

**VALORACION ECONOMICA DEL EFECTO
DE LA SALINIDAD EN LOS SUELOS IRRIGADOS
DEL VALLE DE SAN JUAN DE LA MAGUANA,
REPUBLICA DOMINICANA**

**Por
Teófilo A. Payano Ortíz**

**Tesis para Optar al Grado de Megister Scientiae en
Gestión de Recursos Naturales Renovables
y Medio Ambiente**

SERBIULA
Tulio Febres Cordero

DONACION

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
2000**

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar siempre presente y darme la fuerza necesaria para seguir adelante por el camino correcto.

Al Ing. José A. Pérez Roas, M.Sc., asesor principal, por brindarme su permanente asesoría, apoyo y colaboración, para llegar al feliz término de esta investigación.

A los miembros del comité asesor, Dr. Carlos J. Grassi y Dr. Roberto López, porque siempre estuvieron prestos a colaborar y aportar sus valiosas recomendaciones para la realización y culminación del presente trabajo.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), a la Universidad de Los Andes (ULA) y al Banco Interamericano de Desarrollo (BID); por brindarme la oportunidad de ampliar mis conocimientos profesionales.

A la Secretaría de Estado de Agricultura (SEA), por depositar en mí su confianza para realizar estudios de maestría y a los compañeros del Departamento de Inventario de Recursos Naturales (DIRENA), por toda su colaboración en el suministro de informaciones y apoyo técnico.

Al Proyecto de Desarrollo Agrícola San Juan (PRODAS), en las personas del Ing. Angel Medina Hernández, M.Sc. y del Ing. José Alarcón Mella, M.Sc., por todas las facilidades y aportes durante la fase de compilación de información para la realización de este trabajo.

Al Dr. Tomás Bándes y al Ing. Luis Rázuri, M.Sc., padrinos de nuestra promoción; igualmente al Ing. Miguel Cabeza, M.Sc., coordinador de la maestría, por las gestiones realizadas durante el desarrollo de la misma, brindando su apoyo y colaboración con tolerancia y rectitud para alcanzar los objetivos programados.

A los profesores del CIDIAT y de la ULA, especialmente al Prof. Elías Méndez Vergara; a los compañeros de estudio, así como también al personal técnico y administrativo, que no escatimaron esfuerzos para transmitir sus conocimientos y brindar el apoyo necesario.

A la familia Nava H., por la gran acogida y apoyo durante la estadía en la ciudad de Mérida.

A Alsacia de Medina, por la colaboración y asistencia brindada para realizar los estudios de maestría.

A toda mi familia, por la constante confianza depositada y porque supieron esperar hasta el feliz término de mis estudios.

www.bdigital.ula.ve

INDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE SIMBOLOS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
Capítulo	
I. INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
Métodos de valoración económica de los recursos naturales renovables.....	3
Beneficios de los recursos naturales por su efecto en el bienestar de las personas.....	4
Método directo o de valoración contingente.....	4
Métodos indirectos.....	4
Beneficios de los recursos naturales por su efecto en la producción.....	5
Valoración de las externalidades entre actividades productivas.....	5
Valoración de las externalidades de Stock.....	5
Valoración económica de los recursos naturales.....	5
Método de valoración por cambio de productividad.....	5
Valoración en términos monetarios.....	6

INDICE (...cont.)

	Página
Métodos de valoración utilizando los mercados convencionales.....	6
Método del cambio de productividad.....	6
Parámetros de la evaluación económica.....	8
Valor actual neto (VAN).....	8
Tasa interna de retorno (TIR).....	9
Modelo PROSAL.....	9
Antecedentes del modelo.....	9
Desarrollo del modelo PROSAL.....	10
Expresiones matemáticas del programa principal.....	10
Datos de entrada del PROSAL.....	13
Datos de salida del modelo PROSAL.....	14
Modelo HEESMM.....	14
Efectos de las sales.....	15
Tolerancia de los cultivos a la salinidad.....	16
III. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.....	17
Localización y extensión.....	17
Geología y geomorfología.....	20
Relieve.....	20
Hidrografía.....	20
Vegetación natural y cultivos de la zona.....	20
Clima.....	22
Suelos.....	24
Calidad del agua de riego.....	26
Calidad del agua freática.....	27
Manejo de riego.....	28
Sistema de drenaje subsuperficial.....	28
Evaluación del sistema de drenaje.....	29
Fluctuaciones del manto freático.....	30
Espaciamiento y profundidad de los drenes.....	30

INDICE (...cont.)

	Página
Comportamiento de los tubos, la grava y materiales filtroprotectores.....	30
Efecto del dren colector.....	30
Aspecto socioeconómico.....	31
Aspectos sociales.....	31
Aspectos económicos.....	32
IV. METODOLOGIA.....	33
Selección del área de estudio.....	35
Recopilación de información existente.....	35
Evolución de la salinidad observada en los suelos del área piloto....	35
Calibración del modelo PROSAL.....	35
Generación de trazas.....	37
Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año, en el área piloto de El Magueyal.....	37
Estimación de los indicadores económicos del proyecto de drenaje en el área piloto de El Magueyal, mediante la técnica de cambio de productividad.....	38
Análisis de sensibilidad al proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto de El Magueyal.....	39
Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año de cada agricultor de la zona de influencia.....	39
Estimación de los beneficios netos de los agricultores del área de influencia.....	39
Efecto social del problema.....	40
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
Evolución de los promedios de la salinidad observada en los perfiles de los suelos del área piloto de El Magueyal.....	41
Calibración del modelo PROSAL.....	42
Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en cada sector del área piloto de El Magueyal.....	44

INDICE (...cont.)

	Página
Generación de trazas con el modelo HEESMM.....	48
Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año en el área piloto de El Magueyal.....	49
Estimación de los indicadores económicos del proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto de El Magueyal.....	53
Análisis de sensibilidad del proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto de El Magueyal.....	55
Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año de cada agricultor de la zona de influencia.....	56
Estimación de los beneficios netos de los agricultores de la zona de influencia.....	61
Efecto social del problema de la salinidad.....	63
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
Conclusiones.....	67
Recomendaciones.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	69
APENDICE A. Datos Históricos de Precipitación y Evaporación.....	73
APENDICE B. Descripción de los perfiles de los suelos.....	76
APENDICE C. Mapa de Sectores de Riego.....	123

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Características agronómicas, relativas a la salinidad y económicas del cultivo del arroz en el área de estudio.....	21
2	Evapotranspiración potencial en el valle de San Juan según el método de Thornthwaite (DIRENA,1996).....	23
3	Características físicas y químicas de los sectores de riego de El Magueyal y su zona de influencia.....	25
4	Promedios de las C.E. (en dS/m) observadas en los perfiles de los suelos del área piloto.....	41
5	Datos de entrada para la calibración del modelo PROSAL.....	43
6	Datos proporcionados por el modelo PROSAL en la calibración.....	44
7	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector Pedro Martín (PM).....	45
8	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector El Arroyo (EA).....	45
9	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el La Aviación (LA).....	46
10	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el Pedregal (Pe).....	47
11	Traza seleccionada de precipitación y evaporación.....	48
12	Datos de entrada para la simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para los períodos de siembra en el área piloto.....	50
13	Evolución de la salinidad en los suelos, los rendimientos del cultivo del arroz y los beneficios brutos en el área piloto de El Magueyal.....	51

LISTA DE TABLAS (...cont.)

Tabla		Página
14	Costos estimados del proyecto de drenaje subsuperficial.....	53
15	Análisis financiero del proyecto de drenaje subsuperficial.....	54
16	Análisis financiero considerando un incremento en los costos del proyecto y una disminución de los rendimientos del cultivo.....	55
17	Datos de entrada para la simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para los períodos de siembra en la zona de influencia.....	56
18	Evolución de la salinidad en los suelos, los rendimientos del cultivo del arroz y los beneficios brutos por agricultor en la zona de influencia.....	58
19	Beneficios netos/año de cada agricultor de la zona de influencia.....	61

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Ubicación del área de estudio.....	18
2	Area piloto de El magueyal y su zona de influencia.....	19
3	Balance hídrico según el método de Thornthwaite.....	23
4	Disposición de los drenes en uno de los predios que conforman la red de drenaje de El Magueyal.....	29
5	Evolución de los promedios observados de las C.E. (en dS/m) en los perfiles de los suelos del área piloto.....	42
6	Evolución de la conductividad eléctrica final proporcionada por el modelo PROSAL en la calibración.....	44
7	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector Pedro Martín (PM).....	45
8	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector El Arroyo (EA).....	46
9	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector La Aviación (LA).....	46
10	Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector Pedregal (Pe).....	47
11	Evolución de los beneficios brutos generados por las ventas de las cosechas en el área piloto de El Magueyal.....	52
12	Evolución de los beneficios brutos por año de cada agricultor de la zona de influencia.....	60
13	Beneficios netos por año de los agricultores del área de influencia.....	62
14	Contrastación entre beneficios netos y el ingreso mínimo por año.....	64
15	Encadenamiento de los efectos sociales generados por el problema del incremento de la salinidad en los suelos.....	65

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo

A	:	Arcillosa
b	:	Pérdida de rendimiento por aumento unitario de salinidad
C ₁	:	Agua de baja salinidad
C ₂	:	Agua de media salinidad
C ₃	:	Agua altamente salina
C ₄	:	Agua muy altamente salina
°C	:	Grados Celsius
Ca ⁺⁺	:	Iones de calcio
C.E.	:	Conductividad eléctrica
C.Ee	:	Conductividad eléctrica del extracto de saturación
C ₁ S ₁	:	Bajo peligro por salinidad y baja RAS
C ₂ S ₁	:	Mediano peligro por salinidad y baja RAS
C ₄ S ₄	:	Muy alto peligro por salinidad y alta RAS
cm	:	Centímetro
dS/m	:	Decisiénmenes por metro
E	:	Punto cardinal Este
ET	:	Evapotranspiración real
ETP	:	Evapotranspiración potencial
F	:	Franca
FA	:	Franco-arcillosa
FAL	:	Franco-arcillo-limosa
FL	:	Franco-limosa

LISTA DE SIMBOLOS (cont....)

Símbolo

gal	:	Galón
gr/cm ³	:	Gramos por centímetro cúbico
h	:	Hora
ha	:	Hectárea
Km	:	Kilometro
L/s/ha	:	Litro por segundo por hectárea
m	:	Metro
m ³	:	Metro cúbico
mm	:	Milímetros
m.s.n.m	:	Metros sobre el nivel del mar
N	:	Punto cardinal Norte
Na ⁺	:	Iones de sodio
qq	:	Quintales = 100 Libras
RAS	:	Relación de adsorción de sodio
Su	:	Salinidad umbral
TIR	:	Tasa interna de retorno
Ton	:	Tonelada corta = 2000 Libras
UTM	:	Unidad Técnica de Masa
US\$:	Dólares americanos
VAN	:	Valor actual neto
W	:	Punto cardinal Oeste

RESUMEN

El problema de la salinidad en los suelos irrigados del valle de San Juan de la Maguana, en la República Dominicana, se debe a que estos son sometidos a riego por inundación para el cultivo intensivo del arroz, lo que favorece el ascenso capilar de las sales hacia la superficie del suelo, produciendo la notable disminución de los rendimientos potenciales del cultivo. En tal sentido, se realizó el presente trabajo, utilizando una metodología que podrá ser aplicada en otras áreas afectadas, donde existan proyectos de riego y drenaje para determinar su viabilidad; la misma permitió realizar el estudio evolutivo de la salinidad en los suelos y los rendimientos potenciales del cultivo del arroz, en el área piloto de El Magueyal y su zona de influencia mediante la utilización del modelo PROSAL, lo que sirvió de base para la estimación de los indicadores económicos del proyecto de drenaje, aplicando la técnica de cambio de productividad.

Para obtener datos simulados de conductividad eléctrica, lo más parecidos a los observados en campo; se realizó la calibración del modelo PROSAL, resultando los valores del factor para afectar la lámina que realmente se infiltra, de 1.14 para el sector Pedro Martín (PM), 1.13 para los sectores El Arroyo (EA) y La Aviación (LA), y 1.10 para el sector Pedregal (Pe); mientras que para la eficiencia de lavado resultó un valor de 0.38 para todos los sectores de El Magueyal, con los cuales se demuestra la mejor calibración. Los resultados proporcionados por el modelo PROSAL, indican una disminución de las concentraciones de sales en los suelos y un incremento anual de los rendimientos del cultivo del arroz.

En el análisis financiero del proyecto se determinó el VAN y la TIR, utilizando el valor presente de los beneficios netos y de los costos del proyecto de drenaje, resultando un VAN de US\$ 1,926,457.04 y una TIR de 33.0%, lo que demuestra que el proyecto es viable. En el análisis de sensibilidad se demuestra que con el incremento de un 10% en los costos del proyecto y una disminución de 5% en los rendimientos del cultivo, se produce una disminución de los beneficios netos. Esto se reflejó en la disminución del VAN a US\$ - 116,516.45 y una TIR que tiende a infinito, demostrando que con esta situación el proyecto deja de ser factible desde el punto de vista financiero.

Contrario a lo que ocurre en el área piloto, los resultados proporcionados por el modelo PROSAL en la zona de influencia, demuestran un aumento de las concentraciones de la salinidad en los suelos y una drástica disminución de los rendimientos del cultivo. Esto puede acarrear una serie de efectos negativos que inciden en forma directa e indirecta en el aspecto social, lo que se traduce en el deterioro de la calidad de vida de los agricultores y sus familias, provocado por la falta de coordinación interinstitucional y al mismo tiempo por la violación, intencional o no, de las disposiciones existentes para favorecer el desarrollo sostenible.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO I

INTRODUCCION

La salinidad en el recurso suelo, específicamente los irrigados, es un hecho real y significativo en los momentos actuales, en todas partes del mundo. Este problema está estrechamente asociado al riego y drenaje de los suelos, debido a que estas prácticas constituyen el medio que permite mantener el balance salino de los mismos, evitando así que aumente a niveles peligrosos para los cultivos.

Las sales en los suelos pueden estar presentes como resultado del proceso de su formación o haber sido conducidas en el agua de las avenidas; en el agua de riego, o como consecuencia del ascenso capilar desde el manto freático próximo a la superficie.

Los suelos con problemas de drenaje limitan la evacuación de los excesos de agua y las sales disueltas en ella, aumentando así su concentración por acumulación en el perfil. Como producto de esto los suelos se degradan en forma vertiginosa, lo cual constituye una amenaza para las actividades agrícolas.

En este sentido y conociendo la importancia agrícola que tiene el valle de San Juan de la Maguana, en la República Dominicana y por la alta producción de cultivos como: arroz, frijol y maíz, entre otros, de manera intensiva y bajo riego, para el consumo nacional y para exportación; el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está realizando una serie de financiamientos para proyectos de rehabilitación y ampliación de las redes de riego y drenaje, con el objeto de garantizar mayor eficiencia en la producción de dichos cultivos.

El problema de la salinidad en el recurso suelo del valle de San Juan de la Maguana se debe principalmente a que estos son sometidos a riego por inundación para el cultivo del arroz, elevando así el nivel freático, que favorece el ascenso capilar de las aguas y las sales disueltas en ella hacia la superficie, produciendo la disminución de la capacidad productiva de los mismos.

Esta situación puede prolongarse y agudizarse con el tiempo, hasta llegar, en muy corto plazo, al punto en que los beneficios netos de los agricultores, generados por las ventas de las cosechas, se hagan inferiores a US\$ 1.650,00/año, cifra equivalente al ingreso mínimo necesario para el sustento de una familia rural. (Instituto Agrario Dominicano, 1996).

Esto puede traer como consecuencia que los agricultores abandonen sus tierras, que anteriormente eran productivas, para emigrar desde la zona rural hacia las áreas metropolitanas de la región o a la ciudad de Santo Domingo, donde se ven obligados a realizar actividades productivas muy diferentes a lo que es la producción agrícola y a vivir en áreas marginales con un alto grado de pobreza y miseria.

Estos efectos o consecuencias del problema de la salinidad en los suelos, se reflejan en el deterioro de la calidad de vida de las familias que dependen de estos agricultores.

La situación antes mencionada motivó la realización del presente estudio, inicialmente planteado para todos los suelos irrigados del valle de San Juan de la Maguana; Sin embargo el trabajo se efectuó en una zona piloto debido a la poca disponibilidad de informaciones técnicas actualizadas (salinidad de suelos, drenaje, agua de riego, etc.). La zona piloto presenta características biofísicas similares a las del resto del valle, por lo que puede considerarse como representativa del mismo.

La zona piloto seleccionada en el valle de San Juan es la de El Magueyal y su área de influencia. En el área de El Magueyal hay un sistema de drenaje subsuperficial; en la zona de influencia no existe tal sistema. El área de El Magueyal cuenta con información adecuada de salinidad para diagnosticar la evolución del problema. El área de influencia es irrigada con agua de drenaje proveniente de El Magueyal, mezclada con agua del arroyo Loro.

De acuerdo a lo anterior, el estudio planteó los siguientes objetivos:

Objetivos

Objetivo General

Estudiar la evolución de la salinidad en el área piloto de El Magueyal y su zona de influencia, ubicadas en el valle de San Juan de la Maguana, para observar el efecto del sistema de drenaje subsuperficial construido en la misma, así como analizar el problema salino prospectivo en el área de influencia de la zona mencionada arriba.

Objetivos Específicos

- Efectuar la evaluación financiera para el área de El Magueyal y en la zona de influencia.
- Discutir los efectos sociales del problema de la salinidad en la zona de influencia.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

Los proyectos de riego y drenaje eran vistos, hasta hace muy pocos años, como unos de los tantos proyectos, donde lo único importante era el desarrollo económico, sin importar los efectos generados en el ambiente.

