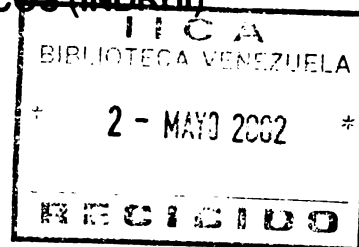


IICA
P10
43

IICA
BIBLIOTECA NEZUELA
2 - MAYO 2002
RECIBIDO

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA)
en cooperación con el
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (INDRHI)
Red Nacional de Manejo de Cuencas



**RELACIÓN ENTRE PROGRAMAS NACIONALES DE MANEJO DE CUENCAS Y DE
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS**
Organización para la Acción

Manuel Paulet Iturri

Consulta de Expertos en Manejo de Cuencas
26 a 30 de Septiembre de 1996
FAO/Red Latinoamericana de Manejo de Cuencas
Santo Domingo, República Dominicana

00007461

Lista de Contenido

Introducción 1

El manejo de cuencas 1

Algunos planes o programas de manejo de cuencas 3

El proyecto de desarrollo agrícola de San Juan de la Maguana 3

El proyecto de tres áreas de riego: Azua, Nizao y Yaque del Norte 4

Programa de administración de los sistemas de riego por los usuarios 5

El Programa de Ríos Limpios de Tejas (PRL) 5

Relación entre conservación de suelos y aguas y manejo de cuencas 7

La práctica de la Conservación de los Suelos y del Agua 7

Organización para la Acción 9

Referencias 10

Anexo A

Fundamentos de la planificación y diseño de sistemas de producción agrícola teniendo en cuenta el riesgo de erosión hídrica a - 1

Cuadro 1 Cálculo de la energía e índice de erosión de una lluvia. a - 4

Anexo B

- Figura 1 Esquema de una cuenca**
- Figura 2 Efecto del uso de la tierra en la hidrología de la cuenca**
- Figura 3 Proyecto de desarrollo agrícola de San Juan de la Maguana**
- Figura 4 Proyecto tres áreas de riego**
- Figura 5 Municipio de San José de Ocoa**
- Figura 6 Ejemplos de demanda de agua según el clima**
- Figura 7 Estimado de requerimientos de agua en una cédula de cultivos de una finca**

RELACIÓN ENTRE PROGRAMAS NACIONALES DE MANEJO DE CUENCAS Y DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUAS Organización para la Acción¹.

Introducción

Las *cuencas hidrográficas* son las principales áreas receptoras y colectoras de agua al mismo tiempo que son el hábitat principal de todos los seres vivos. El concepto de *manejo de cuencas* se debe al conocimiento que existe sobre la relación entre la calidad y cantidad de agua con los tipos y formas de usos a que se someten las tierras de las mismas. *La conservación del suelo y del agua* es un concepto de aplicación que nace para hacer frente a los graves problemas de erosión de los suelos que ocurren en las cuencas.

En este trabajo se discute el tema de la relación entre estos dos conceptos con la finalidad de aportar ideas para enfocar mejor la acción de la comunidad. Esta oportunidad se presenta a través de la reunión de consulta organizada por la FAO en Santo Domingo, entre el 26 y el 30 de setiembre de 1996.

El manejo de cuencas

Si toda el agua de la tierra cupiera en un recipiente de un galón (cuatro litros), el agua fresca disponible sería un poco más de lo que cabe en la medida de una cuchara (Parfit, 1993). El 97 por ciento del agua en el mundo corresponde a los océanos, dos por ciento está inmobilizada en los casquetes polares y en los glaciares. El restante uno por ciento es agua fresca pero sólo la mitad aproximadamente está disponible. El resto son aguas subterráneas, muy profundas para ser económicamente utilizables.

Salvo en los casos extremos de aridez donde no existe indicio de escurrimiento de agua, cualquier parte del territorio está incluido en una cuenca hidrográfica. *El área de captación de todas las lluvias cuyas aguas de exceso o escurrimiento forman un río se denomina cuenca de dicho río. Los excedentes de lluvias que caen fuera de dicha área escurren hacia otro río o corriente de agua —caen en la cuenca de dicho otro río (Figura 1).*

Las tierras de las cuencas varían grandemente en cuanto a su rendimiento de agua, sensibilidad natural, y actividades que soportan. La relación entre manejo apropiado y resultados de largo plazo es crucial, incluyendo: erosión, inundaciones, calidad y cantidad de agua, y vida silvestre.

En la historia, y todavía es una realidad en algunas regiones, se practicaba la utilización predatoria de los recursos naturales. Mientras había foresta las civilizaciones florecían y las tierras eran pródigas, luego, declinaban conforme la erosión y la sedimentación continuaban. Como la tierra era

¹ Manuel Paulet Iturri, PhD, Especialista en Manejo y Conservación de Suelos y Aguas. Especialista Regional en Desarrollo Sostenible del IICA/RD. Apartado 711, Santo Domingo, República Dominicana.

abundante, conforme los bosques eran destruidos y las tierras agrícolas eran agotadas, las personas migraban y se establecían en nuevas tierras. Después de cientos de años, el hombre ha aprendido que la tierra y sus recursos no son inagotables. También aprendió que existe una relación estrecha entre el uso de la tierra y la cantidad y calidad del agua que se origina de ella (Figura 2), así como, que los recursos de agua pueden controlarse o "manejarse" mediante el planeamiento y el control de las actividades de uso de la tierra dentro de la cuenca de drenaje.

Una definición de manejo de cuencas (ASA Monograph 9, p.796) dice: *"el análisis, protección, rehabilitación, utilización y mantenimiento de cuencas de drenaje para el óptimo control y conservación del agua con la debida consideración de los otros recursos"*.

El manejo de cuencas está relacionado con cualquier actividad de uso de la tierra debido a la relación indicada. El *análisis* de las cuencas incluye todos los recursos presentes con especial énfasis en el agua -incluyendo el conocimiento de los procesos hidrológicos y, mediante modelos de simulación, su comportamiento hidrológico con la modificación de las variables que lo afectan. En adición al inventario de los recursos hídricos interesan las características geomorfológicas de la cuenca, el clima, los suelos, la topografía, los tipos y condición de la vegetación. La planificación de cuencas está interesada en identificar áreas problema actuales o potenciales. La identificación de planicies de inundación, áreas geológicas peligrosas, trayectoria de avalanchas, áreas húmedas, y otras, le puede ahorrar tiempo y esfuerzos considerables. Para la ejecución de acciones específicas en las cuencas actualmente se realizan estudios de impacto en el medio natural (*estudios de impacto ambiental -EIA*). Dichos estudios además de presentar los inventarios de los recursos en el sitio, *incluyen análisis detallados de las consecuencias probables de la acción propuesta y métodos de mitigación de los impactos*. El propósito principal del EIA es ayudar a determinar si una determinada acción (por ejemplo, una presa o un sistema de irrigación) debería ser permitida. Sin embargo, la preparación del EIA requiere que el planeamiento de la acción se complete hasta el punto en que se pueda evaluar su impacto, por lo que sirve también como un instrumento de planificación del manejo de la cuenca ya que identifica los impactos y prescribe las medidas protectoras para minimizarlos.

La *protección* es probablemente la función mas importante de los manejadores de cuencas. Las medidas de protección se aplican para todos los usos. Los especialistas deben estar familiarizados con la relación uso de la tierra-recursos de agua. Deben identificar problemas potenciales antes de promover o llevar adelante una determinada actividad. Las medidas de protección son menos costosas que aquellas de rehabilitación. Existen guías técnicas y prácticas para la construcción urbana y vial, para el uso de tierras agrícolas, pastos, y bosques, para tierras áridas, para tierras pantanosas, para minería.

Los daños en las cuencas se refieren al agua o a la tierra. La *rehabilitación* de la cuenca se refiere a la reparación o recuperación de los recursos una vez que el daño ha ocurrido. Los daños directos incluyen: la contaminación de las fuentes de agua, y el daño mecánico del curso de agua. Los daños indirectos que afectan el agua pueden incluir: reducción de la cobertura vegetal -*tala de árboles para uso intensivo por ejemplo*, sobre-pastoreo sea por animales domésticos o silvestres, uso recreacional excesivo, alteración física de la superficie

de las tierras por mineración, construcción de caminos y otros. Los daños pueden resultar en erosión acelerada, derrumbes, inundaciones, disminución del flujo base de las corrientes de agua, y deterioro de la calidad del agua y de los suelos. Las medidas de rehabilitación de la cuenca incluyen la revegetación y medidas estructurales. Las medidas estructurales deben utilizarse cuando la revegetación no es posible o cuando no es suficiente, dada la naturaleza del daño o las características extremas de topografía o suelos altamente erosionables. *A éstos, se debe incluir la recuperación de los daños causados por el mal manejo del agua en zonas de riego que incluye, además de los indicados, medidas especiales de manejo.*

Uno de los objetivos del manejo de la cuenca es también el *incremento del rendimiento de agua* de la misma especialmente en zonas áridas. Las prácticas que se han utilizado son la producción de lluvia por medios artificiales -de éxito incierto en algunos casos, y el incremento del escurrimiento utilizando métodos de manejo de las tierras y de la vegetación (lomas del Perú -Lachay y Chala).

