmulas utilizadas para determinar el caudal instantáneo.

$$t_p = \frac{D}{2} + 0.6 t_c$$

$$t_c = 0.066 \left[\frac{L}{(i)^{0.5}} \right]^{0.77}$$

$$q_p = 0.206 \frac{QS}{t_p}$$

Donde:

- tp = tiempo de rechazo o tiempo pico, en horas.
- tc = tiempo de concentración de la cuenca, en horas.
- qp = caudal instantáneo máximo que corresponde con la ordenada máxima del hidrograma, en m³/s.
- s = área de la cuenca, en km².
- L = longitud en km del cauce principal.
- i = pendiente de dicho cauce.
- Q = caudal de escorrentía, en m.
- D = duración del exceso de precipitación, en horas.

2. Ordenación agrohidrológica de la cuenca alimentadora del embalse de Sabaneta, 1991.

Para la cuenca alta del río San Juan,

k = 45 km; s = 444.7; i = 0.042.

tc = 4.5 horas (para una intensidad de 12 mm/hora y un período de retorno de 2 años SEA, 1982 estación La Cienaga).

tp = 4.95 horas.

En los cuadros No.1 y No.2 se muestran los resultados de Q y qp.

CUADRO NO.1

AÑO	PRECIPITACION* (MM)	ESCORRENTIA Q* (MM)	ESCORRENTIA Q (M ³)
ENTRE 109	19.6 Y 30		
	30.8	1.15	511,405
	31.0	1.19	529,193
	34.2	1.89	840,483
	36.5	2.49	1,107,303
	87.0	2.62	1,165,114
	40.5	3.67	1,632,049
	47.0	5.99	2,663,753
	53.5	8.71	3,873,337
	65.0	14.37	6,390,339
ENTRE 10	19.6 Y 30*		
	30.8	1.15	511,405
	31.0	1.19	52,913
	34.2	1.89	840,483
	36.5	2.49	1,107,303
	37.0	2.62	1,165,114
	40.5	3.67	1,632,049
	47.0	5.99	2,663,753
	53.5	8.71	3,873,337
	65.0	14.37	6,390,339
90.0	29.43	13,087,521	

CUADRO NO.2
CAUDAL INSTANTÁNEO
PARA CADA AGUACERO.

AÑO	PRECIPITACION (MM)	CAUDAL INSTANTÁNEO MAXIMO (M ³ /S) QP
ENTRE 109	19.6 Y 30	
	30.8	21.5
	31.0	22.2
	34.2	35.3
	36.5	46.5
	37.0	49.0
	40.5	68.6
	47.0	112.0
	53.5	162.8
65.0	268.5	
ENTRE 10	19.6 Y 30	
	30.8	21.5
	31.0	22.2
	34.2	35.3
	36.5	46.5
	37.0	49.0
	40.5	68.6
	47.0	112.0
	53.5	162.8
65.0	268.5	
90.0	550.0	

2. Determinación de KLSCP para la Cuenca Alta.

Con las tablas confeccionadas para el cálculo de las pérdidas de suelo en la cuenca del río San Juan; y al ponderar cada uno de los factores (KLSCP) se encontró una constante para introducir en la ecuación para estimar los sedimentos apartados por la cuenca alta.

$$a) \text{ Factor } K = \frac{(377.11 \cdot 0.03) + (53.81 \cdot 0.04) + (3.1129 \cdot 0.5)}{444.7} + \frac{(10.6728 \cdot 0.2)}{444.7}$$

$$k = \frac{113.13 + 21.52 + 1.56 + 2.14}{444.7}$$

$$k = 0.311$$

$$b) \text{ Factor } LS = \frac{(48.47 \cdot 0.080) + (23.12 \cdot 2.33) + (88.94 \cdot 6.44)}{444.7} + \frac{(165.4284 \cdot 12.55) + (118.73 \cdot 16.20)}{444.7}$$

$$LS = 10.5$$

$$c) \text{ Factor } C = \frac{(0.99 \cdot 0.070) + (2.96 \cdot 0.363) + (4.9 \cdot 0.50) + (4.94 \cdot 0.30) + (224.33 \cdot 0.090)}{444.7} + \frac{(17.78 \cdot 0.050) + (43.48 \cdot 0.060) + (101.79 \cdot 0.020) + (14.82 \cdot 0.025)}{444.7} + \frac{(16.31 \cdot 0.030) + (12.35 \cdot 0.250)}{444.7}$$

$$C = 0.07$$

Factor P: Se considera su valor igual a 1, dado que no se ejecutan prácticas de conservación.