Estos efectos negativos sobre los recursos naturales y el ambiente han servido de base para demostrar que el desarrollo y la calidad ambiental no son alternativos, por lo que no se puede permitir un desarrollo a costa del deterioro de los mismos.

Esto trae como consecuencia el reconocimiento y la aceptación de la interrelación que debe existir entre el ambiente y el desarrollo. La necesidad de alcanzar el desarrollo sustentable ha conducido a los proyectistas y ejecutores de proyectos, a considerar los beneficios y los efectos ambientales que estos generan.

En este sentido, se presentan en este capítulo un compendio de conceptos y metodologías que sirven de marco teórico al presente estudio.

Métodos de valoración económica de los recursos naturales renovables

En la actualidad se tiene un creciente interés en aprovechar las diferentes metodologías para obtener el valor económico de los cambios en la cantidad o calidad de los recursos naturales y los bienes ambientales.

Bishop (1994) indica que las técnicas de valoración de bienes y servicios ambientales se agrupan según el mercado en el que se encuentra la información para obtener un cierto valor para los bienes intangibles de concertación.

Desde este punto de vista, surgen las siguientes categorías de técnicas:

Primero, aquellas que intentan obtener el valor económico de los recursos con la búsqueda de determinadas equivalencias entre los bienes y servicios, intercambiados en el mercado común. La existencia de estas equivalencias, y la información de los bienes intercambiables en los mercados, amerita valorar los bienes ambientales. De igual forma, las técnicas basadas en supuestos, referida a la compra y venta de bienes, indica la preferencia implícita de estos bienes ambientales; en consecuencia, la valoración puede conseguirse observando dichos mercados implícitos. (Azqueta, 1995).

Segundo, aquellos métodos basados en mercados artificiales específicos en que las personas expresan directamente su preferencia en materia de bienes ambientales (Azqueta, 1995).

Dichas metodologías tratan de valorizar aquellos efectos ambientales a los cuales es difícil colocarle un valor económico.

Las técnicas que se presentan a continuación hacen una distinción entre los beneficios que se originan por el efecto directo en el bienestar de la persona, a través del consumo de bienes, servicios, amenidades y aquellos que constituyen un insumo o factor de producción, dichas técnicas son:

Beneficios de los recursos naturales por su efecto en el bienestar de las personas

Esta técnica a su vez se divide en dos: métodos directos en base a encuestas y los indirectos, basados en el comportamiento de las personas en el mercado.

Método directo o de valoración contingente

Según Azqueta (1995), los métodos directos incluyen muchas técnicas que se desarrollan a través de encuestas y otros procedimientos experimentales de sondeo, simulándose modificaciones en el medio ambiente, para posteriormente determinar el comportamiento y las preferencias de los individuos. Por otro lado, el método de valoración contingente, compara los resultados obtenidos con los valores estimados, a través de métodos indirectos.

Métodos indirectos

Los métodos indirectos son los más aceptados, porque proceden de la observación del comportamiento de las personas. Seguidamente, se presentan los métodos: costo de viaje, precio hedónico, gastos de prevención y mitigación y el análisis de coste-efectividad (Azqueta, 1995).

Método del costo de viaje. Se emplea en la estimación de los beneficios de las actividades recreacionales, considerando los gastos, tiempo y transporte en que incurren las personas para llegar a un lugar específico.

Método de precios hedónicos. Se basa en los equilibrios de mercado para bienes o contingencias homogéneas y que contienen cualidades relacionadas a la calidad y existencia de los recursos ambientales. Metodología que consiste en estimar la disposición a pagar por la calidad ambiental, considerando los precios de mercado relacionados.

Métodos de gastos de prevención y mitigación. Valoran los riesgos que afectan la salud y el riesgo de muerte, es el caso por ejemplo de la exposición a sustancias peligrosas. El comportamiento tiene como objeto cuantificar el número de enfermedades y muertes asociados a las actividades contaminantes y compararla con otra situación con proyectos que apoyen el mejoramiento de la calidad ambiental (Azqueta, 1995).

Análisis de coste-efectividad. Método utilizado en el análisis de la degradación ambiental y de los efectos que tiene sobre la salud humana. Las normas ambientales se fijan en base a parámetros existentes en cada país.

Beneficios de los recursos naturales por su efecto en la producción

Valoración de las externalidades entre actividades productivas

Consiste en aplicar la valoración a las externalidades del agricultor productor o a productor. Tal es el caso, de la contaminación del aire y agua; que afectan la productividad agrícola por medio del riego, lluvia ácida, el uso intensivo del suelo, erosión producida por la deforestación. El aumento en los costes puede sobrestimar la verdadera pérdida del bienestar. (Flores y Chávez, 1993).

Valoración de las externalidades de Stock

En esta técnica se analizan las externalidades de una misma actividad y que no son percibidas inmediatamente; es el caso de la sobre-explotación de los recursos naturales. En donde se contemplan estimaciones mensurables de las relaciones tecnológicas intertemporales y, a través de técnicas de optimización dinámica, es posible obtener el programa de explotación y el valor potencial de los recursos naturales y el ambiente. (Flores y Chávez, 1993).

Valoración económica de los recursos naturales

Método de valoración por cambio de productividad

Al realizar un análisis económico ambiental, en primer término se deben identificar los impactos y las políticas, en el caso del medio ambiente y de los recursos naturales. Las mismas que se realizan comparando los impactos con y sin proyecto, situaciones que presentan una serie de inconvenientes.

Por cuanto los paradigmas de lo anterior, se pueden establecer fácilmente por producción de desechos sólidos en una planta industrial, en cambio, es mucho más complejo determinar los efectos ambientales de la producción agrícola, reforma a la política de comercio, contaminación atmosférica y erosión de suelos (Gittenger, 1994).

Valoración en términos monetarios

Entre las valoraciones de los efectos y las relaciones físicas del medio ambiente se plantean algunas bases conceptuales, las mismas, que pueden presentarse mediante una permutación evaluable en la producción, es el caso de la calidad del medio ambiente. Los métodos y orientaciones citados para este ejemplo de país en desarrollo, es la presentación en orden decreciente de la dependencia en la información del mercado (Gittenger, 1994).

Métodos de valoración utilizando los mercados convencionales

La peculiaridad de estos métodos se fundamenta directamente en los precios o productividad del mercado. Son adecuados si un cambio en la calidad del medio ambiente puede afectar a la producción efectiva, o a la aptitud de la misma.

Método del cambio de productividad

El concepto de valoración de cambio de productividad es un método fundamentado en el análisis de coste-beneficio, donde se busca valorar económicamente los beneficios y costos de un plan, proyecto o programa. La base de la idea es la utilidad del bien, donde los beneficios del plan deben proceder al cambio en el nivel de bienestar de los individuos que constituyen la sociedad. (Dixon, 1994).

El método se fundamenta en la economía del bienestar, empleando la función de utilidad social, el criterio y la mejora del óptimo Pareto, la teoría del valor, y para el cálculo de los costos o beneficios de los bienes privados, se usa el concepto de variación compensatoria, excedente del consumidor; sólo en ocasiones se estima emplear el excedente compensatorio.

La valoración del cambio de producción tiene consistencia en el productor y afinidad al consumidor, por tanto esta técnica permite justipreciar los beneficios y costos, dando lugar a la aplicación de métodos económicos que nos permiten poner valores monetarios a los cambios en los niveles de designación de los bienes privados.

La metodología en este método es una herramienta básica en los estudios de cambio de productividad. Además, permite simular el mercado común de producción; no obstante, que se puede extraer a este productor sus características sociales y económicas, porque ello constituirá la base de datos para que posteriormente este pueda ser caracterizado, analizado y principiar con conclusiones.

Significa que los cambios físicos en la producción son analizados y evaluados empleando precios de mercado para los insumos y bienes finales. La presencia de alteraciones amerita emplear precios de mercado relacionados.

El medio ambiente no tiene valor económico intrínseco, sólo cuando proporciona beneficios al ser humano; porque la teoría del bienestar no se considera inherente a la naturaleza, que es independiente de la percepción de las personas.

El propósito fundamental de la estimación es la identificación clara y precisa de los costos y beneficios asociados a los recursos ambientales que se pretenden valorar. Por tanto, el método permite la valoración monetaria de los recursos naturales, siendo apropiado para medir los valores de uso activo y de uso pasivo.

En el caso de los beneficios, se incluyen aquellos derivados del uso del recurso, de los servicios que proveen, de las funciones ecológicas. En cambio, en el caso de los costos, se consideran los asociados a la manutención o recuperación de un área afectada por un problema ambiental, los mismos que originan los costos directos, indirectos y de oportunidad.

En consecuencia, el cambio de productividad busca determinar el valor económico y/o valor del recurso ligado al valor social de un bien o servicio que está en el mercado común, obteniéndose datos históricos de producción y evolución del grado de contaminación del recurso para un determinado beneficio máximo o mínimo.

En muchos casos en que es acertado considerar a los recursos naturales o bienes ambientales como insumos en el proceso de producción de ciertos bienes privados. En este caso cabe esperar que la reducción de la disponibilidad de los insumos ambientales, a igualdad de condiciones, haga decrecer el valor del producto final. Por otra parte, ésta pérdida de producción puede interpretarse como el costo de oportunidad del cambio ambiental.

El caso más común, surge cuando un plan o proyecto produce externalidades, sean estas tecnológicas o de otra índole, que afectan a la función de producción de un agente económico que forma parte del proyecto, que modifica la calidad de un bien ambiental que se utiliza como insumo para otro productor (Azqueta, et al., 1994).

El caso más común en la agricultura es la contaminación del agua, que se refleja en la disminución de la calidad de agua potable y para riego, en el incremento del costo de tratamiento, reducción del suministro de agua de riego y para la producción piscícola; la degradación de los suelos con efectos directos en la disminución de la producción de los cultivos, por tanto, reduce el valor de los cultivos sembrados en determinados terrenos, del mismo modo, y el incremento de la salinidad en los suelos disminuye el valor de los cultivos.

Los cambios de productividad también pueden ser internos del proyecto, pero en tal caso, no es necesario obtener una valoración separada de los efectos ambientales internos. Individualmente, la implementación de un proyecto de riego implica el constante aumento de la salinidad del suelo y como consecuencia de ello,

la constante reducción del valor de los cultivos. Ahora bien, cuando el efecto ambiental es interno, la pérdida de bienestar debida a la mayor salinidad puede reflejarse en la trayectoria decreciente de los ingresos obtenidos por la venta de las cosechas.

Parámetros de la evaluación económica

Para evaluar la conveniencia o no de acometer un determinado plan o proyecto, es pertinente identificar, cuantificar y valorar sus costos y beneficios. Singularmente requiere de criterios técnicos para seleccionar entre programas excluyentes, principalmente si los recursos presupuestarios son indigentes.

En consecuencia, la teoría de evaluación proporciona una serie de herramientas e indicadores, entre las cuales están:

Valor actual neto (VAN)

El VAN es un indicador económico que se define como el valor actualizado de los beneficios futuros menos el valor actualizado de los costos. En los proyectos de inversión pública, estos valores se descuentan a una tasa que refleje el costo de oportunidad de la inversión pública (Pérez, 1996).

El criterio para decidir entre distintas alternativas utilizando este indicador se basa en el principio general de que un proyecto es conveniente siempre y cuando los ingresos y los beneficios asociados al mismo sean iguales o mayores que sus costos, esto quiere decir que en un análisis debemos aceptar aquellos proyectos con un VAN mayor o igual a cero (ya que producen ingresos mayores o iguales a los costos) y rechazar todos aquellos proyectos que tienen un VAN negativo.

En términos generales, el valor actual neto se expresa como la suma de todos sus flujos de caja descontados;

$$VAN = \sum_{t=1}^n S_t / (1 + r)^t \quad (2.1)$$

donde :

S_t : es el flujo de caja del proyecto (positivo o negativo) en el momento.

t, n : es la vida útil del proyecto (o número total de períodos relevantes).

r : es la tasa anual de descuento.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es un indicador económico que se define como la tasa de descuento que hace que el valor actual neto del proyecto sea igual a cero (0). Si el VAN es exactamente cero, la tasa de descuento es igual a la rentabilidad del proyecto. (Pérez, 1996).

$$VAN = \sum \frac{S_t}{(1+r)^t} = \sum \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (2.2)$$

En este caso, $r = TIR$.

La TIR es independiente de la tasa de descuento del inversionista y depende exclusivamente del proyecto. En general, si la TIR es superior a la tasa de descuento del inversionista, el proyecto es rentable; si es menor, se considerará que el proyecto no es conveniente y si es igual, el inversionista será indiferente a acometer o no el proyecto.

Para estimar la TIR de un proyecto, se requiere resolver una ecuación polinómica, lo cual puede llegar a ser complejo. Sin embargo, es posible estimar la TIR mediante el método de interpolación lineal.

Este método consiste en aproximar un valor seleccionado a una tasa de descuento, para la cual el VAN resulte positivo, y otro valor que produzca un VAN negativo. Determinándose la TIR mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$TIR = R1 + \left(\frac{VAN1}{VAN1 + VAN2} \right) * (R2 - R1) \quad (2.3)$$

Donde R1 es la tasa de descuento que da un VAN positivo, R2 es la tasa de descuento que da un VAN negativo, VAN1 es el Valor Actual Neto positivo y VAN2 es el valor absoluto del Valor Actual Neto negativo.

Modelo PROSAL

Antecedentes del modelo

PROSAL es un modelo estacional, creado por el Ing. José Pérez Roas, en el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), el mismo se basa en el balance de sales y agua en el suelo durante un período de tiempo determinado. El modelo sirve para predecir, a nivel de planificación, cuáles podrían ser las características de salinidad y por ende su efecto sobre el rendimiento

de los cultivos, en un área que presenta ciertas condiciones climáticas y edafológicas, y que está siendo irrigada con aguas de determinada calidad.

El modelo ayuda a los planificadores a seleccionar los cultivos potenciales que se pueden cultivar en un área que será sometida a irrigación con agua de determinada calidad, con requerimientos climáticos específicos y ciertas características químicas y físicas de suelo.

Desarrollo del modelo PROSAL

El modelo consta de un programa principal alimentado por varias subrutinas. El programa principal contiene las determinaciones matemáticas necesarias para calcular la concentración final salina de los suelos y el rendimiento esperado de un cultivo de acuerdo a dicha salinidad.

Las subrutinas de alimentación corresponden a las determinaciones de evapotranspiración y de precipitación efectiva de la zona. Estos datos pueden ser datos reales o de trazas cuando se trabaja a nivel de planificación.

El modelo podrá trabajar por un ciclo de cultivo, varios ciclos en el año o por varios años dependiendo de los datos que se le suministren. Igualmente, para el caso de cultivos de ciclo corto, el programa permite la rotación de cultivos.

Expresiones matemáticas del programa principal

Las expresiones matemáticas del programa principal son basadas en lo siguiente (Pizarro 1978 y Mass y Hoffman, 1977, citados por Pérez, 1993).

1. Ecuación de balance de agua.

$$R + Pe + GW = ET + P + \Delta H \quad (2.4)$$

donde :

R : Lámina efectiva de riego aplicada

Pe : Precipitación efectiva

GW : Aporte capilar de agua

ET : Evapotranspiración del cultivo estudiado

P : Agua percolada por debajo de la zona radicular

ΔH : Incremento o disminución de la lámina de agua en el suelo de acuerdo al balance.

NOTA : Todos los valores en unidades de longitud

2. Ecuación de balance de sales

$$RCE_R + P_e CE_{Pe} + GW CE_{GW} = ET CE_{ET} + P CE_P + \Delta Z \quad (2.5)$$

donde :

CE : Conductividad eléctrica de cada parámetro (dS/m).

ΔZ : Incremento o disminución de la concentración salina multiplicada por la variación de la lámina de agua.

3. Suposiciones

- CE_{ET} y CE_{Pe} son muy pequeñas y se asumen como cero.

- No hay aporte capilar de agua, $GW = 0$

- $Z = CE_{cc} \times H_{cc}$ (2.6)

donde :

CE_{cc} : Conductividad eléctrica del suelo a capacidad de campo, dS/m.

H_{cc} : Lámina de agua del suelo a capacidad de campo.

$$-H_{cc} = h_{cc} \times p_r \quad (2.7)$$

donde :

p_r : Profundidad radicular del cultivo, preferiblemente la profundidad efectiva de raíces (unidades de longitud).

h_{cc} : % de humedad, en volumen, a capacidad de campo.

$$-CE_p = f CE_{cc} + (1-f) CE_R \quad (2.8)$$

donde :

f : Eficiencia de lavado, depende del tipo de suelo, especialmente la textura, en decimal.

$$-CE_{cc} \times h_{cc} = CE_s \times h_s \quad (2.9)$$

donde :

CE_s : Conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo (dS/m).

h_s : % de humedad, en volumen, a saturación.

$$- \Delta Z = Z_2 - Z_1 \quad (2.10)$$

$$- Z_2 = CE_{F_{cc}} \times H_{cc} \quad (2.11)$$

$$- Z_1 = CE_{i_{cc}} \times H_{cc} \quad (2.12)$$

F_{ci} : Significa final e inicial respectivamente

$$- CE_{cc} = 1/2 (Z_1 / H_{cc} + Z_2 / H_{cc}) \quad (2.13)$$

donde :

CE_{cc} : Conductividad eléctrica media a capacidad de campo (dS/m).

4. Determinación de la conductividad eléctrica final en el extracto de saturación (CE_{sF} en dS/m).

$$CE_{sF} = \frac{h_{cc}}{h_s} \left(\frac{2 (CER ((ET-Pe) + (R+Pe-ET) f) - (R+Pe-ET) f ((h_s \times CE_{si}) / h_{cc}))}{2 H_{cc} + (R + Pe - ET) f} + (h_s \times CE_{si} / h_{cc}) \right) \quad (2.14)$$

donde :

CE_{si} : Conductividad eléctrica inicial del suelo en el extracto de saturación (dS/m).