Algunos planes o programas de manejo de cuencas

Se presentan a continuación algunos ejemplos de planes de manejo de cuencas en la República Dominicana. No necesariamente son planes integrados pero las intervenciones que promueven tienen finalidades concretas relativas al agua y al suelo de las cuencas. Podrían ser calificados de planes parciales de manejo de cuencas. *Al analizar estos planes hay campo para discutir sobre las posibilidades de sostenibilidad de sus resultados. La discusión podría orientarse mediante el análisis de los procesos utilizados para el diseño, administración, acompañamiento y supervisión de la ejecución de los proyectos.* Este análisis trasciende las finalidades de este documento. El ejemplo de manejo de cuencas sobre el problema de calidad del agua en el Estado de Tejas se presenta para ilustrar un caso en que se dan casi todos los instrumentos para la sostenibilidad de los resultados.

El proyecto de desarrollo agrícola de San Juan de la Maguana (PRODAS, Figura 3)

El PRODAS es un proyecto aplicado a la cuenca de la presa de Sabaneta y cuencas aledañas que influyen sobre el valle irrigado de San Juan. El proyecto abarca un área de 123,000 ha con 170,000 habitantes. Para un período de cinco años, el gobierno junto con el BID y el FIDA han comprometido recursos del orden de US\$60 millones. Se incluyen la forestación del área de influencia de la presa de Sabaneta en el río San Juan; agroforestería y prácticas de conservación, en las cuencas medias; infra-estructura para la reparación de la represa y para construcción de sistemas de riego y drenaje del valle del mismo río; además, se promoverá la formación de un sistema autosostenido de investigación y de asistencia técnica, y el fortalecimiento de las organizaciones de productores. Un componente importante son los estudios de impacto ambiental que originarán propuestas para el monitoreo y para la mitigación de impactos de las obras. El proyecto está siendo ejecutado por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI). En este proyecto se está pensando en la protección de las fuentes de agua -aguas arriba de la represa de Sabaneta, para el riego y el abastecimiento a la población -en las partes bajas. El monitoreo ambiental en toda el área es un componente que incide en la calidad del agua. Además, el control de la erosión en las tierras de la cuenca media -fuera del área de influencia de Sabaneta, y el énfasis en el buen manejo del agua

y del suelo en el valle que incluyen componentes de investigación, asistencia técnica y organización de productores hace que este proyecto por sus finalidades esté utilizando las metodologías del *manejo de cuencas* y también aquellas requeridas para la conservación de los suelos.

El proyecto de tres áreas de riego: Azua, Nizao y Yaque del Norte (Figura 4)

El proyecto de US\$43 millones incluye acciones para el desarrollo sostenible de la cuenca del río Nizao y el valle irrigado Nizao/Valdesia, el valle de Azua (o Proyecto YSURA) y un sector del área irrigada del valle del río Yaque del Norte (PRYN1). La intención del proyecto es clara en querer asegurar la sostenibilidad del desarrollo que promueve fundamentado en la naturaleza participativa de su conducción. De acuerdo al plan, los productores tendrían que aprobar los recursos de inversión y aun aquellos parámetros que definirán la forma como ellos financiarán la recuperación de costos. El proyecto todavía no está en ejecución. *Aunque el proyecto está planificado para mejorar la operación y manejo del agua en sistemas de riego existentes, complementando infra-estructura y tecnificando, contiene un componente de conservación de las cuencas que aportan agua a las presas de Jigüey-Acuacate y Valdesia en el río Nizao. Estas presas abastecen de agua a la ciudad de Santo Domingo, generan energía eléctrica y riegan el Valle de Nizao en sus márgenes izquierda y derecha.*

El proyecto de desarrollo del municipio de Ocoa (Figura 5)

En el Municipio de San José de Ocoa -que abarca la parte alta de tres cuencas de topografía accidentada: Ocoa, Nizao y Azua, desde hace mas de 20 años se ha venido organizando y consolidando la acción comunitaria para el desarrollo de su ámbito. Dicha acción se realiza a través de la Asociación para el Desarrollo de dicho municipio (ADESJO) con apoyo de diversas entidades promovidas principalmente por la iglesia católica. Así, el Municipio de San José de Ocoa ha sido el ámbito de varios proyectos en diversas áreas y sectores. Con mayor dedicación a la conservación y mejor utilización de los recursos naturales (forestación, conservación de suelos, irrigación) se distinguen el Proyecto MARENA (Manejo de Recursos Naturales) que tuvo apoyo financiero de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) durante los años 80 y, luego, la continuación del mismo a través del Proyecto FIRENA (Fondos de Inversión de Recursos Naturales). Este último tuvo dos etapas. A la última etapa que se ejecutó entre mayo de 1991 a mayo de 1996 se le llama FIRENA II. *Este proyecto, principalmente de desarrollo comunitario, se basa en la búsqueda del mejor aprovechamiento de los recursos naturales que son escasos en un territorio de condiciones agrestes. Incluye otras actividades en otros sectores. Su relación con el manejo de cuencas es la protección de la misma para permitir la continuidad de los flujos de agua que alimentan las pequeñas poblaciones y, simultáneamente, el riego de pequeñas áreas de posición relativa mas baja que anteriormente se dedicaban a la extracción de leña y carbón. Aunque complementado con recursos de donación, el proyecto está originando o fortaleciendo el abandono de actividades extractivas que originaban erosión y deterioro de los recursos, el incremento de la foresta y vegetación natural -hay comités de vigilancia de las mismas comunidades, y una actitud positiva de las personas hacia el medio aun sin salir de los niveles de pobreza en que se encuentran. La cuenca principal del municipio es del río Ocoa. Esta cuenca no tiene áreas bajas de magnitud significativa a quienes puedan atribuirse parte de los beneficios de la protección de la cuenca. Por esta razón, los costos de protegerla que exceden lo que es posible sufragar de la renta de los usos conservacionistas en la misma cuenca deberán colectarse de otras formas -en Nizao se puede cobrar una pequeña cantidad*

por kilovatio hora de generación y por cada 1,000m³ de agua de irrigación. Una de ellas podría ser cobrar el ingreso a los visitantes no residentes. La cuenca tiene bellezas naturales y clima agradable por lo que puede ser un lugar atractivo de visitar.

Programa de administración de los sistemas de riego por los usuarios.

Este proyecto de US\$40 millones, en fase avanzada de elaboración contará con un préstamo del BID por US\$32 millones. El organismo ejecutor es el INDRHI. El proyecto se genera para apoyar y extender las experiencias exitosas de manejo de algunos sistemas de irrigación por parte de los usuarios. El INDRHI desde 1985 ha venido transfiriendo la responsabilidad a los usuarios de YSURA, Baní, Santiago y San Juan de la Maguana. Los componentes del Programa son: (a) registro de tenencia de tierras, (b) equipamiento y mejoramiento de la infraestructura, (c) formación y capacitación de Juntas de Regantes. Aunque este proyecto, como los demás, tiene componentes para ejecutar actividades complementarias de proyectos anteriores o para reparar daños o recuperar infraestructura y tierra, su finalidad es apoyar la organización y consolidación sostenible de la administración, operación y conservación de los sistemas de irrigación por parte de los usuarios. Esto implica la transferencia de los sistemas a la organización de regantes y la capacitación de éstos para el manejo y conservación de la infra-estructura, así como, el reparto del agua en las cantidades y oportunidades requeridas. Además, incluye las previsiones para el financiamiento de estas actividades por parte de los mismos usuarios. *Es una actividad esencialmente vinculada a la conservación de suelos y aguas que se beneficia directamente de un plan de manejo de cuencas en la medida que este plan protege las fuentes de agua que garantizan -aguas abajo, el cumplimiento de las metas de la agricultura irrigada.*

El Programa de Ríos Limpios de Tejas (PRL)

El PRL fue creado como parte de la Ley de Ríos Limpios de Tejas aprobada en 1991 que en los siguientes capítulos dice:

§320.1...el propósito de este capítulo es evaluar las condiciones históricas, existentes y proyectadas de la calidad del agua con la finalidad de lograr las metas de mantener y mejorar la calidad de los recursos de agua del estado. En cumplimiento de este capítulo se realizarán evaluaciones regionales de calidad del agua para proveer a la *comisión*², autoridades de ríos y gobiernos locales de suficiente información para tomar las acciones correctivas apropiadas para lograr dichas metas. La intención de desarrollar evaluaciones de calidad del agua en cada cuenca es identificar áreas problema para dedicar recursos y estudios futuros en dichas áreas. *La comisión tiene la responsabilidad de asegurar que se realice la evaluación completa de calidad del agua en cada cuenca del estado.* Siempre que factible, las evaluaciones serán los resultados de la asociación cooperativa entre las autoridades de los ríos, gobiernos locales designados, otras subdivisiones políticas, otras agencias del estado y la Comisión del Estado de Tejas. La evaluación se realizará de manera tal de evitar

² La Comisión del Estado de Tejas (la comisión) y el Directorio de desarrollo de Aguas cubren las dos grades funciones de adminstración y desarrollo de los recursos hídricos del Estado.

duplicaciones de esfuerzos entre autoridades de ríos, la Comisión del Estado de Tejas, otras agencias del estado, gobiernos locales designados, otras subdivisiones políticas, y entidades reguladas. Adicionalmente, el programa regional de evaluación está diseñado para permitir que los ciudadanos y las organizaciones privadas tengan la oportunidad de involucrarse en la protección de los recursos de agua del estado.