El valor ponderado de K(LS)C es igual a:

$$K (LS) C$$

$$K(Ls)C = 0.311 \cdot 10.5 \cdot 0.07 = \underline{0.23}$$

3. Aplicación del Modelo MUSLE.

$$Y = 11.8 (Qqp)^{0.56} (KLSCP)^*$$

$$Y = 2.714 (Qqp)^{0.56}$$

CUADRO RESUMEN

AÑO	PRECIPITACION (MM)	Q (MM)	Q (MM)	QP (M ³ /SEG.)	Y (TON)
1 A 9	19.6 Y 30.0				107739
	30.8	1.15	511405	21.5	23806
	31.0	1.19	529193	22.2	24705
	34.2	1.89	840483	35.3	41505
	36.5	2.49	1107303	46.5	56516
	37.0	2.62	1165114	49.0	59881
	40.5	3.67	1632049	68.6	87314
	47.0	5.99	2663753	112.0	151164
	53.5	8.71	3873337	162.8	229860
	65.0	14.37	6390339	268.5	402636
10	19.6 Y 30.0				107739
	30.8	1.15	511405	21.5	23806
	31.0	1.19	529193	22.2	24705
	34.2	1.89	840483	35.3	41505
	36.5	2.49	1107303	46.5	56516
	37.0	2.62	1165114	49.0	59881
	40.5	3.67	1632049	68.6	87314
	47.0	5.99	2663753	112.0	151164
		8.71	3873337	162.8	229860
		14.37	6390339	268.5	402636

El valor de Y para las lluvias que precipitan entre 19.6 y 30 mn es muy pequeño por lo cual se simplifica agrupandolas todas y asignándoles un valor de 10% del total anual de sedimentos emitidos en un año normal. La cantidad anual de sedimentos emitidos en un año normal es la suma de la cantidad de sedimentos emitidos por cada aguacero en ese año. Sumando todos los Y del cuadro anterior se obtiene que para un año normal (años 1 a 9 del cuadro) se emiten un total de 1.2 millones de toneladas de sedimentos en la Cuenca alta y uno de cada 10 años (año 10 del cuadro) se produce una emisión de 2.1 millones de toneladas de sedimentos en la Cuenca Alta. En ambos casos los sedimentos son debidos a erosión laminar y en regueros que se produce en la Cuenca, que es la única erosión que calcula "metodología" utilizada.

Según Fadon, 1991, en la Cuenca alta del río San Juan los tiempos de circulación para todos los subcuencas son iguales a cero, o un valor muy pequeño, que puede considerarse despreciable. Esto es debido a que todas las subcuencas principales desembocan directamente en el embalse de Sabaneta o muy próximo al mismo. Es por esta razón que no es necesario calcular el modelo MUSLE para cada una de las subcuencas principales sino que basta calcularlo para la Cuenca total.

4. Cantidad de sedimentos que ingresan en el embalse procedente de la erosión laminar y en regueros de la Cuenca.

En el embalse ingresan 1.2 toneladas de sedimentos procedentes de la erosión laminar y en regueros de su Cuenca en un año normal (años 1 a 9) y uno de cada 10 años (año 10) ingresan 2.1 millones de toneladas de sedimentos. Desde su puesta en funcionamiento hasta hoy han ingresado 15.3³ millones de toneladas de Tierra en el embalse de Sabaneta, provenientes únicamente de la erosión laminar y en regueros de su Cuenca alimentadora.

5. Cálculo de la erosión hídrica total de la Cuenca del Embalse de Sabaneta (Cuenca Alta del Río San Juan).

En conjunto de los fenómenos de erosión hídrica en una cuenca hidrográfica obliga a considerar tanto la erosión que se produce en los cauces de desagüe, como la erosión laminar, en regueros, en cárcavas y movimientos en masa. En el punto anterior hemos anotado la cantidad de sedimentos que llegan al embalse de Sabaneta, procedente únicamente de la erosión laminar y en regueros, que representan entre el 70 y el 80% del total transportado. Tomando el valor medio de 75% el total de sedimentos que ha recibido el embalse en el período de vida del mismo es de 20.4 millones de toneladas (1.7 millones ton/ha*año), o sea un 19% del peso del suelo erosionado en la Cuenca Alta.

La degradación específica⁴ para la cuenca alta es de 38 ton/ha. Es decir que sólo el 19% de la erosión en la cuenca alta ingresa al embalse de Sabaneta.