5. Determinación del rendimiento y del cultivo en cuestión.

$$Y = 100 - b (CE_{sm} - S_u) \quad (2.15)$$

$$CE_{sm} = \frac{CE_{sF} + CE_{si}}{2} \quad (2.16)$$

donde:

CE_{sm} : Conductividad eléctrica media en el extracto de saturación en (dS/m).

S_u : Salinidad umbral del cultivo en (dS/m).

b : Disminución del rendimiento del cultivo por aumento unitario de salinidad.

Datos de entrada del PROSAL

Para la simulación de la salinidad en los suelos y los rendimientos potenciales de los cultivos, es necesario introducir en el modelo información correspondiente a las características edafoclimáticas y la salinidad inicial del agua y suelo, así como también datos del cultivo. Los mismos son los que se presentan a continuación:

Datos iniciales de la zona de estudio

Número de años a estudiar

Número de sectores de riego a procesar

Nombre del sector de riego

Densidad aparente del sector (gr/cm³)

Humedad a capacidad de campo (%) (volumen)

Humedad a punto de marchitez permanente (%) (volumen)

Coefficiente hidrodinámico

Eficiencia de riego global para el sector

Número de cultivos considerados en el sector de riego

Datos característicos del cultivo

Nombre del cultivo

Coefficiente de desarrollo foliar del cultivo

Coefficiente de densidad de enraizamiento

Profundidad radicular típica (cm)

Periodo vegetativo del cultivo (meses)

Código para salida de demanda del cultivo

Código para leer los datos de precipitación

Código para leer los datos de evaporación

Código para especificar la duración del cultivo

Valores para salinidad

Humedad del suelo a saturación en volumen (%)

Conductividad eléctrica del agua de riego (dS/m)

Conductividad eléctrica inicial en extracto de saturación (dS/m)

Eficiencia de lavado (fracción)

Factor para afectar la lámina de riego que realmente se infiltra

Pérdida de rendimiento por aumento unitario de salinidad (b) (%/dS/m)

Salinidad umbral para el cultivo (Su) (dS/m)

Línea que define los años de cambio de patrón de cultivo

Número de hectáreas a regar para el año 1

% del área a sembrar para el sector 1

Mes de siembra para este cultivo en el sector 1

Trazas de precipitación y evaporación.

Datos de salida del modelo PROSAL

La salida detallada mensual para el cultivo, al final de la corrida del modelo, señala lo siguiente: mes, precipitación en (mm), evaporación en (mm), evapotranspiración en (mm), lámina de reposición, umbral de riego, riesgos, y demanda de riego en (m³ y L/s/ha). Los valores de salinidad por período de siembra establecidos para el cultivo considerado, proporcionando valores por período, demanda de riego en (L/s/ha), evapotranspiración en (mm), precipitación efectiva en (mm), lámina de riego, conductividad inicial, final y media; además, el porcentaje de rendimiento del cultivo.

Modelo HEESMM

Se denomina HEESMM a un generador de trazas o proyecciones en el tiempo y espacio de variables hidrológicas y se caracteriza por ser un modelo estocástico, multivariado y autorregresivo, es decir, que realiza operaciones simultáneas con el abastecimiento de datos históricos de diferentes variables aleatorias. Este preserva la media, desviación estándar, correlación y la auto correlación que no cambian en el tiempo (Henao, 1987).

Para la generación de series sintéticas de carácter multivariado, el modelo tiene la siguiente ecuación:

$$X_t = A X_{t-1} + B \varepsilon_t \quad (2.17)$$

Para esto se hace necesario determinar las matrices A y B las mismas que son calculadas a partir de las ecuaciones que se presentan a continuación:

$$X_n = K_n Z_n + V_n Y_{n-1} \quad (2.18)$$

$$Y_n = U_n Y_{n-1} + Z_n \quad (2.19)$$

donde:

Z_n = es una variable aleatoria exponencial con parámetro $\lambda > 0$,

K_n = es una variable aleatoria con distribución, donde:

$K_n = 0$ con probabilidad ϕ ; con probabilidad $(1 - \phi)$

U_n y V_n son iid $U(0,1)$ con distribuciones de probabilidad;

Z_n , K_n , U_n y V_n son mutuamente independientes y Y tiene el correlograma característico de un modelo Markoviano.

Se puede comenzar a generar X con la ecuación 2.20, añadiendo la constante C :

$$X_t = C + K_t Z_t + V_t Y_{t-1} \quad (2.20)$$

La descripción por pasos se detalla en el Manual de Simulación Estocástica de Recursos Hidráulicos (Henao, 1987).

Los datos de entrada para la generación de trazas son los indicados: datos históricos, valor de L , número de variables, número de períodos, número de trazas y tantas semillas como número de trazas a generar, además del número de años a generar. Los datos de salida son las correspondientes trazas generadas dentro de un 95% de confiabilidad de media y desviación estándar.

Efectos de las sales

Las sales disueltas en la solución del suelo afectan a las plantas a través de dos mecanismos diferentes: mediante un aumento de la presión osmótica y por su efecto tóxico.

A medida que aumenta la concentración salina de la solución del suelo, aumenta su presión osmótica y llega un momento en que las raíces de las plantas no tienen la fuerza de succión necesaria para contrarrestar la presión osmótica, y en consecuencia, no absorben el agua del suelo.

El efecto tóxico es un mecanismo muy estudiado pero no suficientemente esclarecido. Parece que la toxicidad de las sales no es debida al efecto directo de sus iones, sino a que estos inducen alteraciones en el metabolismo, ocasionando la acumulación de productos tóxicos. Por ejemplo, el algodón en suelos salinos

experimenta un cambio en el metabolismo del nitrógeno, con acumulación de amonio (NH_4), que tiene un efecto tóxico (Pizarro, 1978).

Las sales solubles producen efectos dañinos en las plantas al aumentar el contenido de sal en la solución del suelo con sodio intercambiable (Richards, 1977).

Los efectos de la salinidad y alcalinidad de los suelos en la producción de caña de azúcar en Colombia, se encontró gran relación entre la salinidad y la calidad de los jugos de la misma. También encontraron correlaciones entre contenido de sodio en el suelo y los rendimientos cuantitativos y cualitativos de los cultivos de caña (Grillo et al., 1979).

En el suelo se presentan varios efectos, pero el principal consiste en su acción sobre la estructura. Esta propiedad depende de la floculación de los coloides y de la cementación de los mismos, formando agregados. Por esta razón, los efectos son tanto más pronunciados cuanto mayor sea el contenido de los coloides, es decir, cuanto más arcilloso es el suelo (Pizarro, 1979).

Tolerancia de los cultivos a la salinidad

Los cultivos tienen diferente grado de tolerancia a la salinidad en la solución del suelo. Se ha usado al respecto la palabra sensible y resistente para niveles extremos bajos y altos de salinidad, respectivamente. El U.S. Salinity Laboratory, en 1954, realizó lo que sería el primer intento sistematizado de elaborar una lista de tolerancia de cultivos a la salinidad. Trabajos posteriores han permitido llegar a un procedimiento más elaborado, particularmente en cuanto a la relación entre producción y la conductividad eléctrica del extracto (CEe), que a su vez incorpora todo lo generado en conocimientos a partir del primer esfuerzo.

En este sentido se planteó una ecuación que permite calcular la producción relativa de los cultivos en función de la CEe. (ver ecuación 2.15). (Ayers y Westcot, 1976, citados por Pizarro, 1978)

Aún cuando las labores mecánicas, como la arada profunda combinada con el subsolado, pueden flojar estratos impermeables, la solución está en el uso de enmiendas.

El yeso es el producto más usado, ya sea disuelto en el agua de riego o esparcido sobre el terreno. Se recomienda iniciar el tratamiento con una cantidad menor de lo requerido, ya que puede ocurrir que ello aumente la permeabilidad en grado tal que comience el proceso de intercambio de iones Na^+ por iones Ca^{++} (Grassi, 1993).

CAPITULO III

DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO

El trabajo fue ejecutado en la zona de El Magueyal y su área de influencia ubicada en el valle de San Juan de la Maguana. El área presenta características biofísicas similares a las demás zonas del valle, por lo que puede considerarse representativa del mismo.

En El Magueyal y su área de influencia existen problemas pronunciados de salinidad y de empantanamiento de los suelos. Antes de la instalación del sistema de drenaje subsuperficial, que actualmente está en operación, los suelos del área de El Magueyal se encontraban fuera de producción y en estado de abandono porque la producción de los cultivos poco tolerantes a la salinidad era casi nula. El área de influencia se denomina así porque es irrigada con agua de drenaje proveniente de El Magueyal. Esta agua de drenaje es mezclada con agua de la fuente de riego de El Magueyal, el arroyo Loro. A continuación se describirán las características más importantes de la zona de El Magueyal y su área de influencia.

Localización y extensión

El área estudiada se localiza en el valle de San Juan de la Maguana, formando parte de la provincia que lleva el mismo nombre, en la región sur-oeste de la República Dominicana, específicamente a la altura del km. 7 de la carretera Sánchez, en el tramo comprendido entre los municipios de San Juan de la Maguana y Las Matas de Farfán.

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas $18^{\circ} 47'$ y $18^{\circ} 51'$ N y entre los $71^{\circ} 15'$ y $71^{\circ} 20'$ W. Además, se localiza entre las siguientes coordenadas UTM: 2078700 y 2085500 mN y entre los 254200 y 262750 mE; a una altura comprendida entre los 410 y 460 m.s.n.m., ocupando una extensión aproximada de 2.286,52 ha, equivalentes al 4,1% de la superficie total del valle. Esta ubicación se ilustra mejor en las Figuras 1 y 2., las cuales se presentan a continuación.

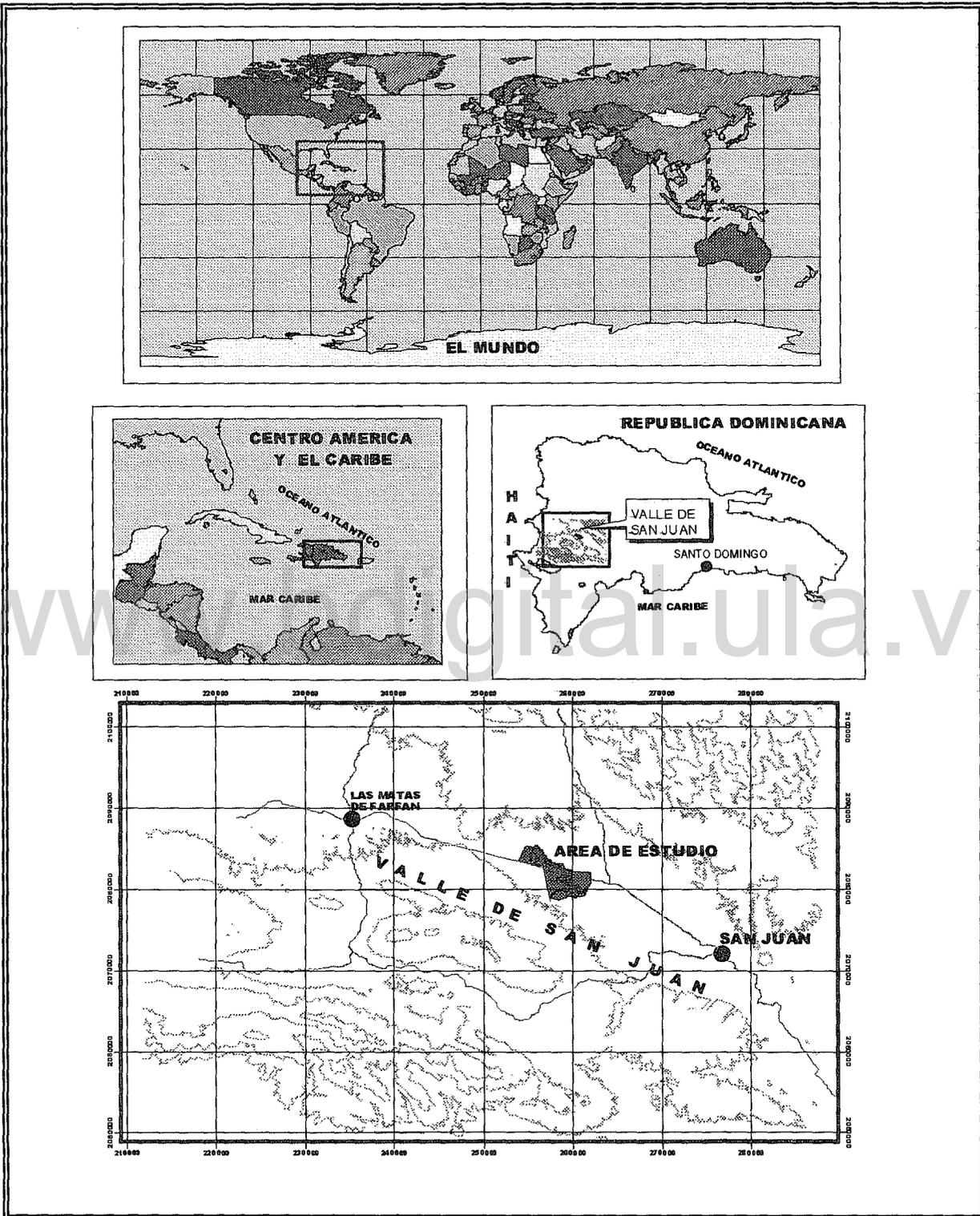


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

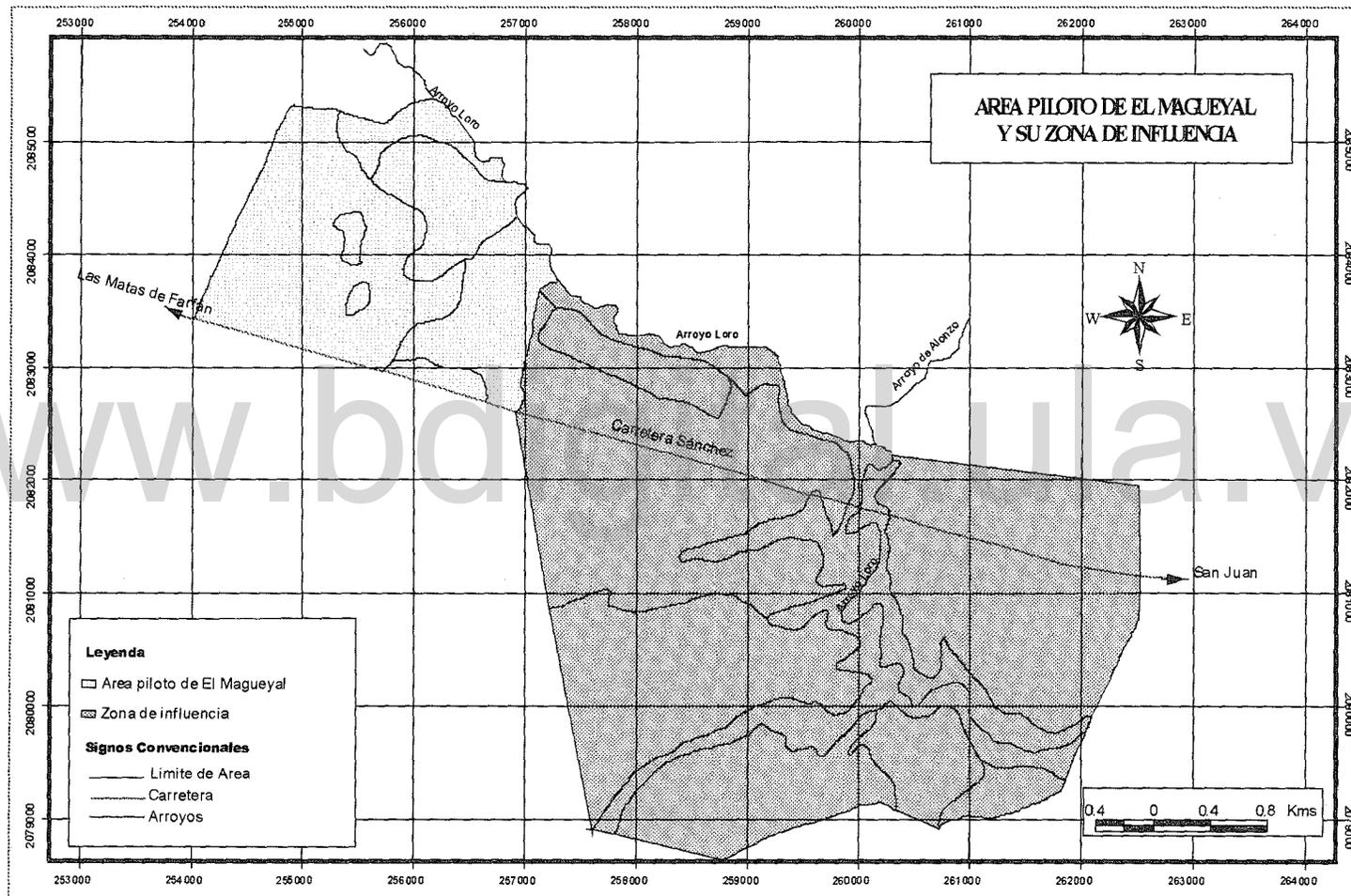


Figura 2. Area piloto de EL Magueyal y su zona de Influencia

Geología y geomorfología

Según el Atlas Geológico y Mineralógico de la República Dominicana, elaborado por Zoppis (1968), el área de estudio está constituida, desde el punto de vista geológico, por materiales de aluviones finos de la Era Cuaternaria, depositados sobre productos del intemperismo de una roca caliza de la Era Terciaria, cuyas evidencias son más notables en la presencia de fragmentos gruesos calcáreos en el horizonte C de la mayoría de los suelos.