§320.4 Los propósitos de este título serán llevados a cabo mediante la realización de evaluaciones de la calidad del agua en cada cuenca. Los resultados de dichas evaluaciones serán entregados al gobernador, a la comisión y al Departamento de Parques y Vida Silvestre de Tejas *mediante informes de evaluación bienales*. Cada evaluación consistirá de un plan de trabajo, un informe preliminar y un informe final. En la conducción de estas evaluaciones, las autoridades de ríos, los gobiernos locales designados, y la comisión crearán comités que se encargarán de asistir en la coordinación y desarrollo de los informes de evaluación. *Adicionalmente, estas entidades desarrollarán un proceso de intervención del público que provea comentarios significativos y revisión de ciudadanos particulares y organizaciones sobre los informes regionales de evaluación.*

Los informes de evaluación deben satisfacer requisitos indicados en la Ley sobre: el detalle de los mapas a utilizar, y normas para indicar en los mapas los problemas identificados. Entre los 26 elementos sobre los que se informan deben estar: (1) revisión histórica y actual de los datos de calidad del agua *includiendo la evaluación de la capacidad de los programas de monitoría existentes para analizar y evaluar los problemas existentes y potenciales de calidad del agua de las cuencas*; recomendaciones específicas sobre datos adicionales necesarios para las evaluaciones futuras; el plan de monitoreo que indica como la autoridad del río planea implementar las recomendaciones de monitoreo adicional en coordinación con la comisión; la indicación de todos los lugares existentes y propuestos en el mapa del municipio u otro apropiado; (2) definición de metas y objetivos para promover la participación pública y medidas tomadas por la autoridad del río y los gobiernos locales para implementar programas de monitoría por los ciudadanos; (3) medidas tomadas por las autoridades para promover la conciencia pública sobre los problemas; (4) cifras de población por cada subdivisión política; (5) mapas de la cuenca con todas las fuentes de agua superficial y subterránea; (8) identificación y evaluación de pozos de todo tipo; (9) inventario y evaluación de servicios y facilidades municipales para disponer y tratar las aguas servidas o residuales de uso domestico, agrícola, industrial; (10) inventario de permisos de derechos de agua con todas sus características e indicando si es usuario y proveedor de agua, a quién y de que tipo (municipal, industrial, irrigación, recreación); (11) inventario y evaluación de facilidades y sitios de manejo de residuos sólidos; de lugares de depósito de basura; localización de tanques de almacenamiento superficial y subterráneos; (15) identificación y documentación de problemas existentes o potenciales causados por materiales tóxicos.

Se creó la Sociedad de los Ríos Limpios de Tejas compuesta por todas las autoridades de aguas del estado. Entre los éxitos de este programa se informa (Heath, J. 1995) que en la cuenca del río Colorado en Tejas una de las actividades organizadas por la comunidad fue la colección de basura considerada peligrosa para las fuentes de agua: así se evitó la contaminación de 2,700 galones de aceite usado, 5,300 gomas usadas y 930 baterías. El programa de los ciudadanos de monitoría de calidad del agua ha movlizado 500 estudiantes, profesores para el manejo de la calidad del agua de

su río. Como resultado de las evaluaciones se ha identificado y recomendado acciones de manejo de los siguientes problemas: niveles de nitrato en Paint Rock, eutroficación del lago LBJ, matanza de peces, planta de tratamiento de basura en San Angelo, salinidad de los suelos.

Relación entre conservación de suelos y aguas y manejo de cuencas.

La conservación del suelo y del agua es un concepto y una práctica que se deriva del conocimiento de la relación entre los usos de la tierra y su impacto en la erosión de los suelos. El movimiento conservacionista de los suelos se inicia desde mucho antes que el concepto y práctica del manejo de cuencas, debido a las observaciones de movimientos de grandes masas de suelo removidos por el aire y por el agua y depositados en otras zonas o regiones generalmente produciendo daños tanto en el origen como en el destino. La práctica de la conservación de los suelos se inicia con los usos agrícolas y se extiende también con todos los usos que de alguna manera pueden originar deterioro de los suelos. El agua es el agente principal que causa la remoción, transporte y sedimentación de los suelos, pero bien manejada, también es la fuente de estabilidad y productividad. En algunas regiones y en épocas específicas, el control de la erosión eólica también es una de las finalidades de la conservación de suelos.

La cuenca como unidad hidrográfica permite medir en sus corrientes de agua cómo los usos existentes o futuros la afectan, para planificarlos y para tomar las medidas correctivas pertinentes. *El éxito del manejo de cuencas se mide con indicadores de cantidad -incluyendo su distribución adecuada en el tiempo, y de calidad del agua.*

Son indicadores de éxito de los programas de conservación de suelos las cantidades de suelo movilizadas por erosión o por niveles de deterioro de los suelos. Como para ello es necesario el buen manejo del suelo y del agua, adicionalmente, en lo que se refiere a los usos agropecuarios y forestales, el buen manejo del suelo y del agua tiene como indicador la productividad óptima sostenible -aquella que estaría permitida a las condiciones naturales del ecosistema. Por esta razón, en este aspecto, la conservación trata del buen uso de los suelos para producir y no para la protección del recurso simplemente. Cuando se trata de extender los conceptos de conservación de suelos entre los usuarios de tierras productivas, a éstos no les interesaría la protección del recurso solamente.

Son diferentes propósitos complementarios. Además de otros programas para otros usos, un programa de manejo de cuencas puede requerir de un buen programa de conservación de suelos y aguas. *El programa de conservación de suelos, sin descuidar sus finalidades de controlar la erosión y/o de mejorar la productividad de los suelos y evitar el deterioro de los mismos, obviamente resultará en el cumplimiento de todos los objetivos del manejo de cuencas en los usos para los cuales se aplica.*

La práctica de la Conservación de los Suelos y del Agua

Las plantas tienen necesidades de agua para subsistir y producir. En las partes altas de las cuencas donde la agricultura es de secano, al igual que en las zonas de riego, deben determinarse los requerimientos de agua de las plantas para una producción óptima. Existen numerosas referencias con metodologías para ello.

su río. Como los siguientes peces, planta.

resultado de... problemas... de tratamiento...

Relación entre conservación...

La conservación del suelo y de la relación entre conservaciónista de los suelos... debido a las... y por el agua y depositados... origen como en el Júcaro... agrícolas y se extiende... de los suelos. El agua es el agente... los suelos, pero bien... regiones y en época... de la conservación de suelos

La... como... El... el tiempo...

Son... del suelo... focales... aquella... la conservación... simplemente... de...

Son diferentes... pregunta de manejo... El programa... mejorar la... resultará en el cumplimiento... aplicable.

sobre la tierra, interesa que los excedentes puedan ser... y que no se produzca... de las plantas y su... la situación. La Figura 6... en dos localidades de... una cédula de cultivos... (Paulet, 1987).

ar o programar el... te o necesario un... scarpada- donde... suficiente. Aun... alta intensidad... producir altas... erosión.

técnicas que... eptualmente... salvo que en... den justificar... ive entonces... e documento-... manejo de los

conjunto de... culturales en... localidad del... a, desagües... s, labranzas

a la condición... su origen en el

El mundo es la...) que sirve para... no las indicadas,... esenta una breve... ominicana existe... sidades máximas... argas de diseño de... (MINDRHI, 1982)

Quando la fuente de abastecimiento es la lluvia que incide directamente sobre la tierra, interesa que el agua necesaria para las plantas sea retenida en el suelo y que los excedentes puedan ser almacenados o conducidos ordenadamente de manera que el agua se conserve y que no se produzca erosión. La determinación de los requerimientos de agua por demanda climática de las plantas y su comparación con los aportes de las lluvias permite una primera medida de la situación. La Figura 6 muestra los requerimientos mensuales y su comparación con las lluvias en dos localidades de República Dominicana. La Figura 7 muestra los requerimientos de agua de una cédula de cultivos en una pequeña finca (ver informaciones más detalladas sobre este tema en Paulet, 1987).

El análisis anterior permite una apreciación del problema para fines de planificar o programar el abastecimiento de agua y también da a conocer la medida en que sería conveniente o necesario un programa de riego suplementario. En las partes altas o de topografía ondulada -o escarpada- donde las intensidades de las lluvias son muy altas este análisis aunque es necesario, no es suficiente. Aun en condiciones en que existe déficit pueden presentarse lluvias de corta duración y alta intensidad -mayor que la capacidad de infiltración del suelo- que rápidamente pueden producir altas concentraciones de escurrimiento el que incontrolado ocasiona daños irreversibles por erosión.