6. Estimación de los procesos de depósito de materiales en el Embalse de Sabaneta.

No todos los sedimentos que llegan al embalse son retenidos por éste. La deposición es selectiva primero se depositan los materiales más gruesos y posteriormente se produce la decantación de los limos, arcillas y elementos coloidales que se encuentran en suspensión. Una porción variable de estos últimos traspasan el vertedero de la presa.

Para calcular el coeficiente de retención⁵ utilizamos la ecuación de BROWN (1943).

$$Cr = 100 [1 - 1 / (1 + KC / S)]$$

donde :

Cr = coeficiente de retención

C = es la capacidad del embalse en miles de metros cúbicos

S = la superficie de la cuenca alimentadora en Km²

k = un coeficiente que varía entre 0.096 y 2.1

Introduciendo los datos propios del embalse de Sabaneta en la ecuación de Brown obtenemos un coeficiente de retención del 97.3%.

$$Cr = 100 [1 - \{ 1 / (1 + 0.21 * 76200 / 444.7) \}]$$

El peso de tierra depositado en el vaso del embalse de Sabaneta desde su construcción hasta hoy es de 19.8 millones de toneladas.

Fadon (1991) determinó que el peso específico de los sedimentos depositados en el embalse de Sabaneta es de 1.2789 ton/m³. Por tanto, considerando que el peso total de los sedimentos depositados en el embalse es de 19.8 millones de toneladas, ocupan un volumen de 15.5 millones de metros cúbicos.

4. Degradación Específica: peso de tierra transportado fuera de la cuenca por unidad de superficie y tiempo.

5. Coeficiente de Retención: cociente de dividir la cantidad de sedimentos retenidos en el embalse, por la cantidad total de oporación sólida recibida.

7. Capacidad Actual del Embalse.

Teniendo en cuenta que la capacidad total del embalse era de 76.2 millones de metros cúbicos, al momento de su construcción, este tiene en la actualidad una capacidad efectiva de 60.7 millones de metros cúbicos. Su capacidad se ha reducido en 20.3%. Esto representa un volumen anual medio de ingresos de sedimentos en el embalse de 1.29 millones de metros cúbicos.

La batimetría realizada por el INDRHI recientemente, (Febrero, 1992) indicó que la cantidad de sedimentos ingresados al Embalse durante su vida es de 10 millones de metros cúbicos. Esto indica que la metodología utilizada (MUSLE) para estimar el volumen de sedimentos que ingresa al Embalse debe ser contrastada con los datos de la batimetría realizada para un mejor ajuste. Se podrían realizar batimetrías en el embalse de Sabaneta con alguna periodicidad, quizás cada cinco años, a fin de conocer las tendencias de la acumulación de sedimentos con el tiempo, estimar la vida útil del Embalse y reajustar las fórmulas indirectas utilizadas.