En términos geomorfológicos, el área estudiada forma parte del valle de San Juan de la Maguana, el cual constituye una fosa de hundimiento producida por fallas de gravedad y compresión. Hacia la zona de estudio, la fisiografía corresponde al pie de varios abanicos de piedemonte coalescentes, donde por selección se han depositado los sedimentos más finos, que han contribuido al relleno del valle.

Relieve

El relieve del área de estudio puede clasificarse como plano, con una pendiente negativa hacia la parte más baja; por la forma del relieve y el contenido de materiales finos en los horizontes de los suelos, se presenta un microrrelieve de montículos esponjosos, característicos de los suelos salinos-alcálicos, además, tiende a acumular agua en cierta época del año, afectando su drenaje natural.

Hidrografía

Según el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos -INDRHI-, la hidrografía del área de estudio está formada por el arroyo Loro como corriente principal. El mismo es un afluente del río San Juan y mantiene un curso permanente durante todo el año. Como cauce superficial secundario está el arroyo de Alonzo, el cual hace confluencia con el arroyo Loro en un punto del límite norte del área de estudio.

Las aguas de estos dos arroyos son utilizadas para irrigar las tierras bajo cultivo, además reciben aguas de drenaje de las zonas que los circundan y son reutilizadas para la irrigación de cultivos que se encuentran en otros predios, aguas abajo.

Vegetación natural y cultivos de la zona

Según los datos proporcionados por la Dirección Regional de Agricultura en San Juan de la Maguana, en la zona de estudio se observa muy poca vegetación natural, aunque en algunas áreas circundantes se pueden observar especies como: Guayacán (*Guayacum sanctum*), Aroma (*Acasia farnesiana*), Baitoa (*Phyllostylon brasiliensis*), entre otras especies de clima seco. Esta región, de acuerdo al esquema

de clasificación de zonas de vida de Holdridge, se clasifica como bosque seco subtropical, denominación ésta que abarca a casi todo el valle de San Juan.

La totalidad de la zona de estudio está dedicada al cultivo del arroz (*Oryza sativa*), debido en parte a que éste es el cultivo de preferencia de los agricultores, el cual tiene dos períodos de siembra en el año, uno en el mes de enero y el otro en el mes de julio y cuyas características agronómicas, de sensibilidad a la salinidad, y económicas en el área de estudio, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características agronómicas, relativas a la salinidad y económicas del cultivo del arroz en el área de estudio.

Coeficiente de desarrollo foliar	4,8
Coeficiente de densidad de enraizamiento	0,6
Profundidad radicular típica (cm)	30,0
Período vegetativo (meses)	4,5
Pérdida de rendimiento por aumento de salinidad (b)	12,1
Salinidad umbral para el cultivo (Su)	1,7
Rendimiento medio en la zona (ton/ha) (año 1996)	5,0
Rendimiento óptimo (ton/ha) (año 1996)	6,0
Costos de producción (US\$/ha) (año 1996)	800,0
Precio a nivel de finca (US\$/ton) (año 1996)	236,0

El cultivo del arroz demanda mucha agua durante casi todas las fases de su ciclo vegetativo, por lo que requiere de la aplicación de altos volúmenes de agua para su irrigación. Esta situación ocasiona una serie de problemas que tienden a acelerar el proceso de ensalitramiento y degradación de los suelos, llegando a afectar de manera negativa el desarrollo de los cultivos. Los efectos son fácilmente perceptibles. En las situaciones menos desfavorables se traducen en un incremento en los costos de las labores agrícolas y en una disminución del potencial productivo del cultivo.

El problema es tan grave que ha motivado la creación de disposiciones institucionales tendentes a prohibir la siembra del cultivo en estas áreas; pero han sido ignoradas y/o violadas siendo una de las razones la falta de coordinación interinstitucional. Cuando las disposiciones se han adoptado, ha sido por disminución en los volúmenes de agua disponibles y no por los efectos negativos que tiene en los suelos.

Antes de la instalación del proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto de El Magueyal, y como aún ocurre en otras áreas afectadas del valle, los índices de productividad del cultivo del arroz eran tan bajos, que su rentabilidad era casi nula, esto provocó en muchos casos el abandono de las tierras, pero a pesar de esa

realidad, muchos agricultores se mantienen atados a dicho cultivo por problemas de crédito y comercialización.

Clima

Los datos climáticos del área de estudio han sido registrados desde 1980 hasta 1995, en la estación climatológica de San Juan de la Maguana. La Tabla 2 presenta el cálculo de la evapotranspiración potencial de la zona, usando el método de Thornthwaite, este método no es el más recomendable, debido a que está desactualizado y desplazado desde hace varias décadas por otros más confiables; el mismo fue utilizado debido a que es el método empleado por la Oficina Nacional de Meteorología y cuyos datos son los únicos disponibles para el conocimiento de las condiciones climáticas de la zona.

Para el análisis climático de la zona de estudio surgió la necesidad de trabajar con datos mensuales, debido a la no disponibilidad de los registros diarios, siendo estos últimos los más recomendables por la razón de que en las regiones semi-áridas ocurre una irregular distribución de la pluvimetría anual.

Según estos datos climáticos, el principal período lluvioso presenta dos picos; el primero en mayo, con 151,90 mm y el segundo durante los meses de septiembre y octubre, con 144,70 y 122,60 mm, respectivamente; denotando una época seca desde el mes de noviembre hasta abril, con una inclusión de otro período seco más corto, comprendido entre junio y agosto; acumulando un promedio total de 920,80 mm por año.

La temperatura presenta un ligero rango de variación que oscila entre una mínima de 22,6°C en enero y una máxima de 26,4°C en agosto, resultando una temperatura media de 24,9°C por año, lo que denota un mayor margen de influencia a las variaciones pluviométricas en la característica climática de la zona. Los elevados valores de temperatura confieren un estado cálido y aumentan la evapotranspiración potencial de la zona. La evapotranspiración potencial varía desde una mínima de 77,04 mm, registrada en el mes de enero y una máxima de 150,59 mm en julio, con un total de 1.389,72 mm por año. La Figura 3 muestra la relación precipitación-evapotranspiración potencial.

Tanto en la Tabla 2 como en la Figura 3, se puede observar la ocurrencia de las siguientes situaciones: Una **deficiencia de agua** en la mayor parte del año, la misma se extiende desde noviembre hasta abril, interrumpiéndose en el mes de mayo y continuando luego durante los meses de junio, julio y agosto. Un **almacenamiento de agua útil** que ocurre en dos períodos del año, uno en mayo y el otro durante los meses de septiembre y octubre; los cuales sirven de marco a los períodos de deficiencia de agua. Una última situación que se puede observar es la ausencia marcada de **excesos de agua** durante todo el año.

Tabla 2. Evapotranspiración potencial en el valle de San Juan según el método Thornthwaite (DIRENA, 1996).

SAN JUAN DE LA MAGUANA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura (°C.)	22,60	23,40	24,50	25,30	25,50	26,10	26,30	26,40	26,10	25,40	24,20	22,90
Indice calórico	9,81	10,35	11,09	11,64	11,78	12,21	12,35	12,42	12,21	11,71	10,89	10,01
ETP sin ajustar (mm)	81,10	90,70	105,15	116,60	119,60	128,89	132,09	133,72	128,89	118,09	101,06	84,61
Factor de corrección	0,95	0,90	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1,00	0,93	0,94
ETP ajustada (mm)	77,04	81,63	108,31	122,43	135,14	143,07	150,59	148,42	131,47	118,09	93,99	79,54
Precipitación (mm)	25,7	15,6	34,2	85,1	151,9	63,7	97,8	107,9	144,7	122,6	53,2	18,4
Var. alm. Agua útil (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	16,76	(16,76)	0,00	0,00	13,23	4,51	(17,74)	0,00
Alm. agua útil (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	16,76	0,00	0,00	0,00	13,23	17,74	0,00	0,00
ET real (mm)	25,7	15,6	34,2	85,1	135,14	80,46	97,8	107,9	131,47	118,09	70,94	18,4
Deficiencia de agua (mm)	51,34	66,03	74,11	37,33	0,00	79,37	52,79	40,52	0,00	0,00	40,79	61,34
Exceso de agua (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relación de humedad (mm)	(0,67)	(0,81)	(0,68)	(0,30)	0,00	(0,55)	(0,35)	(0,27)	0,00	0,00	(0,43)	(0,77)
Indice de aridez	67,00	81,00	68,00	30,00	0,00	55,00	35,00	27,00	0,00	0,00	43,00	77,00
Indice de humedad	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: Las cantidades en paréntesis son valores negativos.

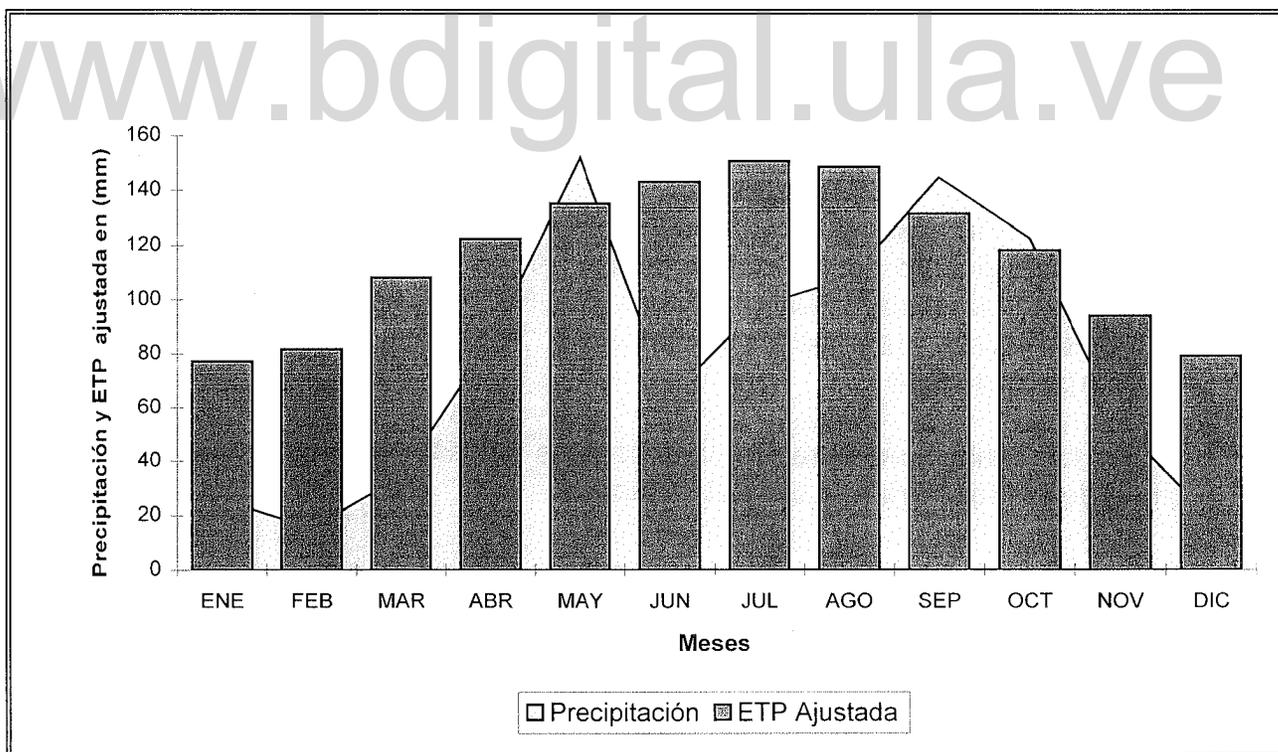


Figura 3. Balance hídrico según el método de Thornthwaite.

Suelos

Según la Dirección Regional de Agricultura, en el área de San Juan predominan los suelos del Orden Mollisol. Estos suelos se caracterizan por la presencia de un horizonte de color oscuro, muy fértil y profundo, en cual los cationes bivalentes de calcio dominan el complejo de intercambio en todo el perfil. En menor proporción aparecen en esta zona los suelos del Orden Vertisol, los cuales se caracterizan por un elevado contenido de arcilla de tipo expansible.

Los suelos que conforman el valle de San Juan son identificados como sectores diferentes de riego, según los estudios de suelos realizados por la Secretaría de Estado de Agricultura (SEA) en 1984 y por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) en 1989.

Los sectores de riego que corresponden al área piloto de El Magueyal cuentan con un sistema de drenaje subsuperficial y son sometidos a lavados en forma periódica para lixiviar las sales que se encuentran en la superficie y en el perfil de los mismos. Son irrigados con agua que proviene del arroyo Loro. Los sectores de riego son: Pedro Martín, El Arroyo, La Aviación y El Pedregal; los mismos son representados en las tablas, gráficos y en el mapa, con los símbolos: PM, EA, LA y Pe, respectivamente.

Por su parte, los sectores de la zona de influencia no se encuentran sometidos a medidas tendentes a disminuir los efectos ambientales del problema de la salinidad. Estos suelos son irrigados con un agua que es el resultado de la mezcla del agua de drenaje del área de El Magueyal con la del arroyo Loro. Esta zona está conformada por los sectores: Aeropuerto, Arroyo Loro, Las Charcas, Arroyo Loro - Hato Viejo, Las Matas, Punta Caña - La Javilla y Yábano - La Peña - San Juan, los cuales se representan con los símbolos: AE, AL, LCHa, AL-HV, LM, PC-LJ y YA-LP-SJ, respectivamente.

La Tabla 3 muestra las características físicas y químicas de los suelos de la zona de El Magueyal y el área de influencia.

Tabla 3. Características físicas y químicas de los sectores de riego de El Magueyal y de la zona de influencia.

AREA PILOTO							
Características \ Sectores	PM	EA	LA	Pe			
Textura	A	A	A	A			
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,23	1,25	1,30	1,35			
Humedad a capacidad de campo (%) (vol)	28,85	27,88	32,45	13,42			
Humedad a punto de marchitez permanente. (%) (vol)	16,49	15,88	18,45	6,79			
Coeficiente hidrodinámico	0,25	0,22	0,25	0,28			
Eficiencia global de riego para el sector	0,55	0,55	0,55	0,55			
Humedad del suelo a saturación (fracción)	0,60	0,68	0,65	0,55			
C.E. media en el perfil del suelo (dS/m), en 1989	7,300	4,400	2,800	3,100			
Clasif. según el U.S. Salinity Laboratory (1954)	Salino	Salino	Normal	Normal			
ZONA DE INFLUENCIA							
Características \ Sectores	AE	AL	LCHa	AL-HV	LM	PC-LJ	YA-LP-SJ
Textura	FAL	FL	FAL	FAL	F	FL	FAL
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,32	1,36	1,32	1,35	1,42	1,40	1,43
Humedad a capacidad de campo (%) (vol)	63,31	36,26	38,42	36,26	36,26	29,46	36,48
Humedad a punto de marchitez permanente (%) (vol)	44,90	25,55	25,9	25,55	25,55	16,47	22,34
Coeficiente hidrodinámico	0,35	0,35	0,34	0,44	0,44	0,49	0,51
Eficiencia global de riego para el sector	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Humedad del suelo a saturación (fracción)	0,42	0,48	0,53	0,58	0,38	0,45	0,41
C.E. media en el perfil del suelo (dS/m), en 1989	3,825	2,130	1,977	2,830	1,870	1,830	1,796
Clasif. según el U.S. Salinity Laboratory (1954)	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

En el Apéndice B se describen las características generales de los perfiles típicos de estos suelos, los cuales muestran una clase textural pesada en casi todo el perfil, lo que le confiere un movimiento lento al agua, tanto en sentido horizontal como vertical. En profundidades aproximadas a 2,5 m. subyace una capa de arcilla que limita el movimiento gravitacional del agua y que para fines de tratamiento del problema de drenaje se considera como barrera impermeable.

El exceso de humedad y salinidad en estos suelos impide el desarrollo de un ambiente microbiológico y la degradación de la materia orgánica. El deterioro de la estructura por la salinización del suelo restringe considerablemente el movimiento del agua gravitacional, lo cual se traduce en una conductividad hidráulica muy baja y condiciones de aireación al interior del suelo muy desfavorables para la nacencia y el desarrollo radicular de los cultivos. El aterronamiento y agrietamiento visibles en los suelos del área de El Magueyal y su zona de influencia son síntomas inequívocos de un suelo degradado y sin estructuración, que está sometido a procesos cíclicos de humedecimiento y desecación.

Desde el punto de vista de la salinidad, la mayoría de los sectores del área de estudio están constituidos por suelos que se clasifican como normales, pero tienen un alto potencial para convertirse en suelos salinos. Los sectores Pedro Martín y El Arroyo se clasifican como suelos salinos.

El transporte de sales de la napa freática hacia la parte superior del perfil se produce con mucha facilidad en estos suelos. La presencia de sales solubles en los suelos de estas zonas se puso de manifiesto luego del paso de los huracanes David y Federico en 1979, los cuales provocaron ascensos notables de los mantos freáticos.

El problema del incremento de la salinidad en la superficie de los suelos se agudizó en los años siguientes a esos eventos, provocando con esta situación que los suelos del área de El Magueyal paralizaran la producción, lo que motivó la puesta en ejecución de un operativo de emergencia, dirigido a la construcción de drenes y a la limpieza de los que ya existían. Como consecuencia de los problemas indicados, los rendimientos de los cultivos menos tolerantes a los excesos de humedad y sales se vieron fuertemente afectados.

La altitud y el relieve de los suelos del valle de San Juan y por ende del área de estudio, indican que la única fuente de los excesos de humedad y salinidad en estos suelos son la napa freática no muy profunda y con apreciables concentraciones de sales disueltas. Entre las causas que han dinamizado la aparición de este fenómeno son sin lugar a dudas la introducción del riego, principalmente del arroz; el represamiento de los drenes naturales y artificiales; la operación y manejo deficiente del agua y el suelo; y las características hidrodinámicas del mismo.