El manejo del agua sobre las tierras en las condiciones indicadas está asociado a las técnicas que convencionalmente se les llaman *prácticas de conservación del suelo y del agua*. Conceptualmente no existe diferencia con las zonas de riego en áreas más bajas o de topografía plana, salvo que en éstas el déficit de humedad ambiental, y las condiciones físicas de los suelos pueden justificar inversiones en sistemas de irrigación. El manejo del agua de la irrigación se vuelve entonces predominante -con sus problemas y técnicas apropiadas, de las que no trataremos en este documento- sin descontar que también allí podrán presentarse lluvias eventuales que exijan un manejo de los excedentes de manera similar que en las partes altas.

Para el manejo del agua en las zonas con lluvias, las técnicas recomendadas incluyen un conjunto de prácticas que permitirán una mayor retención del agua en el suelo (surcos y labores culturales en contorno, cultivos densos, surcos tabicados, mulching), una disminución de la velocidad del escurrimiento facilitando su retención y desagüe sin erosión (terrazas, zanjas de ladera, desagües vegetados, rápidas, caídas, alcantarillas) y prácticas agronómicas o vegetativas (rotaciones, labranzas mínimas).

Las prácticas más importantes y recomendables son aquellas que se asimilan más a la condición natural del ambiente. Generalmente, el problema de erosión o de mal manejo tiene su origen en el conflicto que se presenta por usos no apropiados a las condiciones de las tierras.

El producto de más de 50 años de investigación en diversos lugares de EU y del mundo es la Ecuación Universal de Predicción de Pérdida de Suelos (USLE -actualmente RUSLE) que sirve para orientar en la selección de la mejor combinación de prácticas de manejo del agua, como las indicadas, para reducir a límites tolerables el riesgo de deterioro por erosión. En el Anexo se presenta una breve explicación sobre la forma como funciona esta ecuación. En la República Dominicana existe publicada la información de erosividad de las lluvias junto con la distribución de intensidades máximas por estaciones, y metodologías relevantes de aplicación práctica para estimar descargas de diseño de pequeñas estructuras para el control o conducción del escurrimiento (SEA/ IICA/INDRHI, 1982).

Organización para la Acción

Se desprende del análisis realizado que la coordinación entre programas de manejo de cuencas y de conservación de suelos y aguas se da *naturalmente* en la medida en que un programa de manejo de cuencas incluye a los usos agropecuarios o forestales o aquellos que son de interés relativos al agua y su calidad, y que afectan físicamente la calidad de los recursos de suelos sea por erosión o deterioro.

La organización para la acción debería estar contenida en los instrumentos de política. Para promover la implementación de las políticas se utilizan los programas financieros, las organizaciones de todo tipo y aquellas de propósito específico, y los servicios técnicos. Ésto, tanto para los programas de manejo de cuencas como para aquellos de conservación de suelos.

Si examinamos la forma como se conducen los programas y proyectos en países mas avanzados observamos la participación decisoria de organizaciones y gobiernos locales de propósito específico. Sea el caso de los distritos de irrigación, los distritos de conservación de suelos y aguas, los distritos de servicios públicos municipales, los distritos de aguas subterráneas. Estos distritos son gobiernos locales creados por Ley a petición de los ciudadanos que tienen el interés común y que califican para ser miembros de dicho distrito. En cada caso existe legislación especial que norma el funcionamiento y la forma como los ciudadanos miembros pueden financiar a largo plazo los préstamos para la ejecución de los planes de cada uno. *Los servicios técnicos del gobierno y privados trabajan en apoyo de estos organismos.*

Un ejemplo de programa podría ser el financiamiento parcial de pequeñas obras de infra-estructura siempre que satisfagan determinados requisitos o especificaciones técnicas. Así, la colocación de tuberías enterradas de irrigación presurizada; la construcción de canales con revestimiento de piedras del lugar; la construcción de desagües con vegetación para el escurrimiento de las lluvias. El financiamiento parcial de las prácticas que demande la ejecución de un plan de conservación de las fincas elaborado por el servicio que incluye una proporción de cultivos densos o protectores. En fin aquellas prácticas que sea de interés promover en determinados lugares en función de estudios realizados sobre su efectividad en la conservación del suelo y del agua.

Aplicados a los proyectos en la República Dominicana, por ejemplo, el PRODAS sería un Programa -administrado por un organismo público como actualmente, de aplicación en una cuenca (río San Juan). El mecanismo de consulta o decisión sería en gran medida los individuos representados por sus organizaciones locales en el ámbito de influencia de la cuenca. Los servicios técnicos, son aquellos de apoyo a la región con cierto grado de dependencia de las organizaciones locales y con la función específica de garantizar la calidad técnica de los resultados.

Habría que analizar la medida en que falta institucionalizar el sistema. Tendría que haber legislación sobre las políticas (de conservación, de calidad del agua, de protección del ambiente) que la comunidad a través del gobierno desea implementar; legislación para crear o adaptar los programas financieros orientados específicamente en el sentido de implementar dichas políticas, sobre la forma cómo se financiaría, y cómo los resultados llegarían a ser sostenibles; legislación sobre las formas de organización y gobiernos locales interlocutores y beneficiarios válidos de dichos programas; y normas claras sobre la función de los servicios públicos y la participación privada en la ejecución de

actividades y proyectos.

Por ejemplo, con relación a los servicios técnicos de ingeniería rural. En la República Dominicana existe desde hace más de quince años un Servicio de Conservación de Suelos con más de treinta profesionales con experiencia en la ejecución de prácticas de uso conservacionista de la tierra y prácticas de control de la erosión. El trabajo del servicio se ve limitado a su propia iniciativa. Mientras los programas, administrados por otras agencias, que financian pequeños proyectos no exijan las garantías técnicas de un trabajo bien hecho (aunque la ejecución la realicen privados) por parte de un servicio como el indicado, éste no tiene posibilidades de supervivencia. El caso del servicio de extensión es parecido. *Los servicios públicos continuarán siendo necesarios porque se trata de atender pequeños productores pobres.* Deberá encontrarse maneras de financiar mejores salarios y condiciones para éstos con participación mixta del sector público y del privado de manera que estos últimos conserven capacidad decisoria sobre quien los atiende y puedan demandar calidad en el trabajo. Al mismo tiempo, los servicios públicos responderán de manera más competitiva, con mayor motivación y con mayor impacto.

Como *condiciones previas* un conjunto de medidas para *resolver* el problema de la propiedad de la tierra, los servicios mínimos para la vida como la salud, el agua potable, la energía, la vivienda.

Como condición permanente, *la atención al problema educacional rural*, sin descuidar los programas de enseñanza incluyendo la cuestión de la calidad del agua, la protección del ambiente y la conservación y protección de los recursos naturales. Se debe poner particular énfasis en la formación y motivación del profesor y en el diseño de nuevas formas de financiamiento de la educación básica por parte de la comunidad. La educación forma a las personas que eventualmente realizan todo lo indicado anteriormente. Un resultado positivo de la educación es que el educando se moleste cuando ve el paisaje destruido, las ciudades en mal estado, las aguas poluidas, la basura por las calles. Esa actitud da esperanzas de que lo indicado anteriormente, o aun mejores alternativas, se concreten más rápidamente.

Prestar también particular atención a la evaluación periódica (cada dos años) de la condición de los recursos naturales. Evaluación que para ser efectiva, en lo participativo, podría ser similar a aquella que demanda la Ley de Aguas limpias del Estado de Tejas descrita brevemente en sección anterior. Esto exige sistemas de información cada vez más completos y continuos, pero, cada vez mayor conciencia del nivel de responsabilidad del ciudadano residente y las autoridades en las localidades que se evalúan. La medición sistemática de los eventos naturales, caudales de ríos, calidad de las aguas de las diversas fuentes, carga de sedimentos, condiciones del clima, registros de producción y otros es fundamental.

Referencias

ASA Monograph No 21. 1979. Planning the Uses and Management of Land. American Society of Agronomy. 677 South Segoe Road, Madison, Wisconsin 53711. USA

Heath, J. 1995. Watershed Management in Texas: The Clean Rivers Program. The University of Texas at Austin. Department of Geography, 334C.

SEA/INDRHI/IICA. Paulet, M y E. Reyna. 1982. Intensidades máximas y erosividad de las lluvias en la República Dominicana. Información y Procedimientos. Santo Domingo, RD.

Paulet, M. 1987. Conceptos fundamentales para la planificación y práctica de la conservación y utilización del agua en pequeñas cuencas. Seminario sobre el Desarrollo de Pequeñas Cuencas. Santiago, República Dominicana. IICA/RD. 30 Nov-5 Dic, 1987.

Paulet, M. 1996. Marco conceptual para un plan de acción en sostenibilidad y recursos naturales. IICA/RD.

Parfit, M. 1993. Sharing the Wealth of Water. Water-National Geographic Society, Special Edition.