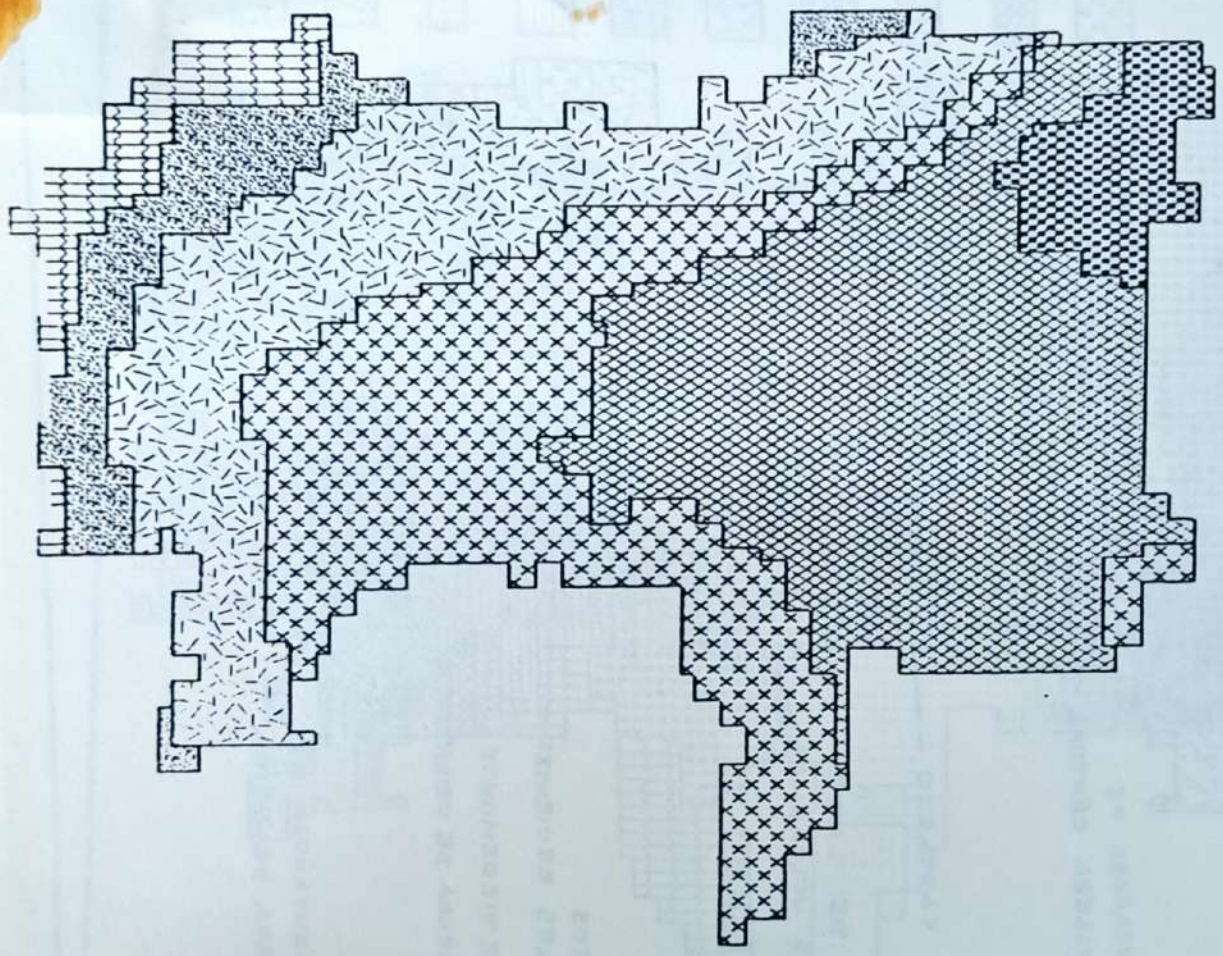
III. MODIFICACIONES EN EL USO DE LA TIERRA EN LA CUENCA ALTA DEL RIO SAN JUAN Y SU EFECTO EN LAS PERDIDAS DE SUELO.







El uso de la tierra en la cuenca alta se modificaría con la reforestación de 6,000 ha, 2,000 ha dentro del Parque Nacional y 4,000 ha fuera de éste, contempladas dentro del Subproyecto de Repoblación Forestal. Para determinar las variaciones en la pérdidas de suelos que esta medida originaría, se utilizó el modelo USLE. La única modificación que se hizo en la información anteriormente utilizada para el cálculo de erosión fue el aumento de la superficie en bosque y la disminución de la superficie en pastizales.

Al introducir en el modelo los cambios en la cobertura vegetal originados por la repoblación forestal, resulta una disminución en las pérdidas de suelo de 198 ton/ha*año a 161.4 ton/ha*año, equivalentes a una reducción de 8,826,600 ton/año a 7,179,420 ton/año. En resumen la implementación del programa de repoblación forestal en la Cuenca Alta podría reducir las pérdidas en 1,647,180 ton/año.