Calidad del agua de riego

Según las informaciones suministradas en las oficinas del Proyecto de Desarrollo Agrícola San Juan en 1996, el agua utilizada para irrigar los suelos del área de El Magueyal proviene del arroyo Loro. Tiene una RAS de 0,65 y una C.E. de 0,16 dS/m, correspondiéndole una clasificación, desde el punto de vista de la salinidad de clase C_1S_1 , según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954).

El agua utilizada para irrigar los suelos de la zona de influencia, es la resultante de la mezcla del agua del arroyo Loro con el agua que drena del área de El Magueyal, esta última es de muy mala calidad, con conductividades eléctricas de 3,0 dS/m y RAS de 19,83, correspondiéndole una clasificación de clase C_4S_4 .

La proporción de mezcla que informaron los técnicos y agricultores de la zona, corresponde el 20% al agua que drena del área piloto, y el 80% restante al agua del arroyo Loro. A esta mezcla se le estimó la conductividad eléctrica y RAS, basándose en las concentraciones de sales de dichas aguas y en las proporciones de mezcla asumidas para cada una de ellas, mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$CE_{ad} * Q_{ad} + CE_{aa} * Q_{aa} = CE_m * Q_m \quad (3.1)$$

$$RAS_{ad} * Q_{ad} + RAS_{aa} * Q_{aa} = RAS_m * Q_m \quad (3.2)$$

donde :

CE_{ad} : Conductividad eléctrica del agua del área de drenaje, en dS/m.

RAS_{ad} : Relación de Adsorción de Sodio del agua de drenaje de El Magueyal.

Q_{ad} : Caudal relativo del agua de drenaje de El Magueyal, en %.

CE_{aa} : Conductividad eléctrica del agua del arroyo Loro, en dS/m.

RAS_{aa} : Relación de Adsorción de Sodio del agua del arroyo Loro.

Q_{aa} : Caudal relativo del agua del arroyo Loro, en %.

CE_m : Conductividad eléctrica de la mezcla, en dS/m.

RAS_m : Relación de Adsorción de Sodio de la mezcla.

Q_m : Caudal relativo de la mezcla, en %.

Con los datos anteriores resultó una C.E. para el agua de la mezcla de 0,73 dS/m y una RAS de 4,49, cuya clasificación es clase C₂S₁, por lo que se considera una agua con mediano peligro por salinidad y baja Relación de Adsorción de Sodio.

Las aguas de riego son un factor importante de salinización de suelos, cuando contienen concentraciones considerables de sales solubles. Las aguas utilizadas para la irrigación en el área de El Magueyal y en la zona de influencia son de buena calidad, por lo que no debe esperarse ningún efecto nocivo en los suelos y cultivos a causa de las mismas.

Calidad del agua freática

De acuerdo con el personal técnico del Proyecto de Desarrollo Agrícola San Juan -PRODAS-, las aguas freáticas son de muy mala calidad, con muy alta C.E., de 5,190 dS/m y una RAS alta, de 23,94, correspondiéndole una clasificación de Clase C₄S₄. Los altos contenidos de sales solubles y la composición química de las mismas, con altas cantidades de cloruros, de hasta 38,0%; provocan acumulaciones importantes de sales en la zona radicular del suelo por ascenso capilar desde el manto freático poco profundo. Estas altas concentraciones indican que se trata de agua que ha entrado en contacto con formaciones de suelo de origen marino.

La existencia del manto freático a una profundidad entre los 1,5 y 2,0 m. en la mayoría de los suelos del área de estudio, es una clara indicación de que el drenaje natural está restringido y que el fenómeno de la salinidad y empantanamiento continuará creciendo a ritmo acelerado si no se aplican los correctivos necesarios.

Manejo del riego

Según la Oficina Regional de Agricultura en San Juan de la Maguana, el manejo utilizado para irrigar el cultivo del arroz en el área de estudio, consiste en la submersión constante. En éste el agua se embalsa entre diques o muros de tierra, que permiten dividir la superficie en balsas o balsetas de tamaño variable.

El mismo es utilizado en la zona debido a que permite mantener una temperatura constante del suelo, reduce significativamente el crecimiento de las malezas, favorece la nutrición constante y homogénea para las plantas, además de evitar los accidentes vegetativos graves como son la deshidratación de las plantas y el escalde del grano.

El principal problema de este manejo de riego en las condiciones edafológicas y climáticas descritas anteriormente, es que durante casi todas las fases del ciclo vegetativo del cultivo del arroz, el suelo permanece inundado y contribuye a elevar el nivel freático y las sales disueltas en él, provocando acumulaciones importantes de sales en la zona radicular del suelo desde el manto freático poco profundo, lo que trae como consecuencia una degradación de los suelos y por consiguiente una disminución del potencial productivo del cultivo.

Sistema de drenaje subsuperficial

Como se mencionó anteriormente, sólo el área de El Magueyal tiene sistema de drenaje. El mismo es del tipo denominado *parrilla*, en el cual la red de drenes de campo y drenes colectores tienen una disposición en forma rectangular, aprovechando la pendiente del terreno. Está dividido en 18 parcelas o predios que promedian una superficie aproximada de 24 hectáreas, tal como se puede observar en la Figura 4. Cada parcela tiene una red que consiste en un dren colector de una longitud de 600 m, a una profundidad de 2,25 m y separado a una distancia de 400 m. del colector más próximo. Además, tiene una serie de 12 drenes de campo, dispuestos en forma paralela y perpendicular al dren colector.

Los drenes de campo tienen un espaciamiento entre ellos de 50 m y una profundidad de 1,5 y 1,7 m. La longitud de los drenes es de 400 m; en total se instaló una longitud de 86.400 m de drenes de campo en el área de Magueyal, de los cuales 43.200 m. fueron de polivinyl corrugado y 43.200 m de grava.

La pendiente del colector es de 1% y de los drenes de campo varía en las tuberías entre 1%, 0,7% y 0,5%. En los drenes de grava la pendiente fluctúa entre 0,5% y 0,7%. Los materiales filtroprotectores usados fueron: grava y paja de arroz en las siguientes combinaciones: tubos de polivinyl con grava y grava con paja de arroz. Los tubos de polivinyl corrugado tienen un diametro de 10 cm y los mismos fueron importados.

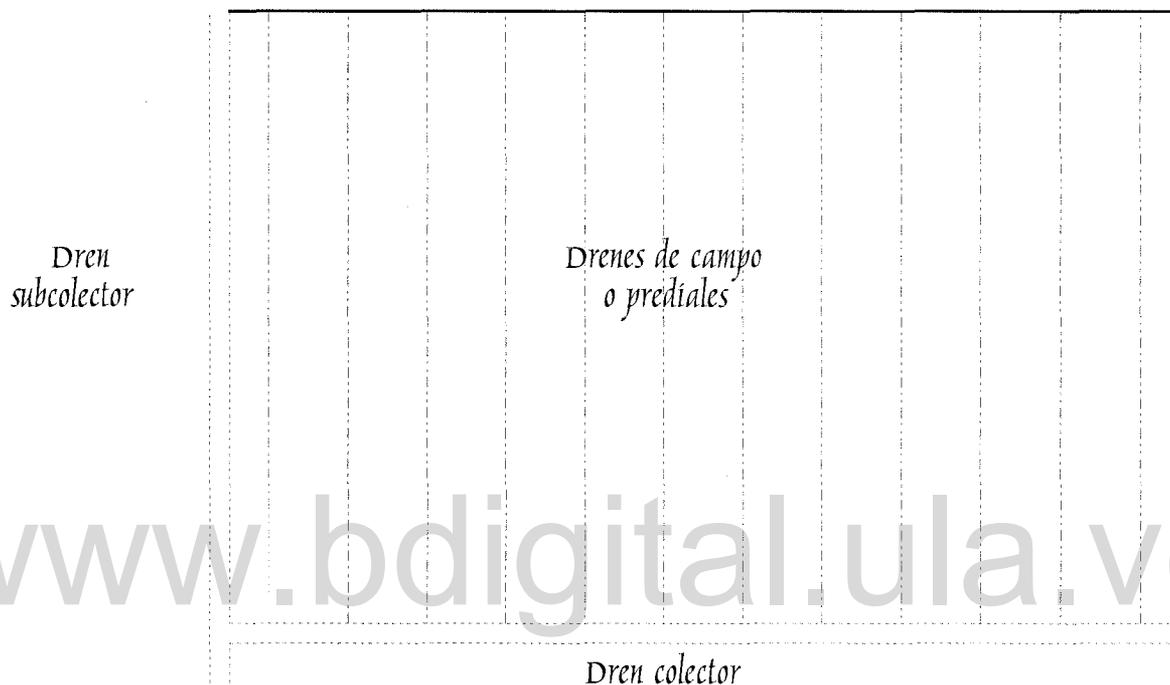


Figura 4. Disposición de los drenes en uno de los predios que conforman la red de drenaje del área de El Magueyal.

Evaluación del sistema de drenaje

Para la evaluación del funcionamiento del sistema de drenaje se consideraron los siguientes factores importantes: el nivel freático en la época del cultivo del arroz y barbecho, el espaciamiento y profundidad de los drenes, el comportamiento de los tubos, los drenes de grava y materiales filtroprotectores y el efecto del dren colector.

Fluctuaciones del manto freático

Antes de la instalación del sistema de drenaje, el nivel freático en el área de El Magueyal fluctuó entre 0,21 y 0,35 m de profundidad. Después de la instalación del sistema de drenaje, el nivel freático durante el cultivo del arroz fluctúa entre 1,0 y 1,2 m de profundidad y de 1,3 a 1,6 m de profundidad durante la época de barbecho. El nivel piezométrico registrado fue de 0,2 m de profundidad durante el barbecho sin el sistema de drenaje.

Espaciamiento y profundidad de los drenes

El espaciamiento de drenes calculado, empleando la fórmula de Hooghoudt en el diseño del sistema fue de 15 m y profundidad de 1,7 m. Posteriormente esto se modificó en la fase de construcción, instalándolos a un espaciamiento de 50 m y a una profundidad de 1,5 m en la primeras líneas y 1,7 en las restantes.

Las observaciones sobre el abatimiento del manto freático producido por el sistema de drenaje indican que a pesar de que la textura predominante de los suelos es pesada (arcilla y limo en un 86%), el espaciamiento puede ser mayor con una profundidad superior a 1,5 m.

Comportamiento de los tubos, la grava y materiales filtroprotectores

El análisis del comportamiento de los tubos y de los materiales filtroprotectores comprende dos aspectos:

- La resistencia de entrada al agua, debido al material que rodea el tubo.
- Sedimentación dentro del tubo y dislocación o rotura en las líneas de tubos.

No se dispone de información para analizar los aspectos indicados, solamente es posible inferir, con base en las observaciones hechas sobre la descarga de los drenes de campo, que los tubos de polivinyl con filtros protectores de grava funcionan normalmente, registrándose descargas máximas de 0,43 m/día. En los hechos con grava se registraron descargas de 0,20 m/día y en los casos en que se utilizó paja de arroz como filtroprotector se ha observado una reducción notable en la descarga.

Efecto del dren colector

El efecto del dren colector se puede apreciar cuando se hace una comparación de la descarga del sistema parcelario y la descarga del colector. En general, la captación directa del colector varía entre 1 hasta 2 veces la captación del sistema de drenes subterráneos de campo.

Aspecto socioeconómico

Es importante analizar las condiciones socioeconómicas actuales de los agricultores y familias del área de estudio. Los datos aportados en este aspecto han sido suministrados por el Departamento de Estadísticas del Instituto Agrario Dominicano, (1996).

Aspectos sociales

El área de estudio se encuentra próxima a los poblados de El Magueyal y Pedro Corto. El poblado más importante es el municipio de San Juan, localizado a unos siete (7) km. de distancia del área de estudio.

La provincia San Juan de la Maguana es la sede, en la región sur-oeste de la República Dominicana, de las principales oficinas regionales de las instituciones oficiales del país, tales como las que regulan la salud, la educación y el sector agropecuario, entre otras. Diversas instituciones privadas que propugnan por el desarrollo de esa región, también están ubicadas en esta provincia.

La población de San Juan alcanzó las 141.313 personas, con una densidad de 56,0 habitantes por Km².

El área de estudio corresponde a un asentamiento agrario. A la misma se puede penetrar con facilidad desde la carretera Sánchez por distintos caminos de acceso que son propios de estos asentamientos, asimismo, se utilizan las bermas de los canales y drenajes construidos.

El número de beneficiarios en este asentamiento asciende a un total de 915 agricultores e igual número de familias, favorecidos con predios que ocupan una superficie promedio de 2,5 ha. El núcleo familiar está compuesto en promedio por 5,9 personas y el crecimiento es de 3,5% anual.

La población total es de 5.490 personas, de los cuales corresponden al sexo masculino 2.855, equivalentes al 52% de la población total, mientras que al sexo femenino pertenecen 2.635 personas, correspondientes al 48%. En general, la población es predominantemente joven, unas 3.146, es decir, el 57.3% son menores de 17 años, lo que bien favorece la aplicación de programas de capacitación conservacionista y de protección al ambiente. La población adulta está integrada por 2.344 personas, equivalentes al 42,7% de la población total.

En lo referente a aspectos educativos, el 55% de la población está alfabetizada, de los cuales se tienen 1.644 varones y 1.375 hembras, mientras que el 45% restante es analfabeta.

Los principales problemas sociales que afectan a los agricultores y sus familias son la pobreza, el analfabetismo, servicios inadecuados de salud, desnutrición y altos índices de morbimortalidad.

Aspectos económicos

De acuerdo a los datos obtenidos, el 82% de la población total es empleado o realiza alguna actividad productiva, mientras que el resto está desocupado o no realiza actividad remunerativa. Estos datos lucen exagerados con respecto a la porción de la población que tiene empleo, sin embargo existe un indicio claro de la participación de las mujeres y los niños en las actividades productivas del jefe de la familia.

Las fuentes principales de ingreso son la explotación agropecuaria, el comercio, las profesiones y oficios liberales. La actividad agropecuaria sigue siendo la que más empleo genera.

Algunos problemas relacionados con la actividad económica son la falta de incentivos agrícolas, tales como crédito y simplificación de los canales de comercialización, además de la disminución de los rendimientos del cultivo, siendo una causa la salinización y empantanamiento de los suelos.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO IV

METODOLOGIA

Para alcanzar los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se utilizó una metodología que se desarrolló en once (11) fases o etapas; la misma consiste, primeramente en la selección del área de estudio, conformada por dos zonas bien diferenciadas (el área piloto de El Magueyal y la zona de influencia).

Luego se realizó una segunda fase en la que se recopilaron todas las informaciones existentes del área de estudio. Con la información recopilada fue posible arribar a una tercera etapa donde se graficaron los registros históricos de salinidad en los suelos del área piloto, permitiendo así el conocimiento de la evolución de la salinidad observada en dichos suelos; esto sirvió para luego comparar con los resultados de la siguiente fase, la calibración del modelo PROSAL, en la misma se calibró la C.E. final en el suelo, además de los valores de la eficiencia de lavado y la lámina que realmente se infiltra, con el objeto de que el modelo proporcione datos simulados de salinidad, lo más próximo a los observados en el campo.

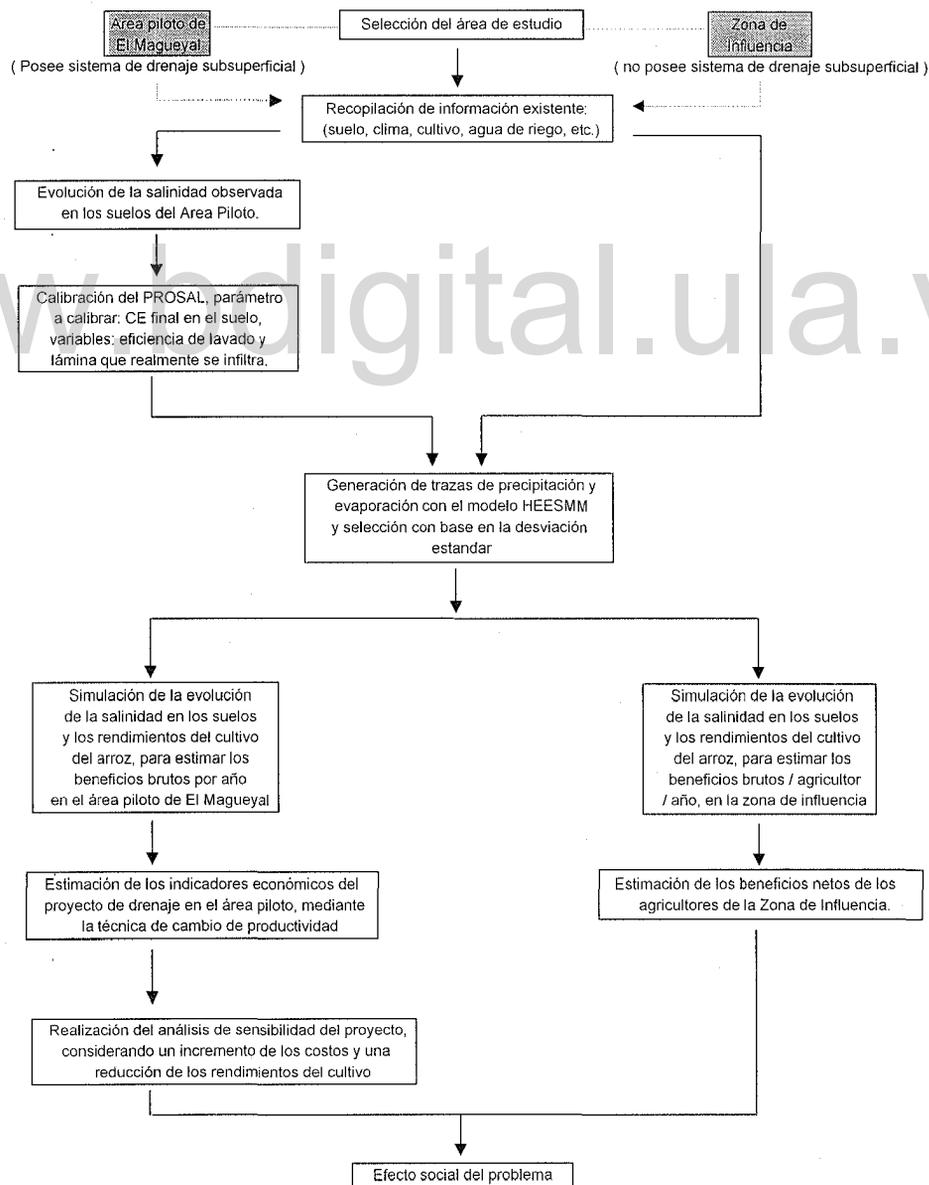
Seguidamente, utilizando datos históricos, se realizó la generación de diez (10) trazas, para un período de proyección de veinte y cinco (25) años, de las variables climáticas: precipitación y evaporación, mediante la utilización de un modelo estocástico, multivariado y autorregresivo, denominado HEESMM. Una vez realizada la generación de las trazas, se procedió a seleccionar la de menor desviación estándar.