Anexo A

FUNDAMENTOS DE LA PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA TENIENDO EN CUENTA EL RIESGO DE EROSIÓN HÍDRICA

Se procura optimizar el beneficio económico compatible con la conservación del recurso medido por el grado de erosión esperado.

El grado de erosión esperada no debe ser mayor que aquella que se considera tolerable para las condiciones dadas. Si un suelo demora aproximadamente 1000 años para formar 1cm de espesor, se esperaría que la tolerancia a la erosión no fuera mayor de 1/1000 cm de espesor por año, o sea, $0.0001 \text{ m} \times 10,000 \text{ m}^2 / \text{ha} \times 1.5 \text{ Ton/m}^3 = 1.5 \text{ Ton/ha/año}$.

Aparte que físicamente el suelo se queda sin condiciones para el uso agrícola, la pérdida de suelo tiene un costo para el lugar donde se origina y efectos "generalmente" negativos aguas abajo.

El grado de erosión hídrica es el resultado de la inter-acción de las condiciones del clima y de la superficie del suelo: las lluvias, las características del suelo, la topografía, y la cobertura -que incluye la acción del hombre.

Ejemplo: una lluvia que totaliza 50 mm demora 30 minutos en caer en una localidad de la República Dominicana. (a) cuál es la intensidad promedio?, (b) cuántas toneladas de agua caen sobre una hectárea de terreno? (c) cuál es la energía expresada en Tonxm/ha, asumiendo que la velocidad promedio de caída es 7.6 m/seg?

(a) $50 \text{ mm} / 30 \text{ min} \times 60 \text{ min/hora} = \underline{100 \text{ mm/hora}}$

(b) $0.05 \text{ m de agua} \times 10,000 \text{ m}^2 / \text{ha} \times 1 \text{ Ton/m}^3 \text{ de agua} = \underline{500 \text{ Ton agua}}$

(c) $E_c = m \cdot v^2 / 2 \dots \dots \dots (1)$
 $\text{masa} = \text{peso/gravedad} = (500 \text{ Ton/ha}) / (9.81 \text{ m/seg}^2) = \underline{50.97 \text{ Ton/ha} \times \text{seg}^2/\text{m}}$

$E_c = (50.97 \text{ Ton/ha} \times \text{seg}^2/\text{m}) \times (7.6 \text{ m/seg})^2 \times 1/2 = \underline{1,472 \text{ Ton} \times \text{m/ha}}$

Habiendo relacionado experimentalmente la velocidad y la masa de la lluvia con las "intensidades" que se pueden medir con un pluviógrafo, la ecuación de la energía es:

$Y = 210.3 + 89 \log (I) = (\text{Ton} \times \text{m/ha}) \text{ por cm de lluvia} \dots \dots \dots (2)$
donde I = intensidad de la lluvia cm/hora

Así, en el caso anterior:

$Y = 210.3 + 89 \times 1.00 = \underline{299.3 (\text{Ton} \times \text{m/ha}) \times 1/\text{cm}}$

como cayeron 5 cm,

$$E_c = 299.3 \text{ Tonxm/ha} \times 1/\text{cm} \times 5 \text{ cm} = \underline{1,496.5 \text{ Ton x m/ha}}$$

Puede observarse que los resultados son similares utilizando la ecuación tradicional de la energía cinética (1) o la ecuación (2). La diferencia está en que la segunda ecuación incorpora la intensidad de la lluvia como medida de la cantidad de agua que, en un mismo lugar, es muy variable en intervalos cortos de tiempo. La intensidad de la lluvia se registra en pluviógrafos instalados en las estaciones meteorológicas.

La energía de la lluvia del Cuadro 1 está calculada con esta ecuación que es la que se utiliza para la "ecuación universal de predicción de pérdida de suelos" por erosión hídrica. En el Cuadro 1, $EI = E_c \times I30/100$ por lo que la unidades de EI son: $\text{Tonxm/ha} \times \text{cm/hora} \times 10^{-2}$. Unidades que sólo tienen sentido en la "ecuación de predicción de pérdida de suelos", también llamada USLE.

La expresión de energía de la lluvia en la ecuación es "R" que representa el promedio anual (o de un determinado período) de la suma de los valores de EI de las lluvias erosivas.

La USLE es: $A = RKLSCP$ = promedio anual (o del período de análisis) de pérdida de suelo en toneladas por hectárea.

El concepto que está involucrado en el uso de esta ecuación es la modificación de la energía de la lluvia (medida por la distribución de sus intensidades) por medio de los factores físicos que encuentra la lluvia en el camino. Así, $K=A/R$ Ton/ha por unidad de índice de erosión representando la "erodabilidad" de los suelos -medidos en parcelas unitarias. Los demás son cocientes de dividir la pérdida de suelo obtenida en una determinada condición entre una condición patrón (parcelas de 22.13 m de longitud y 9% de inclinación), sea de la topografía (L, longitud y S, inclinación de la pendiente); de la cobertura sobre el suelo (C); o de determinadas prácticas de protección de la superficie del suelo comparada con la superficie cultivada en el sentido de la pendiente.

Por ejemplo, $R=1166$ en Mata Grande, República Dominicana.

En un campo determinado de:

Suelo franco arenoso, limo + arena muy fina = 48%; arena gruesa + arena media (0.1 a 2mm) = 37%; materia orgánica = 2%; para estas condiciones $K = 0.40$ (ver nomograma en referencias)

La longitud de la pendiente es 50m y la inclinación, 15%, $LS = 3.3$ (ver nomograma en referencias)

La cobertura propuesta es una rotación de cinco años que incluye tabaco, hortalizas y plátanos, $C = 0.1479$

La siembra se realiza utilizando surcos en contorno, por lo que $P = 0.9$

$$\text{Así, } A = 1166 \times 0.40 \times 3.3 \times 0.1479 \times 0.9 = \underline{204.87 \text{ Ton/ha x año.}}$$

Como esta cifra está lejos del límite de tolerancia, se pueden combinar otros usos, prácticas y hasta modificar la topografía para llegar a límites razonables. Este es el concepto del uso de la ecuación. Es sólo una guía para tomar decisiones sobre el uso de la tierra.

En la actualidad la ecuación ha sido perfeccionada para incluir mayor número de condiciones. La versión actual se llama ecuación revisada (RUSLE). También se han desarrollado modelos de simulación de la erosión en función de las variables físicas que la afectan para cada evento de lluvia y sus efectos continuos y acumulativos en el tiempo -y no promedios por períodos, a nivel de parcela y de pequeña cuenca (WEPP). La ecuación, junto con otras ecuaciones, también forma parte de modelos mas complejos que se han desarrollado y continúan perfeccionandose para obtener el efecto sobre la productividad de las tierras y sobre la economía (EPIC).

Referencias

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A guide to conservation planning. USDA Agricultural Handbook No 537. Washington, DC. USA

USDA/ARS. 1990. EPIC-Erosion Productivity Impact Calculator. Technical Bulletin No 1768

ESDA/ARS. 1994. Watershed Erosion Prediction Project. WEPP. National Soil Erosion Research Laboratory. 1196 Soil Building. West Lafayette, IN 47907-1196. USA. <http://purgatory.ecn.purdue.edu:20002/NSERL/nserl.html>

SEA/IICA/INDRHI. 1982. Intensidades Máximas y Erosividad de las Lluvias en la República Dominicana: Información y Procedimientos. A/D-46/82. 120p

Cuadro 1. Cálculo de la Energía e Índice de Erosión de una Lluvia

| hora | t | min | h | cm | min | cm | dt | dh | Intensidad | Energía | Incremento |
|--|----|------|---|----|-----|------|-------|--------|------------|---------------------|--------------|
| t | t | min | h | cm | (1) | (2) | (3) | (4) | Y | (5) | dY |
| 14 | 50 | | | | | | 0.00 | | | | |
| 14 | 55 | 0.08 | | | 5 | 0.08 | 0.96 | 208.42 | | 16.67 | |
| 15 | 0 | 0.30 | | | 5 | 0.22 | 2.64 | 247.52 | | 54.46 | |
| 15 | 2 | 0.46 | | | 2 | 0.16 | 4.80 | 270.63 | | 43.30 | |
| 15 | 5 | 0.76 | | | 3 | 0.30 | 6.00 | 279.26 | | 83.78 | |
| 15 | 7 | 1.00 | | | 2 | 0.24 | 7.20 | 286.30 | | 68.71 | |
| 15 | 16 | 1.30 | | | 9 | 0.30 | 2.00 | 236.79 | | 71.04 | |
| 15 | 30 | 1.63 | | | 14 | 0.33 | 1.41 | 223.40 | | 73.72 | |
| 15 | 48 | 1.68 | | | 18 | 0.05 | 0.17 | 140.74 | | 7.04 | |
| 15 | 51 | 1.73 | | | 3 | 0.05 | 1.00 | 210.00 | | 10.50 | |
| 16 | 5 | 1.73 | | | 14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | |
| 16 | 7 | 2.11 | | | 2 | 0.38 | 11.40 | 304.06 | | 115.54 | |
| 18 | 10 | 2.18 | | | 123 | 0.07 | 0.03 | 79.47 | | 5.56 | |
| Energía total esta lluvia (E) = | | | | | | | | | | 550.32 | |
| Intensidad máxima de 30 minutos (I30) = | | | | | | | | | | 2.86 cm/hora | |
| (3) (dh/dt)*60 | | | | | | | | | | EI = | 15.74 |
| (4) 210.3 + 89 log I | | | | | | | | | | | |
| (5) Y*dh | | | | | | | | | | | |