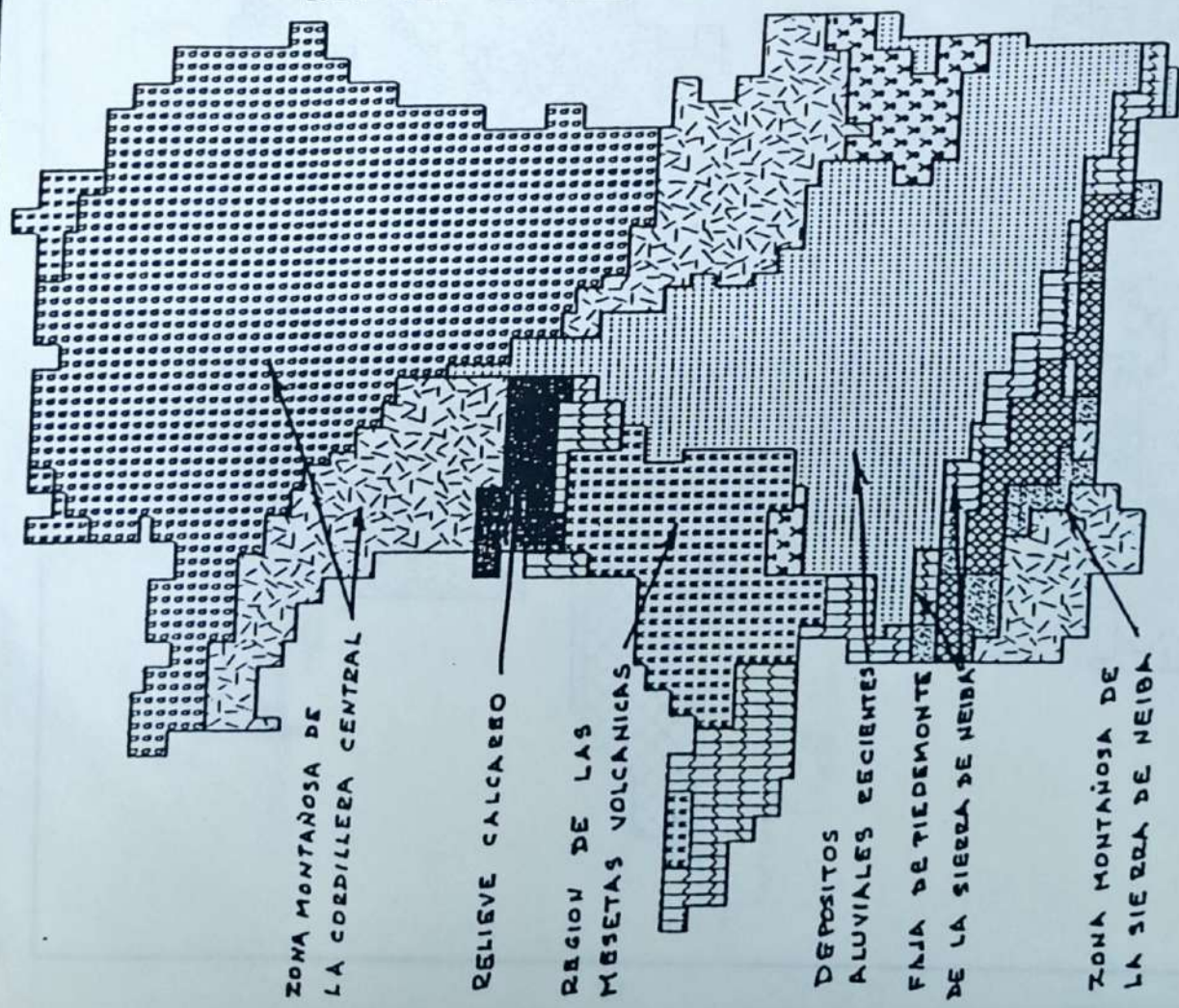
Un cálculo rápido, considerando que un 19% de las pérdidas de suelo se depositan en el Embalse, daría una degradación específica de 31 ton/ha*año equivalente a 1.36 millones de toneladas por año. El peso total de sedimentos ingresados al Embalse sería de 16.4 millones de toneladas, que afectados por el coeficiente de retención y por su peso específico, resultaría en un volumen de 12.4 millones de metros cúbicos acumulados hasta el presente; es decir una disminución de 3 millones de metros cúbicos a causa del cambio en la cobertura vegetal.