Estas etapas sirvieron de base para la aplicación del modelo PROSAL, con el propósito de simular en el tiempo (hacia el futuro), la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año en el área piloto de El Magueyal. Esto facilitó la realización de una predicción sobre las futuras características de salinidad en los suelos y de los efectos sobre los rendimientos del cultivo; con esto fue posible pasar a una séptima etapa que consistió en la estimación de los indicadores económicos (VAN y TIR) del proyecto de drenaje subsuperficial instalado en el área de El Magueyal, mediante la técnica de cambio de productividad.

Luego, se realizó un análisis de sensibilidad al proyecto de drenaje subsuperficial, considerando un incremento de los costos del mismo y la disminución de los rendimientos del cultivo, con el propósito de observar el comportamiento del proyecto con esta modificación.

Posteriormente y al igual que para el área piloto de El Magueyal, se realizó la simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz en la zona de influencia, para luego proceder a la estimación de los beneficios netos de los agricultores de la misma y observar los cambios que estos experimentan en el tiempo. Esto permitió observar las diferencias económicas entre ambas zonas.

Finalmente, estas fases o etapas facilitaron la obtención de una serie de resultados que sirvieron de base para la determinación, encadenamiento y análisis de los efectos sociales generados por el problema de la salinidad. Esta secuencia metodológica se resume y se visualiza con mayor claridad en el esquema que se presenta a continuación:



Selección del área de estudio

Dentro del valle de San Juan de la Maguana se seleccionó un área de estudio con características biofísicas similares a las del resto del valle.

El área de estudio está conformada por dos zonas bien diferenciadas, una es el área piloto de El Magueyal, la cual se seleccionó debido a que la misma cuenta con un sistema de drenaje subsuperficial, además de que es una de las zonas del valle donde se observan las mayores afectaciones por salinidad, y porque cuenta con una buena cantidad de información sobre suelo, clima, cultivo y agua de riego. La otra corresponde a la zona de influencia que, aunque no cuenta con un sistema de drenaje, es irrigada con el agua resultante de la mezcla del agua que drena del área piloto de El Magueyal con agua del arroyo Loro.

Recopilación de información existente

Después de seleccionar el área de estudio, se procedió a recopilar en las instituciones oficiales de la región y con agricultores del área, las informaciones básicas necesarias para el conocimiento y estudio evolutivo de la salinidad en los suelos y los rendimientos potenciales del cultivo del arroz en el área de estudio.

En esta recopilación se incluyen informaciones que corresponden, principalmente a las características de los suelos, clima, cultivos y agua de riego; tanto del área piloto como de la zona de influencia. La información se describe en el Capítulo III del presente trabajo.

Evolución de la salinidad observada en los suelos del área piloto

Para el área piloto, que cuenta con sistema de drenaje subsuperficial, se tomaron los datos existentes sobre salinidad de los suelos, para un período de siete (7) años, comprendido entre 1989 y 1995, los mismos fueron tabulados y gráficos para observar el comportamiento del problema de la salinidad. Estos datos sirvieron para compararlos con los resultados proporcionados por el modelo PROSAL.

Calibración del modelo PROSAL

La calibración del modelo PROSAL se realizó por inspección visual, es decir, haciendo varios intentos por superponer los puntos que representan los valores de C.E. observados en el área piloto sobre los de la C.E. final, obtenidos por el modelo, procurándose que los datos proporcionados por el PROSAL sean lo más parecidos a los observados en el campo, para lo cual se consideraron los supuestos siguientes:

- Se calibró el modelo con la presencia de un sistema de drenaje subsuperficial.

- El PROSAL puede representar adecuadamente el comportamiento evolutivo de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, con la presencia de un sistema de drenaje subsuperficial.

- Toda diferencia entre valores observados y simulados de salinidad, menor o igual a 11%, se considera como adecuada.

- No se calibró el modelo para las áreas que presentan una situación sin proyecto de drenaje subsuperficial.

- Aunque no necesariamente es así, se asume que los parámetros de la lámina que realmente se infiltra y de eficiencia de lavado se comportan de igual manera en las áreas donde no tienen sistema de drenaje subsuperficial.

- El rendimiento potencial del cultivo del arroz, en condiciones de suelos sin problemas de salinidad, es de 6 ton/ha.

En este sentido se procedió a realizar los pasos siguientes:

- Se consideró la conductividad eléctrica final de los suelos como parámetro a calibrar y las variables determinantes de la calibración: lámina que realmente se infiltra y eficiencia de lavado.

- Se asignaron valores de 1,10, 1,11, 1,12, 1,13 y 1,14 al factor, para afectar la lámina que realmente se infiltra; mientras que para la eficiencia de lavado, que depende de la clase textural del suelo, se usaron valores de 0,35, 0,36, 0,37, 0,38 y 0,39. Con ellos se obtuvieron distintas curvas de comportamiento de la salinidad de los suelos.

- Se seleccionaron los valores de la lámina que realmente se infiltra y de eficiencia de lavado que producían una mayor semejanza entre los valores de salinidad final observada en el campo y la proporcionada por el modelo. Estos valores serían los usados para simular con el PROSAL el comportamiento prospectivo de la salinización en el área.

Los valores seleccionados para la lámina que realmente se infiltra y para la eficiencia de lavado, fueron objeto de una verificación visual para confirmar que los mismos se corresponden con respecto al riego y al tipo de suelo, respectivamente.

Generación de trazas

Se utilizó un modelo estocástico, multivariado y autorregresivo, denominado HEESMM, creado por Henao, en 1987; con la finalidad de generar trazas o proyecciones en el tiempo de las variables climáticas de precipitación y evaporación, a partir de los registros históricos de la estación climatológica San Juan, en la provincia que lleva el mismo nombre.

Esto se hizo así porque los datos históricos sólo abarcan un período de dieciseis (16) años y por lo tanto se hace necesario estimar el comportamiento de estas variables tomando en cuenta el horizonte del proyecto de drenaje subsuperficial, el cual tiene un período de veinte y cinco (25) años.

Se obtuvieron diez (10) trazas de 25 años cada una, de las cuales se seleccionó la de menor desviación estándar, lo cual fue el propósito de la aplicación del modelo HEESMM.

En consecuencia, los datos de la traza seleccionada (precipitación y evaporación), junto con los de suelo, agua de riego y de cultivo, fueron utilizados para determinar el comportamiento evolutivo de la salinidad en los suelos y el rendimiento potencial del cultivo del arroz para el período determinado de veinte y cinco (25) años.

Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año, en el área piloto de El Magueyal

Después de calibrar el modelo PROSAL y obtener las trazas de precipitación y evaporación con el modelo HEESMM, se procedió a introducir en el modelo PROSAL los datos necesarios, de cada uno de los sectores de riego considerados en el área piloto.

Una vez introducidos en el modelo los datos necesarios para dicha simulación, se aplicó el modelo PROSAL, considerando el supuesto de que el mismo bien puede reflejar el comportamiento evolutivo de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, con la presencia de un sistema de drenaje subsuperficial; obteniéndose como resultado una evolución de la salinidad en los suelos y sus efectos sobre los rendimientos del cultivo del arroz, para cada período de siembra en dicha área.

Estos resultados simulados, principalmente el de los rendimientos del cultivo fueron comparados con los observados y posteriormente se procedió a calcular los beneficios brutos por año del proyecto, para luego estimar los indicadores económicos del proyecto de drenaje subsuperficial.

Estimación de los indicadores económicos del proyecto de drenaje en el área piloto de El Magueyal, mediante la técnica de cambio de productividad

Para la estimación de los indicadores económicos del proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto se hace necesario resaltar las siguientes consideraciones:

- No se consideraron ni costos ni beneficios ambientales por el proyecto de drenaje, y los efectos aguas abajo del proyecto de drenaje se despreciaron.

- No habrá cambio de precios de venta de los productos ni de los costos de producción.

- Los agricultores mantienen sus prácticas agrícolas durante todo el período de análisis.

- La situación antes del proyecto de drenaje se consideró como un valor cero, pues en la zona no había actividad agrícola.

En este sentido se consideraron los costos de inversión, operación y mantenimiento de dicho proyecto, además de los costos de producción del cultivo y los beneficios brutos que éste genera.

Se realizó una valoración financiera mediante la aplicación de la técnica de cambio de productividad, usando precios de mercado, para determinar los beneficios netos de los agricultores y observar los cambios que estos experimentan en el tiempo.

En este sentido fueron estimados como indicadores económicos, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), a la tasa de interés de la banca internacional para este tipo de proyecto, que corresponde al 12%.

Análisis de sensibilidad del proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto de El Magueyal

Con la finalidad de observar la sensibilidad del proyecto de drenaje subsuperficial en el área de El Magueyal, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad; para el mismo se consideró un incremento de 10% en los costos del proyecto y una disminución de 5% en los rendimientos del cultivo del arroz.

Esto permitió la determinación de los beneficios netos, para luego estimar los indicadores económicos (VAN y TIR), estos indicadores sirvieron de base para conocer el comportamiento que experimentan los beneficios netos del proyecto con estas modificaciones.

Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año de cada agricultor de la zona de influencia

Al igual que en el área piloto, fueron introducidos en el modelo PROSAL, los datos necesarios para realizar dicha simulación. Para la misma se consideraron los siguientes supuestos:

- La calidad del agua de riego presenta una conductividad eléctrica de 0,73 dS/m y una RAS de 4,49, correspondiéndole una clasificación de C₂S₁, por lo que se considera una agua con mediano peligro por salinidad y baja Relación de Adsorción de Sodio.

- La eficiencia de lavado de acuerdo a la textura del suelo es 0,38% y se tomó como 1,13 la lámina que realmente se infiltra.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se procedió a aplicar el modelo, obteniéndose como resultado una evolución de la salinidad en los suelos y sus efectos sobre los rendimientos del cultivo, para cada período de siembra en dicha área. Estos resultados permitieron la determinación de los beneficios brutos por año de los agricultores de dicha zona, generados por la venta de las cosechas.

Estimación de los beneficios netos de los agricultores del área de influencia

Con los costos de producción del cultivo y los beneficios generados por las ventas de las cosechas fue posible realizar una estimación de los beneficios netos por año y observar el cambio que éstos experimentan en el tiempo, lo que sirvió de base para inferir sobre los efectos de variación en la calidad de vida de estos agricultores y de sus familias. Esto facilitó la obtención de una serie de resultados que sirvieron de base para realizar un análisis sobre el efecto social del problema.

Efecto social del problema

Después de determinar los beneficios netos que reciben los agricultores de la zona de influencia, se procedió a estimar el ingreso mínimo que éstos necesitan para el sustento de sus familias, con el objeto de compararlos y observar en qué tiempo los beneficios netos se harían inferiores al ingreso mínimo necesario.

Esta comparación sirvió de base para realizar la identificación, encadenamiento y posteriormente un análisis de los efectos sobre las condiciones y las estructuras sociales de los agricultores de la zona de influencia, generados por el problema del incremento de la salinidad en los suelos.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con la aplicación de la metodología presentada en este trabajo se generó una serie de resultados requeridos para estudiar la evolución de la salinidad en el área de estudio seleccionada y ver las repercusiones sociales del problema, desde el punto de vista financiero, dichos resultados son los presentados y discutidos en este capítulo.

Evolución de los promedios de la salinidad observada en los perfiles de los suelos del área piloto de El Magueyal

La Tabla 4 contiene los valores promedios observados de las conductividades eléctricas en los perfiles de los suelos del área piloto, los mismos son expresados en dS/m y abarcan un período de observación de siete (7) años.

De acuerdo con estos datos, los sectores más afectados por el problema de la salinidad son: Pedro Martín (PM) y El Arroyo (EA), con conductividades eléctricas de 7,300 y 4,400 dS/m, respectivamente, en 1989; dichas concentraciones van disminuyendo hasta llegar a valores de 3,665 y 2,603 dS/m, respectivamente, en 1995. Por su parte los sectores La Aviación (LA) y Pedregal (Pe) no presentan problemas de altas concentraciones de sales, pero como se observa en la Figura 5, el comportamiento evolutivo de la salinidad en los mismos, al igual que los demás sectores de dicha área, tienden a ir disminuyendo con el tiempo.

Tabla 4. Promedios de las C.E. (en dS/m) observadas en los perfiles de los suelos del área piloto.

Años / sector	PM	EA	LA	Pe
89	7,300	4,400	2,800	3,100
90	5,515	3,582	2,700	2,300
91	4,770	3,400	2,625	2,280
92	4,462	3,038	2,540	2,055
93	4,005	2,725	2,505	1,985
94	3,802	2,705	2,420	1,940
95	3,665	2,603	2,398	1,920

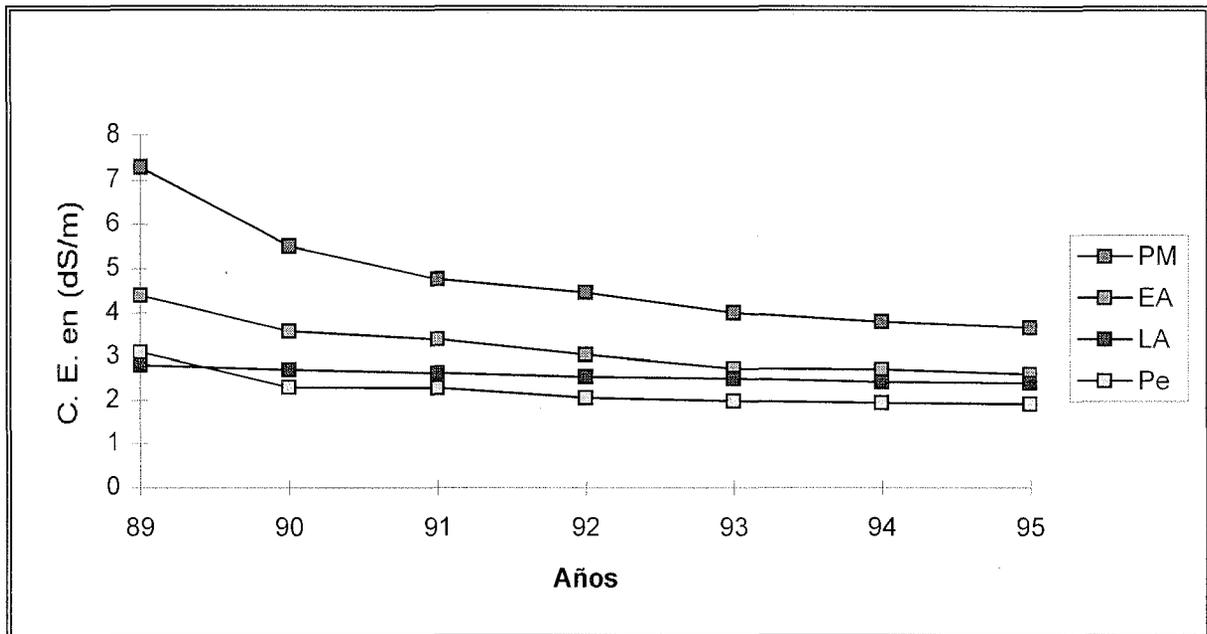


Figura 5. Evolución de los promedios observados de las C.E. (en dS/m) en los perfiles de los suelos del área piloto.

El comportamiento evolutivo de los promedios observados de la salinidad en los perfiles de los suelos de dicha área, es un indicativo de la presencia y el buen funcionamiento del sistema de drenaje subsuperficial, el cual ha provocado la evacuación de los excesos de agua en el suelo y las sales disueltas en ella, esto ha acarreado como consecuencia un descenso de los niveles del manto freático, desde profundidades de 0,21 y 0,35 m hasta 1,0 y 1,2 m durante la época del cultivo del arroz y a niveles que varían entre 1,3 y 1,6 m de profundidad durante el barbecho, disminuyendo así el ascenso capilar de las sales hasta la zona radicular del suelo.

Esta disminución del manto freático y de la concentración salina en la solución del suelo, son efectos que favorecen una mejor capacidad física y química del suelo y el buen desarrollo del cultivo, lo que se refleja en un aumento de la productividad de los suelos y un incremento gradual de los rendimientos potenciales del cultivo.

Calibración del modelo PROSAL

Se realizó la calibración del modelo PROSAL, considerando como parámetro a calibrar la conductividad eléctrica final de los suelos y las variables a determinar, la lámina que realmente se infiltra y la eficiencia de lavado. Para esto se utilizaron los datos correspondientes a las características de suelos, clima, cultivo y agua de riego de los sectores que conforman el área piloto, los mismos fueron introducidos en el modelo PROSAL con los distintos valores asignados para la lámina que realmente se infiltra y para la eficiencia de lavado. Todos los valores de entrada al modelo se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Datos de entrada para la calibración del modelo PROSAL.