Calculo de la Energia e Indice de Erosion de una Lluvia

| tiempo t min | Lectura h cm | Incremento dt min | Incremento dh cm | Intensidad I cm/hora | Energia Y (Tonxm/ha)/cm | Incremento dY Tonxm/ha |
|--------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 50 | | 5 | 0.08 | 0.96 | 208.42 | 16.67 |
| 55 | 0.08 | 5 | 0.30 | 2.64 | 247.52 | 54.46 |
| 60 | 0.30 | 2 | 0.46 | 4.80 | 270.63 | 43.30 |
| 65 | 0.46 | 3 | 0.76 | 6.00 | 279.26 | 83.78 |
| 70 | 0.76 | 2 | 1.00 | 7.20 | 286.30 | 68.71 |
| 75 | 1.00 | 9 | 1.30 | 2.00 | 236.79 | 71.04 |
| 80 | 1.30 | 14 | 1.63 | 1.41 | 223.40 | 73.72 |
| 85 | 1.63 | 18 | 1.68 | 0.17 | 140.74 | 7.04 |
| 90 | 1.68 | 3 | 1.73 | 1.00 | 210.00 | 10.50 |
| 95 | 1.73 | 14 | 1.73 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 100 | 2.11 | 2 | 2.11 | 11.40 | 304.06 | 115.54 |
| 105 | 2.18 | 123 | 2.18 | 0.03 | 79.47 | 5.56 |

Intensidad maxima de 30 minutos (I₃₀) =
 $(\frac{dh}{dt}) \cdot 60$

Energia total esta lluvia (E) =

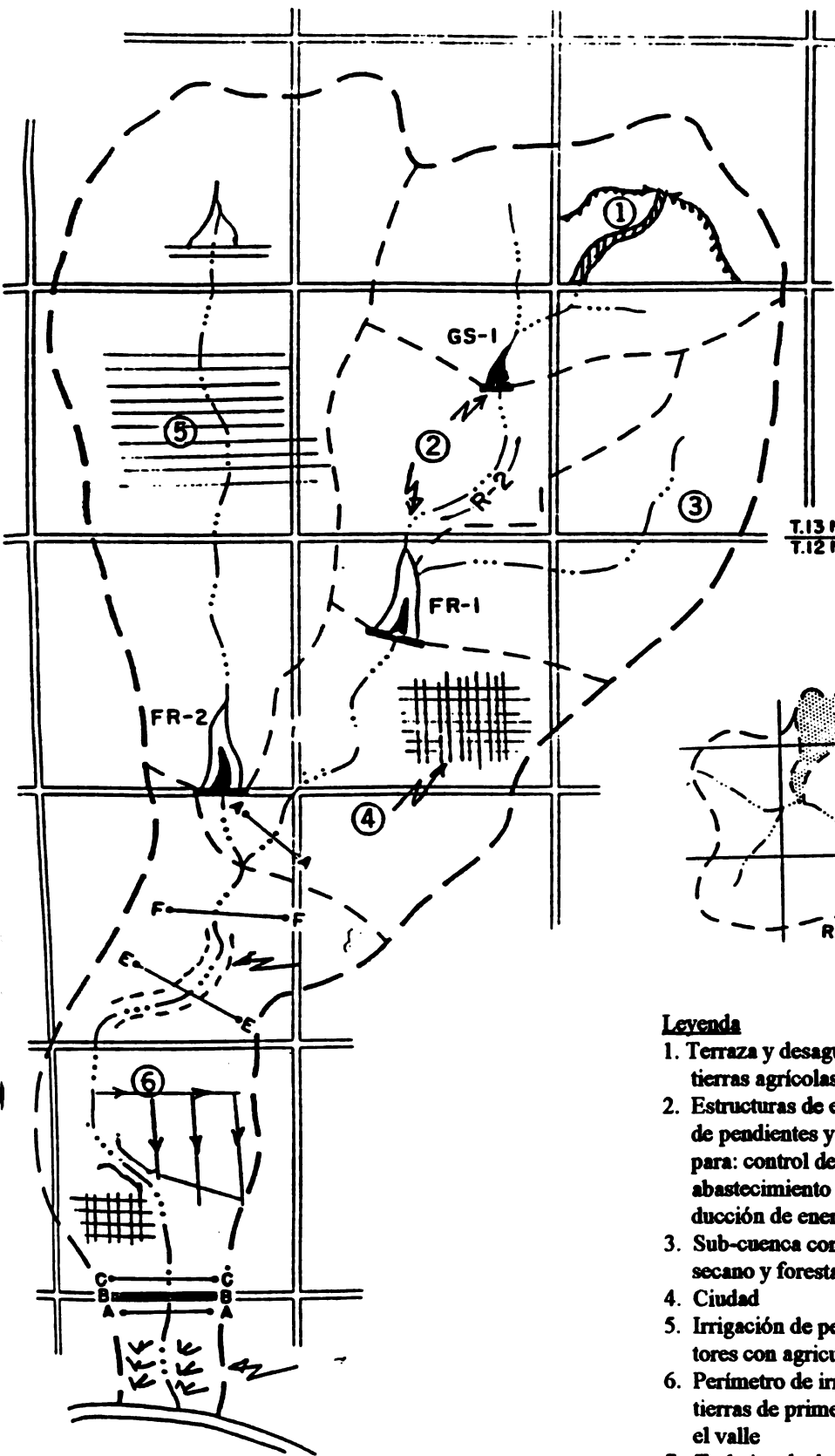
2.86 cm/hora

EI = 15.74

icos
 ar:
 idas
 o de agua
 s múltiples
 operación,

ión

ión



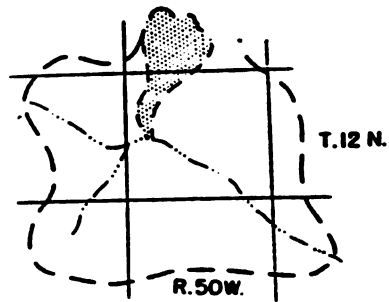
Sistema de recursos hídricos

Planificar, ejecutar, operar.

- .sistema de control de crecidas
- .sistema de almacenamiento de agua
- .sistema de usos y demandas múltiples
- .sistema de administración y operación, usos múltiples

Sistemas usuarios vinculados

- .sistemas municipales y rurales de abastecimiento de agua
- .sistema de generación y distribución de energía
- .sistema de inventario de recursos naturales (suelos, hidrología, meteorología, geología)
- .sistema de apoyo a la producción agropecuaria
- .sistema de conservación de suelos y aguas
- .sistema de control ambiental



Legenda

1. Terraza y desague vegetado en tierras agrícolas de secano
2. Estructuras de estabilización de pendientes y de uso múltiple para: control de crecientes, abastecimiento de agua, producción de energía.
3. Sub-cuenca con agricultura de secano y foresta
4. Ciudad
5. Irrigación de pequeños productores con agricultura de secano
6. Perímetro de irrigación con tierras de primera calidad en el valle
7. Trabajos de drenaje o sancaamiento
8. Trabajos de control del cauce del río.

Figura 1. Esquema de una cuenca, los usos del agua y los requerimientos de administración para su desarrollo y manejo