ISOEROSIVIDAD DE LA CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



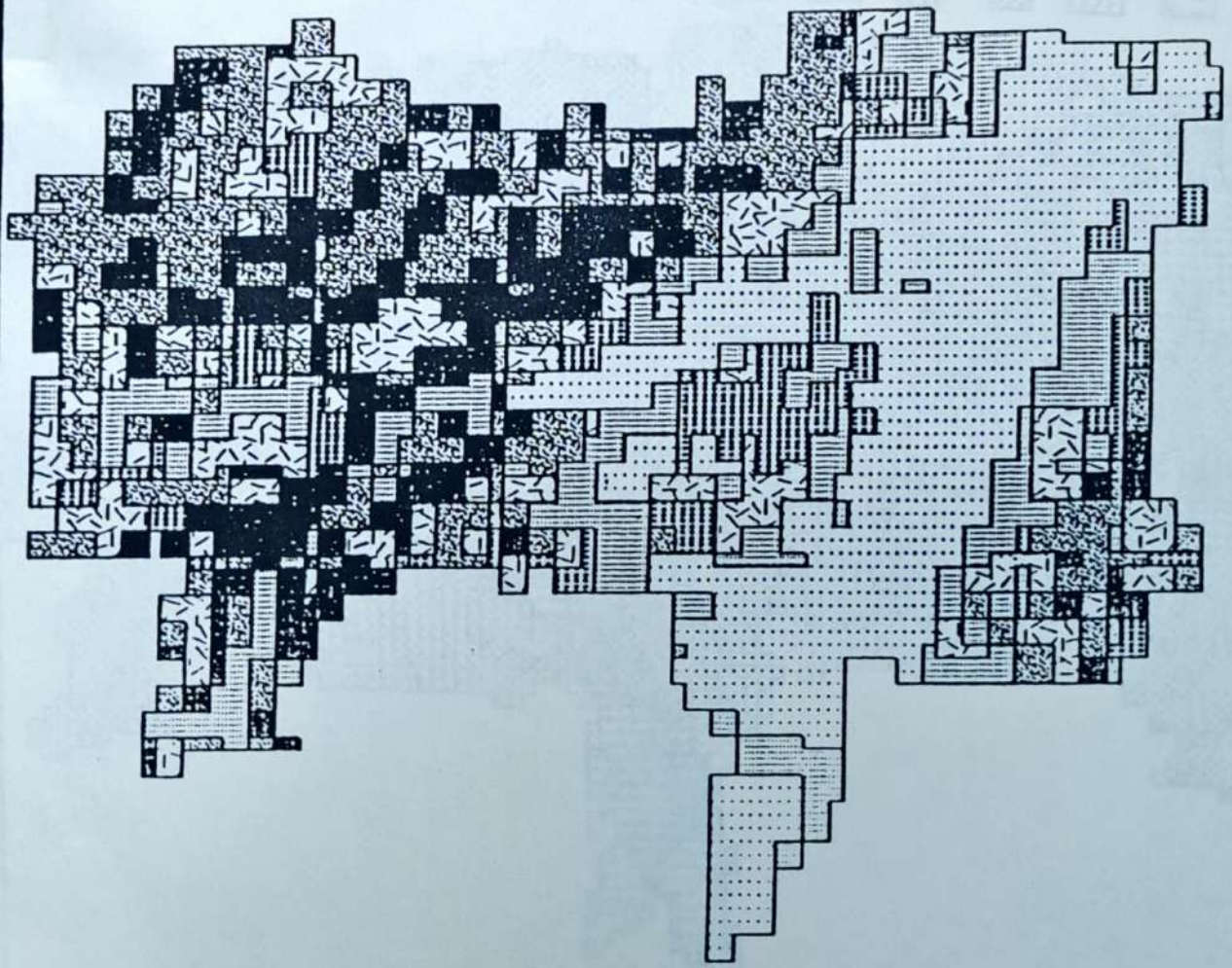
	Km2	%
	200 - 400	56.04
	400 - 600	417.50
	600 - 800	328.77
	800 - 1000	292.34
	1000 - 1200	90.50
	1200 - 1400	51.27
		4.16
		1235.62
		100.00

GEOLOGICO DE LA CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



Symbol	Code	Km2	%
[Symbol]	Qcg, qp, Qtg, Qa	36	2.95
[Symbol]	Mce, Mck, Mc, Mlmc, Mic	35	2.80
[Symbol]	Mscy, DMcm, DMg, Mscm, Mmca, Mig, Mlca, Mcm, Mg, Pcmg.	92	7.48
[Symbol]	Emc, Emcg, Ema, DMca, Ocet, Oca	22	1.74
[Symbol]	Pc, Oc, DMc, Ec, Eoc, MPC	205	16.55
[Symbol]	Mcr, MPg, Or, Og, Ocrq, EOs, Ecet, Esc, Es, Es, Gcm, Ts, Ppve	21	1.74
[Symbol]	Qal, Qt	281	22.74
[Symbol]	Kavts, Ksst, Kscsvt, Kss Ecgv	436	35.28
[Symbol]	Ksva, Klv, Ksvba, dd, dvt, dv	94	7.53
[Symbol]	db, dl, dq, Kq	14	1.14