DATOS INICIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO				
Número de años a estudiar	7	7	7	7
Número de sectores de riego a procesar	1	1	1	1
Nombre del sector de riego	PM	EA	LA	Pe
Densidad aparente del sector (gr / cm ³)	1,23	1,25	1,30	1,35
Humedad a capacidad de campo (%) (vol)	28,85	27,88	32,45	13,42
Humedad a punto de marchitez permanente (%) (vol)	16,49	15,88	18,45	6,79
Coefficiente hidrodinámico	0,25	0,22	0,25	0,28
Eficiencia de riego global para el sector	0,55	0,55	0,55	0,55
Número de cultivos considerados en el sector de riego, en 1989.	1	1	1	1
DATOS CARACTERISTICOS DEL CULTIVO				
Nombre del cultivo	arroz	Arroz	arroz	arroz
Coefficiente de desarrollo foliar del cultivo	4,8	4,8	4,8	4,8
Coefficiente de densidad de enraizamiento	0,60	0,60	0,60	0,60
Profundidad radicular típica (cm)	30	30	30	30
Período vegetativo del cultivo (meses)	4,5	4,5	4,5	4,5
Código para salida de demanda del cultivo	1	1	1	1
Código para leer los datos de precipitación	1	1	1	1
Código para leer los datos de evaporación	1	1	1	1
Código para especificar la duración del cultivo	1	1	1	1
VALORES PARA SALINIDAD				
% de humedad del suelo a saturación (vol) (fracción)	0,60	0,68	0,65	0,55
Conductividad eléctrica del agua de riego en (dS/m)	0,16	0,16	0,16	0,16
Conductividad eléctrica inicial del extracto de sat. en (dS/m), en 1989.	7,300	4,400	2,800	3,100
Eficiencia de lavado (fracción)	*	*	*	*
Factor para afectar la lámina que realmente se infiltra	*	*	*	*
Pérdida de rendimiento por aumento unitario de salinidad (b)	12,1	12,1	12,1	12,1
Salinidad umbral para el cultivo (Su) (dS/m)	1,7	1,7	1,7	1,7
Número de hectáreas a regar para el año 1	251,11	73,8	108,38	7,23
% del área a sembrar para el sector	100	100	100	100
Mes de siembra para este cultivo en el sector	1	1	1	1
DATOS HISTORICOS DE PRECIPITACION (mm)	Contenidos en Tabla A-1			
DATOS HISTORICOS DE EVAPORACION (mm)	Contenidos en Tabla A-2			

Nota: * Valores a determinar con el modelo PROSAL.

Se usaron diferentes valores de la lámina que realmente se infiltra y de la eficiencia de lavado para los distintos sectores del área piloto de El Magueyal, para la realización de múltiples tanteos. De la observación visual del comportamiento evolutivo simulado de la salinidad proporcionado por el modelo, contrastados con los datos observados, se obtuvo que los mejores valores de la lámina que realmente se infiltra, corresponden a 1,14 para el sector Pedro Martín (PM), 1,13 para los sectores El Arroyo (EA) y La Aviación (LA), y 1,10 para el sector Pedregal (Pe); mientras que la mejor eficiencia de lavado corresponde a 38% para todos los sectores.

Estos datos permitieron calibrar el modelo PROSAL, obteniéndose unos valores simulados de conductividad eléctrica final por año, para cada uno de los sectores del área piloto, los cuales se pueden observar en la Tabla 6 y Figura 6. Los mismos son proporcionados por el modelo y presentan un comportamiento muy similar a los promedios de datos de conductividad eléctrica observados en el campo, lo que se puede ver con mayor claridad en la contrastación entre valores de salinidad simulados y observados para cada uno de los sectores del área piloto.

Tabla 6. Datos proporcionados por el modelo PROSAL en la calibración.

Años \ Sector	PM	EA	LA	Pe
89	6,506	4,031	2,731	2,770
90	5,778	3,689	2,665	2,486
91	5,182	3,407	2,610	2,269
92	4,732	3,154	2,500	2,022
93	4,397	2,989	2,459	1,908
94	4,115	2,857	2,436	1,836
95	3,779	2,698	2,409	1,756

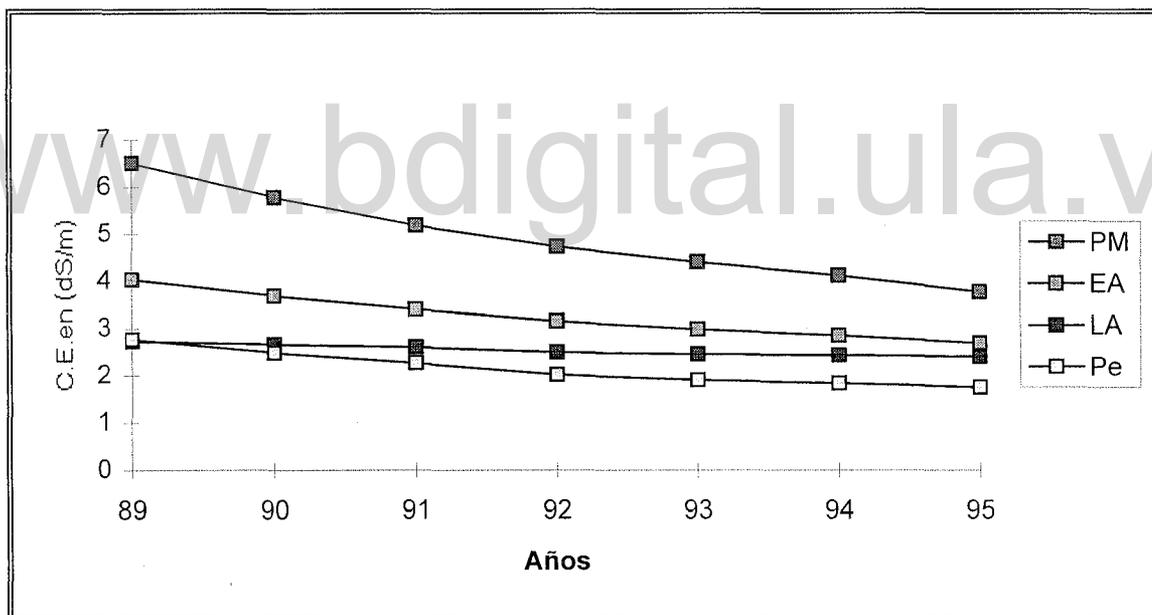


Figura 6. Evolución de la conductividad eléctrica final proporcionada por el modelo PROSAL en la calibración.

Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en cada sector del area piloto de El Magueyal.

Se realizaron las contrastaciones entre los valores simulados y observados de conductividad eléctrica en cada sector del área piloto de El Magueyal. En las mismas se puede destacar que todos los sectores presentan diferencias inferiores al 11% anual.

Los resultados de las contrastaciones realizadas para cada sector del área piloto demuestran que en términos generales existen muy pocas diferencias entre valores observados y los proporcionados por el modelo PROSAL.

Sector Pedro Martín (PM)

Tabla 7. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector Pedro Martín (PM).

C.E. \ Años	89	90	91	92	93	94	95
Observadas	7,300	5,515	4,770	4,462	4,005	3,802	3,665
Simuladas	6,506	5,778	5,182	4,732	4,397	4,115	3,779
Diferencia (%)	10,88	4,55	7,95	5,71	8,92	7,61	3,02

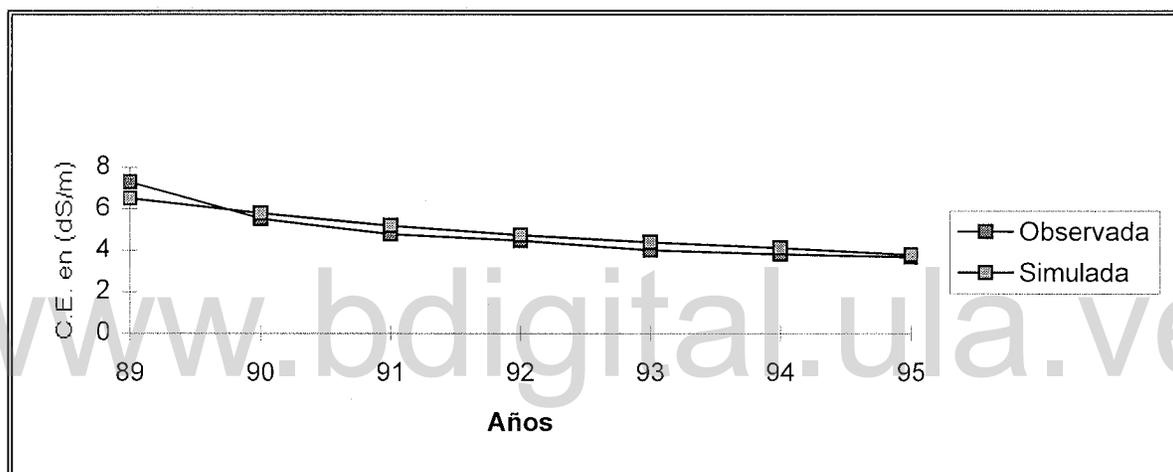


Figura 7. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector Pedro Martín (PM).

Sector El Arroyo (EA)

Tabla 8. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector El Arroyo (EA).

C.E. \ Años	89	90	91	92	93	94	95
Observadas	4,400	3,582	3,400	3,038	2,725	2,705	2,603
Simuladas	4,031	3,689	3,407	3,154	2,989	2,857	2,698
Diferencia (%)	8,39	2,90	0,21	3,68	8,83	5,32	3,52

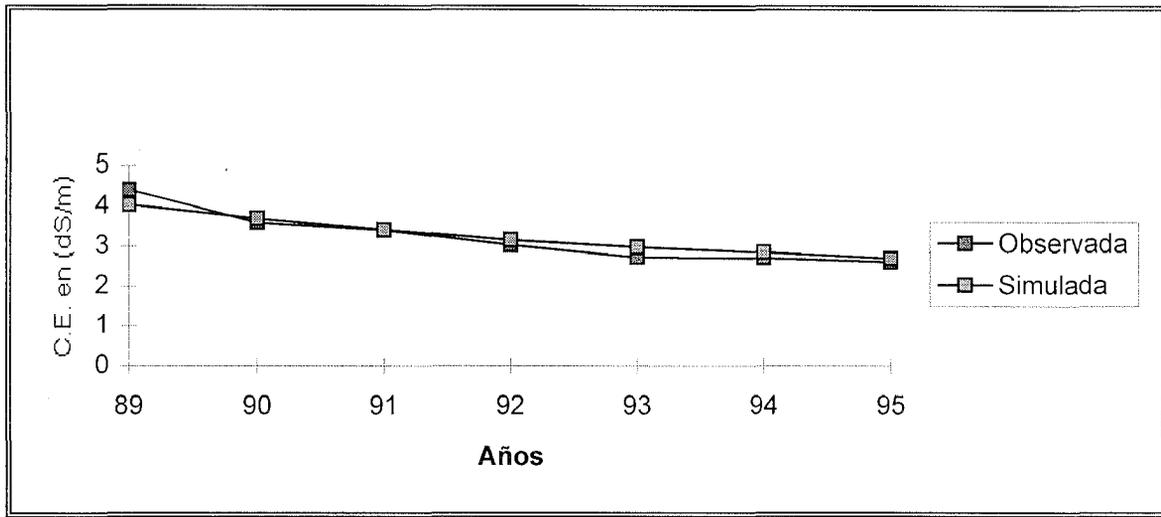


Figura 8. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector El Arroyo (EA).

Sector La Aviación (LA)

Tabla 9. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector La Aviación (LA).

C.E. \ Años	89	90	91	92	93	94	95
Observadas	2,800	2,700	2,625	2,540	2,505	2,420	2,398
Simuladas	2,731	2,665	2,610	2,500	2,459	2,436	2,409
Diferencia (%)	2,46	1,30	0,57	1,57	1,84	0,66	0,46

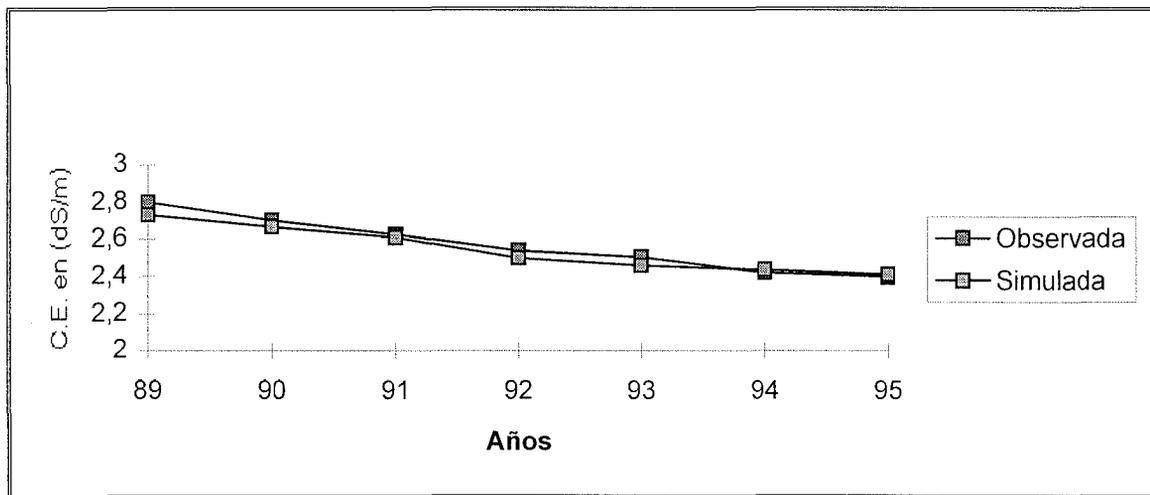


Figura 9. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector La Aviación (LA).

Sector Pedregal (Pe)

Tabla 10. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector Pedregal (Pe).

C.E. \ Años	89	90	91	92	93	94	95
Observadas	3,100	2,300	2,280	2,055	1,985	1,940	1,920
Simuladas	2,770	2,486	2,269	2,022	1,908	1,836	1,756
Diferencia (%)	10,6	7,5	0,5	1,6	3,9	5,4	8,5

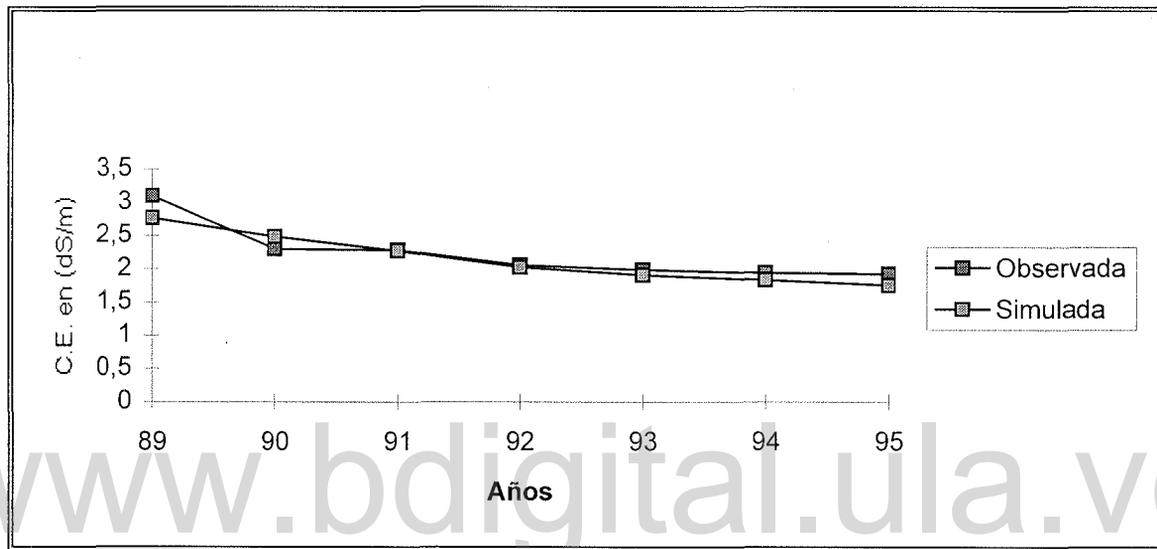


Figura 10. Contrastación entre valores simulados y observados de C.E. en el sector Pedregal (Pe).

La calibración del modelo PROSAL es un procedimiento de gran importancia, cuyo propósito principal es el obtener los valores de la lámina que realmente se infiltra y la eficiencia de lavado con los que el modelo proporcione valores simulados de conductividad eléctrica, en (dS/m), que sean lo más próximo a los datos observados en el campo, para así poder hacer las predicciones de la manera más confiable posible, para la planificación de proyectos de riego.

Esta similitud entre los valores observados y simulados de C.E., presentados en las contrastaciones, demuestran que los valores seleccionados para la lámina que realmente se infiltra y para la eficiencia de lavado, son los más adecuados y por ende son los que demuestran la mejor calibración, además de indicar la confiabilidad y el buen funcionamiento de dicho modelo.

Generación de trazas con el modelo HEESMM

Para la simulación futura de la salinidad en los suelos y los rendimientos potenciales del cultivo en el área piloto, se realizó la generación de trazas de precipitación y evaporación con el modelo HEESMM, para lo cual se introdujeron en el mismo, los siguientes datos de entrada:

Número de años a generar : 25
 Variables : precipitación y evaporación
 Número de semillas : 10
 Número de trazas a generar : 10

A partir de los registros históricos, contenidos en las Tablas A-1 y A-2 del Apéndice A, se generaron diez (10) trazas de precipitación y evaporación, para un periodo de veinte y cinco (25) años, de las cuales se seleccionó la de menor desviación estándar. La misma se presenta a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11. Traza seleccionada de precipitación y evaporación.