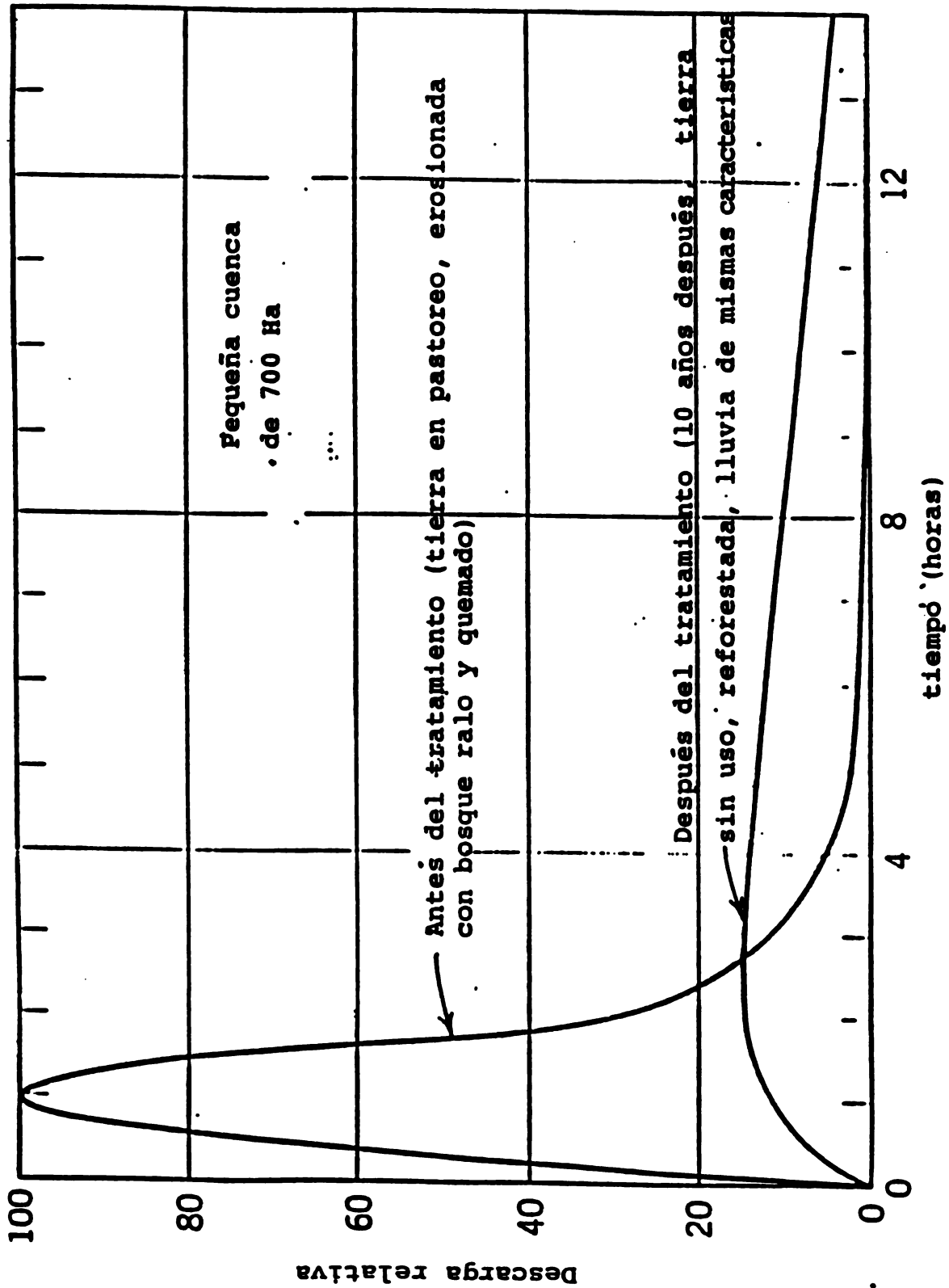


Figura 2 . Efecto del manejo en los escurrimientos máximos (Datos del TVA, en Frevert et.al. 1981. p.251)

**PROYECTO: DESARROLLO AGRICOLA EN SAN JUAN DE LA MAGUANA
(DR-0019)**

b-3

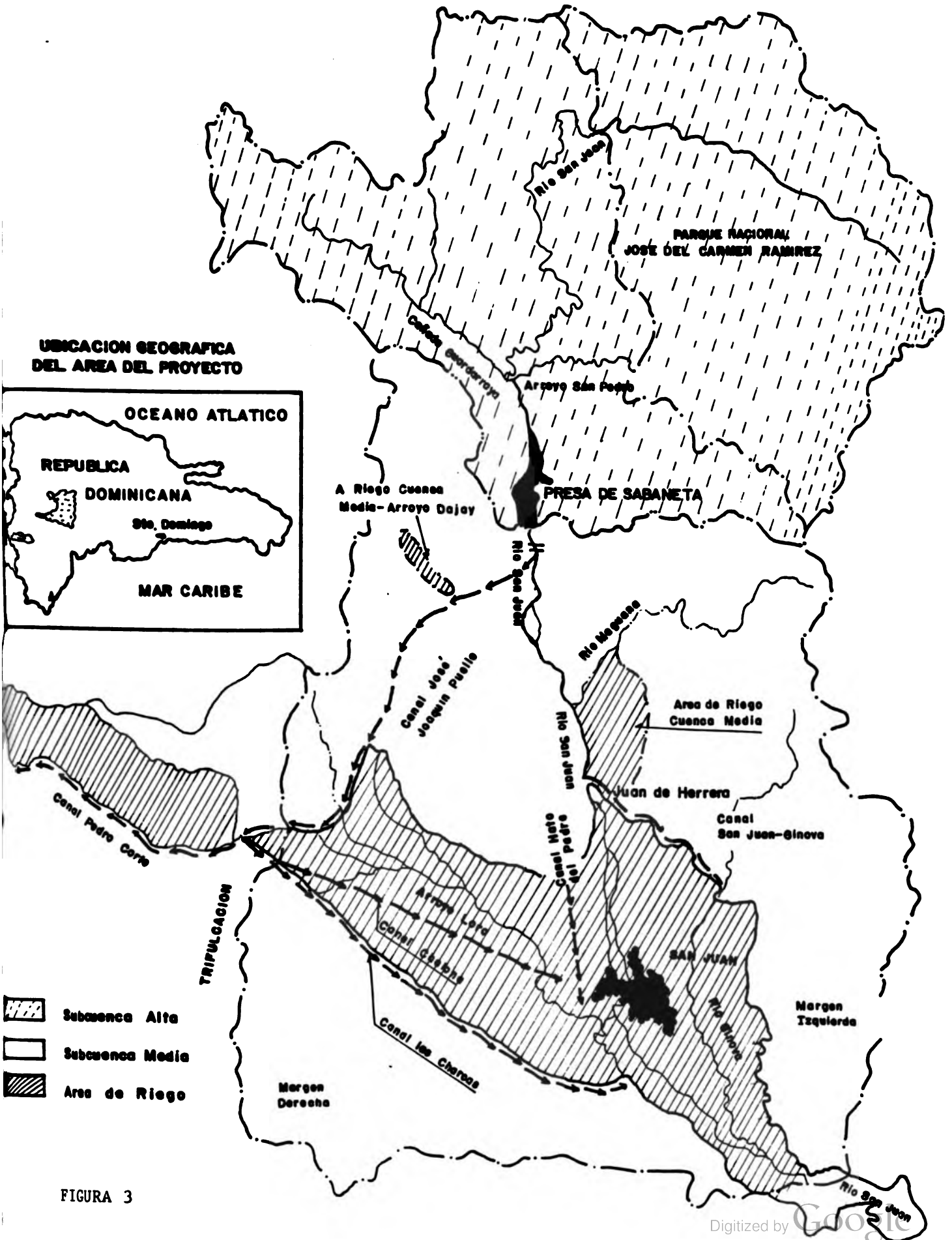


FIGURA 3

República Dominicana

ESCALA 1:1000 000

Proyecto Yaque del Norte (PRYN)

Proyecto Nizao

Proyecto Yaque del Sur Azua (YSURA)

Fig. 4: Proyecto Tres Areas de Riego

SIGNOS CONVENCIONALES

- ESTACION CENTRAL
- ESTACIONES DE PRIMER ORDEN
- ESTACIONES DE SEGUNDO ORDEN
- ESTACIONES DE TERCER ORDEN
- ESTACIONES DE CUARTO ORDEN

NOTA: Los datos de estaciones que figuran en este mapa fueron suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional.