1235
100.00

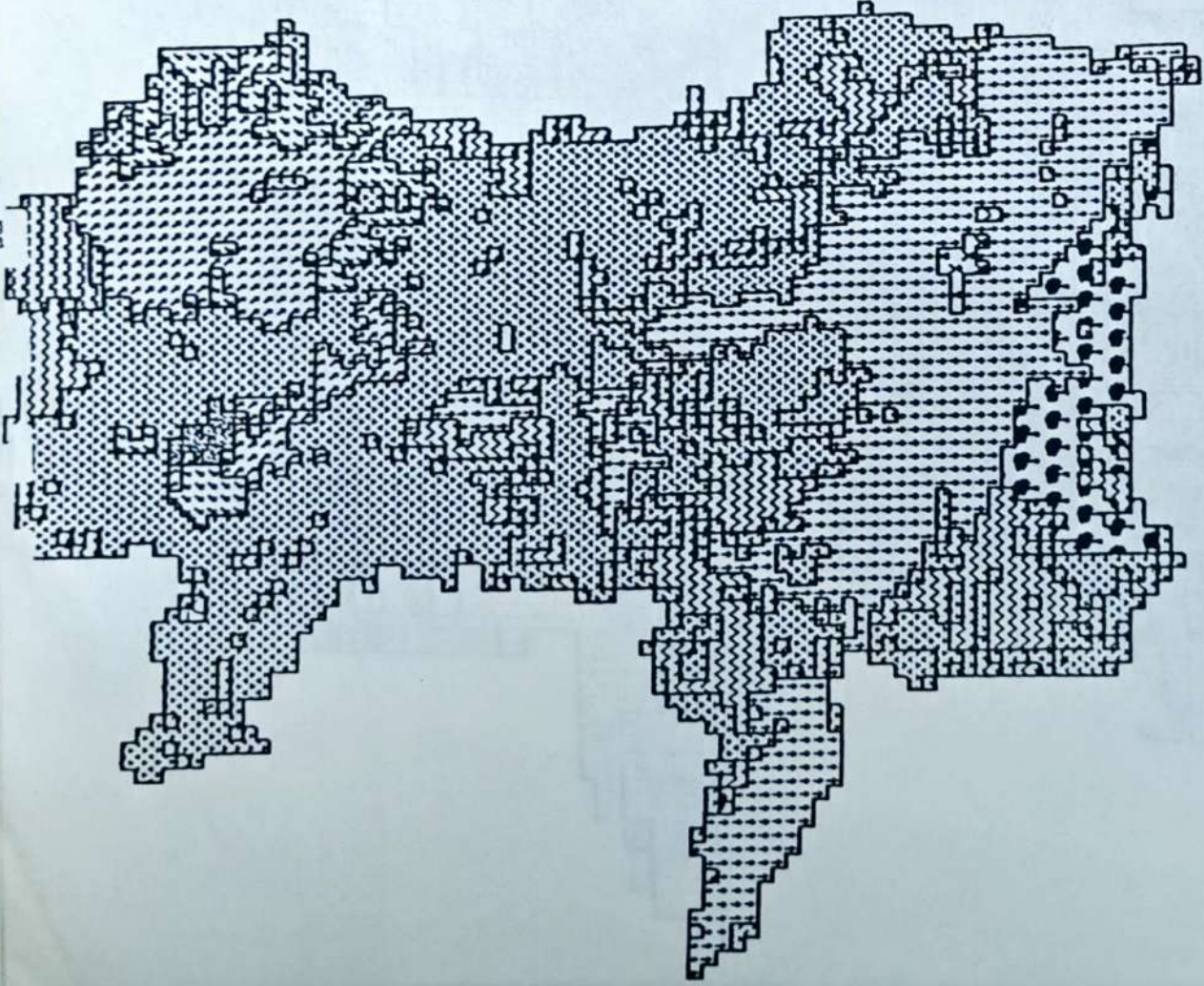


PENDIENTE CUENCA RÍO SAN JUAN 1:250,000

	Km ²	%
0 A 4	337.55	27.31
4 A 8	183.36	14.84
8 A 16	91.63	7.41
16 A 32	183.70	14.86
32 A 40	262.18	21.21
> DE 40	177.58	14.37
	1236.00	100.00

USO Y COBERTURA DE LA CUENCA RIO SAN JUAN

	Km2	%
BOSQUE SECO	55.83	4.52
BOSQUE LATIFOLIADO	40.21	3.25
PASTOS	449.22	36.34
MATORRALES	107.37	8.69
AGRICULTURA	115.93	9.38
PASTOS / AGRICULTURA	21.00	1.70
ZONA URBANA	3.79	0.31
PASTOS / MATORRALES	49.50	4.00
CAFE	4.88	0.39
BOSQUE CONIFERA	101.79	8.24
ARROZ	253.98	20.54
PASTOS / BOSQUE CONIFERA	17.78	1.44
BOSQUE CONIFERA	14.82	1.20
BOSQUE LATIFOLIADO	1226.00	100.00

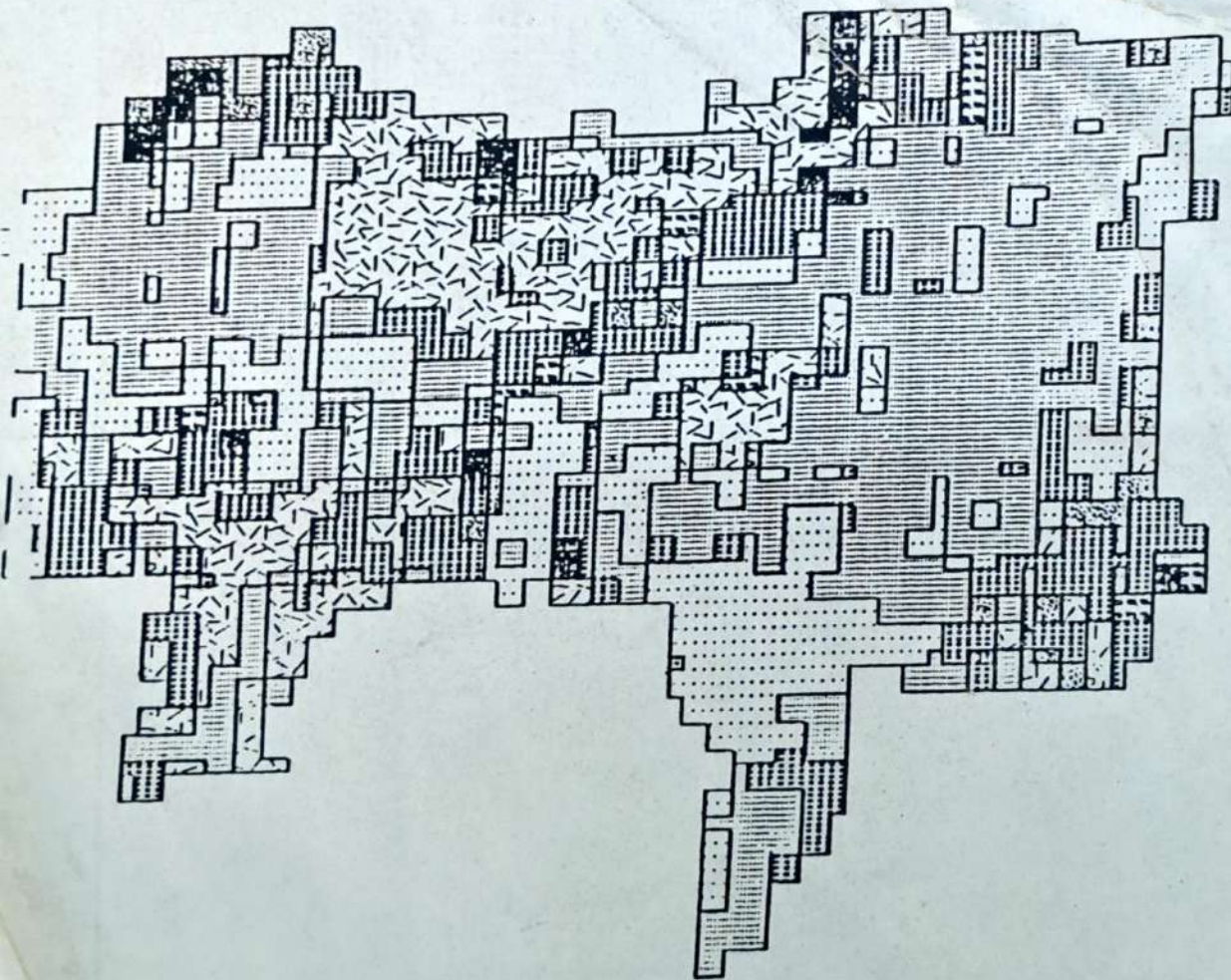


CUENCA DE LA CUENCA RIO SAN JUAN



	Km2	%
BOSQUE SECO	55.83	4.52
BOSQUE LATIFOLIADO	40.21	3.23
PASTOS	449.22	36.34
MATORRALES	107.37	8.69
AGRICULTURA	115.93	9.38
PASTOS / AGRICULTURA	21.00	1.70
ZONA URBANA	3.79	0.31
PASTOS / MATORRALES	49.50	4.00
CAFE	4.88	0.39
BOSQUE CONIFERA	101.79	8.24
ARROZ	253.38	20.54
PASTOS / BOSQUE CONIFERA	17.78	1.44
BOSQUE CONIFERA	14.82	1.20
BOSQUE LATIFOLIADO	1226.00	100.00

EROSION DE LA CUENCA RIO SAN JUAN 1:250,000



TON/Ha. * AÑO	Km ²	%
10	106.51	8.6
10 - 50	410.72	33.2
50 - 200	334.48	27.1
200 - 300	83.15	6.7
300 - 400	123.53	10.0
400 - 500	105.02	8.5
500	72.59	5.9
	<u>1236.00</u>	<u>100.0</u>