PROYECTO DESARROLLO REGIONAL OCOA
 FIG. 5. CUENCAS Y MICROCUENCAS

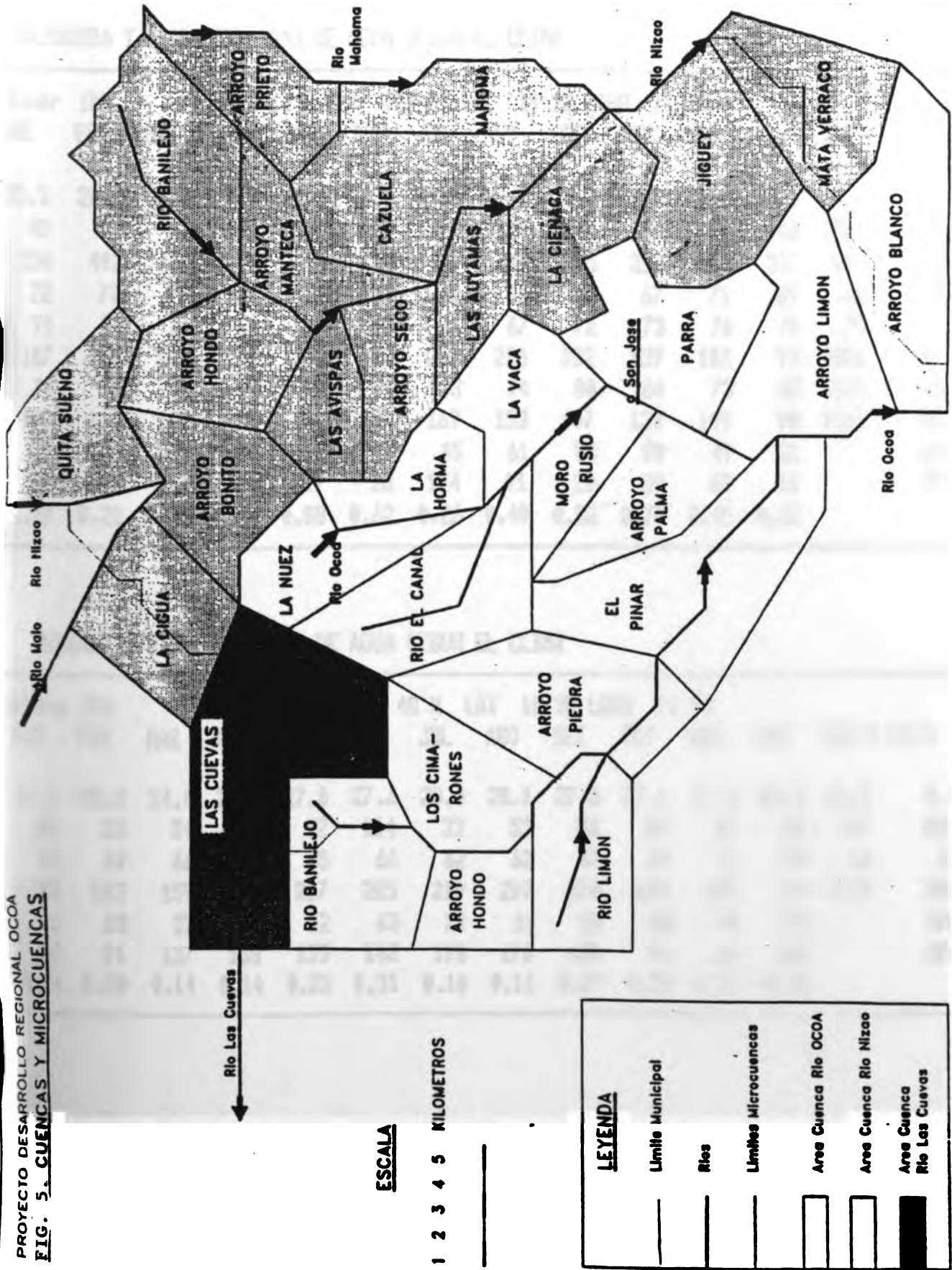


Figura 6

DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA SEGUN EL CLIMA

| RODR | IRH | ANOS 10 | | | | | | | | | | | | ALT | 120 M | LAT | 19 28 | LONG | 71 20 | SUN | 0 | PRON |
|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|---------|-----|-------|------|-------|-----|---|------|
| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | SUN | 0 | PRON | | | | | | | | |
| 25.1 | 26.2 | 26.6 | 27.9 | 27.9 | 28.4 | 29.1 | 29.3 | 25.7 | 28.2 | 26.3 | 25.1 | 27.2 | | | G.C. | | | | | | | |
| 48 | 50 | 47 | 148 | 252 | 177 | 78 | 110 | 147 | 164 | 90 | 63 | 1374 | | | MM | | | | | | | |
| 350 | 402 | 454 | 454 | 468 | 478 | 499 | 449 | 355 | 391 | 356 | 317 | 414 | | | Lan/dia | | | | | | | |
| 72 | 72 | 74 | 69 | 70 | 64 | 73 | 61 | 59 | 67 | 71 | 61 | 68 | | | HORAS | | | | | | | |
| 71 | 70 | 66 | 64 | 68 | 70 | 66 | 67 | 72 | 73 | 76 | 76 | 70 | | | % | | | | | | | |
| 107 | 118 | 166 | 194 | 204 | 198 | 219 | 206 | 152 | 139 | 102 | 93 | 1896 | | | MM | | | | | | | |
| 70 | 76 | 91 | 94 | 98 | 94 | 103 | 94 | 80 | 84 | 73 | 63 | 1022 | | | MM | | | | | | | |
| 108 | 115 | 145 | 145 | 154 | 154 | 169 | 153 | 107 | 130 | 109 | 98 | 1586 | | | MM | | | | | | | |
| 29 | 30 | 29 | 81 | 135 | 96 | 45 | 61 | 88 | 99 | 49 | 31 | | | MM | | | | | | | | |
| 79 | 85 | 116 | 64 | 19 | 58 | 124 | 91 | 28 | 38 | 60 | 66 | | | MM | | | | | | | | |
| 0.27 | 0.26 | 0.20 | 0.56 | 0.88 | 0.62 | 0.26 | 0.40 | 0.82 | 0.77 | 0.45 | 0.32 | | | | | | | | | | | |

DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA SEGUN EL CLIMA

| Antona | IRH | ANOS 9 | | | | | | | | | | | | ALT | 48 M | LAT | 18 38 | LONG | 71 24 | SUN | 0 | PRON |
|--------|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|-----|-------|------|-------|-----|---|------|
| ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | SUN | 0 | PRON | | | | | | | | |
| 22.9 | 23.5 | 24.6 | 25.5 | 27.0 | 27.6 | 28.0 | 28.1 | 27.6 | 27.1 | 25.3 | 23.3 | 25.9 | | | G.C. | | | | | | | |
| 20 | 35 | 34 | 43 | 92 | 114 | 33 | 55 | 88 | 84 | 69 | 50 | 717 | | | MM | | | | | | | |
| 71 | 69 | 66 | 63 | 65 | 66 | 62 | 62 | 68 | 70 | 72 | 74 | 67 | | | % | | | | | | | |
| 103 | 113 | 159 | 184 | 207 | 205 | 219 | 209 | 170 | 144 | 109 | 94 | 1919 | | | MM | | | | | | | |
| 15 | 22 | 22 | 27 | 52 | 63 | 21 | 33 | 50 | 48 | 40 | 30 | | | MM | | | | | | | | |
| 89 | 91 | 137 | 158 | 155 | 142 | 198 | 176 | 120 | 96 | 69 | 64 | | | MM | | | | | | | | |
| 0.14 | 0.20 | 0.14 | 0.14 | 0.25 | 0.31 | 0.10 | 0.16 | 0.29 | 0.33 | 0.37 | 0.32 | | | | | | | | | | | |

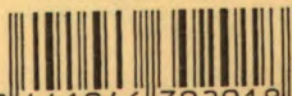
TOTAL
mm/año

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|----------------------------------|--------|-------|---------|-------------------------|--------|--------|---------|--------|-------|-------|--------|---------|-------|
| PC mm/mes | 13 | 8 | 11 | 24 | 31 | 85 | 55 | 77 | 79 | 96 | 27 | 5 | |
| ETo mm/día | 3.48 | 4.14 | 5.0 | 5.63 | 4.94 | 5.23 | 5.81 | 5.23 | 4.6 | 3.61 | 3.67 | 3.57 | |
| AJÍ (0.5 Ha) 30/35/40/20 | ↓ .85 | 6.5 | | Kc (ETA - PC) mm/mes | | | | | | ↓ .40 | ↓ .70 | ↓ 1.05 | 253.1 |
| CEBOLLA (0.5 Ha) 15/25/70/40 | ↓ .93 | | | | | | | | ↓ .45 | ↓ .76 | ↓ 1.05 | ↓ 106.2 | 301.5 |
| TOMATE (1.0 Ha) 34/46/51/34 | ↓ 90.6 | | siembra | ↓ .25 | ↓ .73 | ↓ 1.20 | ↓ .93 | ↓ .93 | 5.2 | 11.0 | 88.6 | 106.1 | 388.9 |
| MAIZ (1.0 Ha) 20/27/33/20 | | | ↓ 12.5 | ↓ 45.3 | ↓ 17.8 | ↓ 91.0 | ↓ 153.3 | ↓ 69.0 | | | | | 284.4 |
| PLATANO (1.5 Ha) 60/120/95/90 | | ↓ .83 | | ↓ .72 | ↓ .94 | ↓ 1.15 | ↓ .88 | | | | | | 984.5 |
| YAUTIA (0.5 Ha) 60/110/105/90 | 76.5 | 89.1 | 151.8 | 153.4 | 66.8 | 71.3 | 130.5 | 90.0 | 3.8 | 0.0 | 64.4 | 86.9 | 804.0 |
| In, PROMEDIO (mm/mes 5 Ha) | 98.1 | 103 | 111.4 | 48.6 | 0.0 | 31.1 | 78.3 | 43.0 | 57.3 | 21.5 | 88.6 | 110.4 | 565.9 |
| If (mm/mes 5 Ha) | 508 | 38.5 | 59.6 | 81.9 | 36.5 | 58.7 | 83.7 | 45.1 | 7.4 | 2.2 | 42.3 | 58.3 | 943.2 |
| Ut | 84.3 | 64.2 | 99.4 | 136.5 | 60.8 | 97.8 | 139.4 | 75.2 | 12.3 | 3.6 | 70.5 | 97.2 | 0.65 |
| | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | |

ETo Evapotranspiración potencial cultivo de referencia In, requerimientos de agua netos descontando PC de ETA
 ETA, Evapotranspiración potencial cultivo indicado If, requerimientos de agua si la eficiencia de riego es 0.6
 PC, Precipitación confiable Ut, intensidad de uso de la tierra en el mes

Figura 7 Estimado de los requerimientos de riego para una célula de cultivo en la zona de Bani

AMPO



7 441046 302018