TRAZA DE PRECIPITACION												
ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	41,93	18,83	54,79	70,36	47,79	41,55	127,90	239,15	61,79	195,85	41,71	18,81
2	0,00	30,46	42,88	87,83	214,27	55,12	32,78	123,71	197,48	248,49	40,22	10,97
3	0,00	14,71	103,49	45,66	96,78	76,23	62,74	138,26	160,17	0,00	59,20	16,93
4	0,00	42,33	38,01	72,40	164,27	91,56	119,40	142,26	186,10	0,00	39,43	0,19
5	70,27	0,00	30,07	39,33	158,55	0,00	54,76	0,00	105,02	114,22	63,74	31,76
6	14,88	4,72	27,60	100,30	124,42	67,27	89,31	173,12	187,52	121,77	80,81	16,51
7	0,00	10,68	48,73	103,78	163,35	97,84	48,98	245,13	235,86	61,96	55,53	11,53
8	0,00	7,77	19,59	91,30	195,27	143,79	141,05	25,73	0,00	213,40	81,40	0,00
9	57,29	10,96	0,00	153,09	173,58	132,65	56,31	139,93	144,63	57,74	32,85	4,27
10	31,00	6,75	50,11	48,79	252,01	12,23	154,99	130,34	182,16	75,54	77,08	30,61
11	41,07	0,00	37,90	81,04	120,64	126,82	132,50	89,16	183,55	151,97	25,40	36,75
12	40,80	21,81	43,70	147,13	150,86	74,66	60,80	0,00	0,00	314,03	34,93	19,99
13	48,14	22,70	29,33	98,63	192,27	0,00	57,38	64,55	85,14	137,46	27,51	8,82
14	3,41	0,00	15,03	40,36	154,24	63,29	177,20	157,80	211,95	151,29	4,68	34,43
15	50,27	26,08	46,72	57,58	143,96	94,65	90,88	160,68	249,20	45,88	30,02	37,13
16	28,01	36,09	0,68	50,97	137,57	108,76	164,36	173,63	273,83	0,00	52,70	11,32
17	12,18	22,86	101,51	130,77	105,71	84,11	59,40	70,13	97,40	66,58	75,75	8,38
18	4,78	19,99	0,00	91,52	137,70	42,83	129,09	0,00	104,17	45,22	87,18	33,75
19	37,09	42,11	53,87	185,78	83,65	100,54	35,45	150,99	431,51	67,13	50,60	20,73
20	92,86	45,22	49,41	108,81	127,44	39,16	50,70	192,85	245,85	65,44	51,78	39,50
21	43,52	3,70	69,75	55,37	139,65	0,00	112,77	143,76	100,83	123,34	81,78	1,46
22	141,16	0,00	0,00	0,00	133,58	129,36	141,37	109,46	233,03	61,06	31,49	45,75
23	1,63	32,06	15,73	75,55	161,19	92,97	92,56	94,68	129,96	120,09	77,68	41,02
24	44,73	21,24	52,43	104,25	124,54	8,69	60,54	53,36	110,51	0,00	0,00	11,60
25	62,19	24,62	71,74	92,03	68,72	153,58	163,37	0,00	209,59	90,23	67,37	0,00

Tabla 11. (...continuación)

TRAZA DE EVAPORACION												
ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	96,46	99,12	136,77	152,65	168,74	176,60	184,47	182,52	164,70	146,40	116,79	141,90
2	95,53	100,88	136,43	154,48	169,52	178,41	185,39	183,97	164,67	145,28	115,98	83,60
3	96,82	103,52	138,28	156,30	171,77	180,79	188,90	189,52	168,02	148,77	119,00	83,54
4	96,16	99,98	135,60	151,91	168,66	177,73	184,87	182,77	163,70	145,84	117,01	91,03
5	98,35	103,01	136,47	153,14	169,55	177,51	185,83	183,92	163,38	145,18	116,54	111,63
6	98,82	104,14	135,97	152,22	168,99	177,76	186,33	185,41	165,29	147,18	117,09	85,62
7	95,80	102,79	138,39	154,74	170,53	179,73	185,83	184,81	164,89	146,83	117,80	114,28
8	98,74	104,93	138,70	155,40	171,47	178,37	185,93	184,21	164,63	146,19	117,11	137,04
9	98,05	101,90	137,53	156,15	171,35	179,64	186,22	186,18	166,46	146,06	117,45	86,36
10	98,09	102,65	136,44	153,50	168,92	178,20	184,80	183,74	164,42	146,01	117,50	112,26
11	96,75	103,05	137,73	155,11	170,36	177,85	185,49	185,17	164,11	145,65	116,19	126,06
12	96,50	101,26	135,72	153,64	169,85	179,09	186,97	186,09	166,09	146,93	118,27	92,11
13	98,97	104,59	137,24	153,84	170,66	177,82	185,60	184,01	164,81	147,09	117,47	109,31
14	98,38	102,39	135,92	154,09	170,31	180,34	187,67	186,49	164,86	146,98	117,01	106,20
15	99,57	102,55	135,51	153,26	169,43	177,70	184,12	183,12	163,72	145,83	115,62	84,55
16	94,17	99,80	136,82	154,00	169,60	179,71	187,11	185,98	164,96	146,89	118,12	125,68
17	97,10	101,52	135,21	153,38	169,50	179,82	189,16	187,40	167,36	149,52	119,22	96,81
18	100,71	104,06	136,76	155,32	170,81	178,51	186,72	185,82	164,79	145,29	117,41	125,76
19	95,90	102,76	136,47	154,83	170,47	180,18	188,06	187,24	165,75	147,76	118,38	98,32
20	100,97	105,21	135,93	151,73	168,10	175,52	183,83	182,50	163,28	144,91	116,94	106,93
21	94,93	101,30	136,29	154,24	170,82	178,11	185,29	183,73	163,35	144,50	116,47	75,52
22	96,21	101,77	137,80	155,59	171,72	178,95	186,77	187,18	166,93	148,92	118,55	108,62
23	97,06	102,70	136,29	155,46	170,84	178,01	185,77	184,69	164,68	145,87	116,82	76,58
24	98,48	102,16	135,20	153,27	169,97	177,82	185,69	183,77	164,36	146,73	115,96	70,80
25	96,94	100,10	136,24	152,58	167,81	176,33	185,04	184,52	164,29	145,69	117,41	78,92

El modelo HEESMM es de gran utilidad para la planificación de proyectos de riego y drenaje, debido a que el mismo sirve para predecir el comportamiento de algunos agentes del factor clima, en una área determinada. La aplicación de este modelo estocástico, multivariado y autorregresivo, se realizó con el único propósito de obtener una proyección en el tiempo y espacio del comportamiento de las variables de precipitación y evaporación lo más próximo a la realidad y con el más alto grado de confiabilidad posible.

En este sentido, el modelo es una herramienta que le permite al usuario pronósticar o tener una idea de las variaciones que puedan registrar estas incontrolables variables, durante el horizonte del proyecto. Además, estos datos de la traza seleccionada sirvieron para la determinación, con el modelo PROSAL, del comportamiento evolutivo de la salinidad en los suelos y el rendimiento potencial del cultivo del arroz en el área de estudio.

Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año en el área piloto de El Magueyal

Se realizó la simulación de la evolución de la salinidad y los rendimientos potenciales del cultivo del arroz en el área piloto. Para esto fueron introducidos los datos necesarios para activar el modelo PROSAL, los mismos se encuentran en la Tabla 12.

Tabla 12. Datos de entrada para la simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para los períodos de siembra en el área piloto.

DATOS INICIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO				
Número de años a estudiar	25	25	25	25
Número de sectores de riego a procesar	1	1	1	1
Nombre del sector de riego	PM	EA	LA	Pe
Densidad aparente del sector (gr / cm ³)	1,23	1,25	1,30	1,35
Humedad a capacidad de campo (%) (vol)	28,85	27,88	32,45	13,42
Humedad a punto de marchitez permanente (%) (vol)	16,49	15,88	18,45	6,79
Coefficiente hidrodinámico	0,25	0,22	0,25	0,28
Eficiencia de riego global para el sector	0,55	0,55	0,55	0,55
Número de cultivos considerados en el sector de riego	2	2	2	2
DATOS CARACTERISTICOS DEL CULTIVO				
Nombre del cultivo	arroz	arroz	arroz	Arroz
Coefficiente de desarrollo foliar del cultivo	4,8	4,8	4,8	4,8
Coefficiente de densidad de enraizamiento	0,60	0,60	0,60	0,60
Profundidad radicular típica (cm)	30	30	30	30
Período vegetativo del cultivo (meses)	4,5	4,5	4,5	4,5
Código para salida de demanda del cultivo	1	1	1	1
Código para leer los datos de precipitación	1	1	1	1
Código para leer los datos de evaporación	1	1	1	1
Código para especificar la duración del cultivo	1	1	1	1
VALORES PARA SALINIDAD				
% de humedad del suelo a saturación	0,60	0,68	0,65	0,55
Conductividad eléctrica del agua de riego en (dS/m)	0,16	0,16	0,16	0,16
Conductividad eléctrica inicial del extracto de sat. En (dS/m)	7,300	4,400	2,800	3,100
Eficiencia de lavado (%)	0,38	0,38	0,38	0,38
Factor para afectar la lámina que realmente se infiltra	1,14	1,13	1,13	1,10
Pérdida de rendimiento por aumento unitario de salinidad (b)	12,1	12,1	12,1	12,1
Salinidad umbral para el cultivo (Su) (dS/m)	1,7	1,7	1,7	1,7
Número de hectáreas a regar para el año 1	251,11	73,8	108,38	7,23
% del área a sembrar para el sector	100	100	100	100
Mes de siembra para este cultivo en el sector	1 y 7	1 y 7	1 y 7	1 y 7

Nota: Los datos de precipitación y evaporación utilizados en la simulación, son los que corresponden a la traza generada con el modelo HEESMM. (ver Tabla 11).

La Tabla 13 muestra los datos simulados de la evolución salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, proporcionados por el modelo PROSAL, para los períodos de siembra en cada uno de los sectores del área piloto de El Magueyal; además, se pueden observar las estimaciones de los beneficios brutos por año que se generan en la misma, con la presencia de un sistema de drenaje subsuperficial.

Tabla 13. Evolución de la salinidad en los suelos, los rendimientos del cultivo del arroz y los beneficios brutos en área piloto de El Magueyal.

Años	Sector Pedro Martín (PM)					Sector El Arroyo (EA)						
	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)
		mes 1	mes 7	mes 1	Mes 7			mes 1	mes 7	Mes 1	mes 7	
1	106,28	6,660	4,990	36,1	50,1	300.522,0	72,40	4,103	3,088	69,1	77,1	149.881,9
2		4,608	3,875	62,5	69,2	459.150,1		2,931	2,487	69,1	87,8	160.851,4
3		3,630	3,436	75,2	77,8	533.409,0		2,401	2,332	84,2	91,9	180.534,9
4		3,241	3,116	80,2	82,1	565.832,0		2,262	2,213	91,0	93,5	189.146,4
5		2,926	2,784	84,0	86,0	592.676,7		2,136	2,086	92,8	95,0	194.950,9
6		2,667	2,633	87,6	88,5	613.943,3		2,044	2,032	94,3	95,9	194.990,0
7		2,539	2,348	89,3	91,0	628.586,0		1,998	1,860	95,6	97,2	197.655,5
8		2,282	1,771	92,6	96,0	693.083,1		1,844	1,451	96,2	100,0	201.141,1
9		1,783	1,792	99,1	98,9	697.266,7		1,482	1,506	98,2	100,0	203.191,5
10		1,803	1,559	98,8	100,0	697.266,7		1,536	1,332	100,0	100,0	205.036,8
11		1,599	1,469	100,0	100,0	696.266,7		1,381	1,272	100,0	100,0	205.036,8
12		1,508	1,347	100,0	100,0	696.266,7		1,316	1,183	100,0	100,0	205.036,8
13		1,409	1,463	100,0	100,0	696.266,7		1,246	1,300	100,0	100,0	205.036,8
14		1,526	1,308	100,0	100,0	696.266,7		1,365	1,168	100,0	100,0	205.036,8
15		1,377	1,397	100,0	100,0	696.266,7		1,235	1,254	100,0	100,0	205.036,8
16		1,464	1,269	100,0	100,0	696.266,7		1,319	1,142	100,0	100,0	205.036,8
17		1,323	1,397	100,0	100,0	696.266,7		1,194	1,263	100,0	100,0	205.036,8
18		1,463	1,442	100,0	100,0	696.266,7		1,326	1,309	100,0	100,0	205.036,8
19		1,476	0,971	100,0	100,0	696.266,7		1,342	0,878	100,0	100,0	205.036,8
20		1,027	1,070	100,0	100,0	696.266,7		0,928	0,967	100,0	100,0	205.036,8
21		1,168	1,218	100,0	100,0	696.266,7		1,057	1,103	100,0	100,0	205.036,8
22		1,270	1,121	100,0	100,0	696.266,7		1,151	1,015	100,0	100,0	205.036,8
23		1,224	1,278	100,0	100,0	696.266,7		1,109	1,159	100,0	100,0	205.036,8
24		1,342	1,422	100,0	100,0	696.266,7		1,218	1,293	100,0	100,0	205.036,8
25		1,464	1,298	100,0	100,0	696.266,7		1,333	1,180	100,0	100,0	205.036,8
Años	Sector La Aviación (LA)					Sector Pedregal (Pe)						
	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)
		mes 1	mes 7	mes 1	Mes 7			mes 1	mes 7	Mes 1	mes 7	
1	136,10	2,745	2,200	87,0	90,7	267.425,1	7,09	2,832	1,669	84,7	93,3	17.870,2
2		2,201	1,953	93,9	95,4	284.882,3		1,630	1,232	100,0	100,0	20.078,9
3		1,977	1,997	96,8	96,5	290.902,0		1,266	1,293	100,0	100,0	20.078,9
4		2,018	2,024	96,3	96,1	289.547,5		1,318	1,323	100,0	100,0	20.078,9
5		2,031	2,050	96,0	95,9	288.795,1		1,326	1,347	100,0	100,0	20.078,9
6		2,066	2,070	95,7	95,5	287.741,6		1,363	1,368	100,0	100,0	20.078,9
7		2,084	1,979	95,4	96,0	288.042,6		1,380	1,226	100,0	100,0	20.078,9
8		2,004	1,668	96,5	98,4	293.309,8		1,266	0,844	100,0	100,0	20.078,9
9		1,715	1,753	100,0	99,6	300.383,0		0,934	1,002	100,0	100,0	20.078,9
10		1,801	1,607	99,1	100,0	299.630,5		1,081	0,839	100,0	100,0	20.078,9
11		1,667	1,560	100,0	100,0	300.985,0		0,943	0,820	100,0	100,0	20.078,9
12		1,610	1,481	100,0	100,0	300.985,0		0,903	0,774	100,0	100,0	20.078,9
13		1,549	1,609	100,0	100,0	300.985,0		0,882	0,970	100,0	100,0	20.078,9
14		1,683	1,479	100,0	100,0	300.985,0		1,069	0,795	100,0	100,0	20.078,9
15		1,550	1,571	100,0	100,0	300.985,0		0,903	0,935	100,0	100,0	20.078,9
16		1,642	1,458	100,0	100,0	300.985,0		1,031	0,787	100,0	100,0	20.078,9
17		1,512	1,585	100,0	100,0	300.985,0		0,868	0,972	100,0	100,0	20.078,9
18		1,653	1,639	100,0	100,0	300.985,0		1,060	1,028	100,0	100,0	20.078,9
19		1,675	1,181	100,0	100,0	300.985,0		1,073	0,469	100,0	100,0	20.078,9
20		1,227	1,266	100,0	100,0	300.985,0		0,564	0,627	100,0	100,0	20.078,9
21		1,357	1,405	100,0	100,0	300.985,0		0,762	0,828	100,0	100,0	20.078,9
22		1,454	1,310	100,0	100,0	300.985,0		0,893	0,704	100,0	100,0	20.078,9
23		1,407	1,460	100,0	100,0	300.985,0		0,840	0,910	100,0	100,0	20.078,9
24		1,523	1,604	100,0	100,0	300.985,0		0,987	1,080	100,0	100,0	20.078,9
25		1,648	1,493	100,0	100,0	300.985,0		1,125	0,886	100,0	100,0	20.078,9

Los resultados proporcionados por el modelo PROSAL, demuestran que todos los sectores del área piloto experimentan una disminución de las concentraciones de la salinidad y un incremento anual de los rendimientos del cultivo del arroz, lo que ocurre desde el año 1 al 25.

Este comportamiento evolutivo de la salinidad y de los rendimientos se debe, principalmente, a la instalación y funcionamiento de un sistema de drenaje subsuperficial para evacuar los excesos de agua, producto de las precipitaciones pluviales y del riego, que producen elevación de los niveles de las aguas freáticas, las cuales tienen disueltas altas concentraciones de sales que ascienden por capilaridad hasta la superficie del suelo y la aplicación en forma periódica de lavados de las sales que se encuentran acumuladas en el perfil de los mismos.

Tanto la instalación del sistema de drenaje subsuperficial como la aplicación de lavados de sales en los suelos son medidas efectivas para mitigar el problema de la salinización, las mismas han favorecido la recuperación de estos suelos que anteriormente se encontraban en estado de abandono, debido a la drástica disminución de los rendimientos de los cultivos, ocasionada por dicho problema. Esta situación se refleja en el incremento anual de los beneficios brutos que se generan en el área piloto de El Magueyal, lo que se puede visualizar con mayor claridad en la Figura 11.

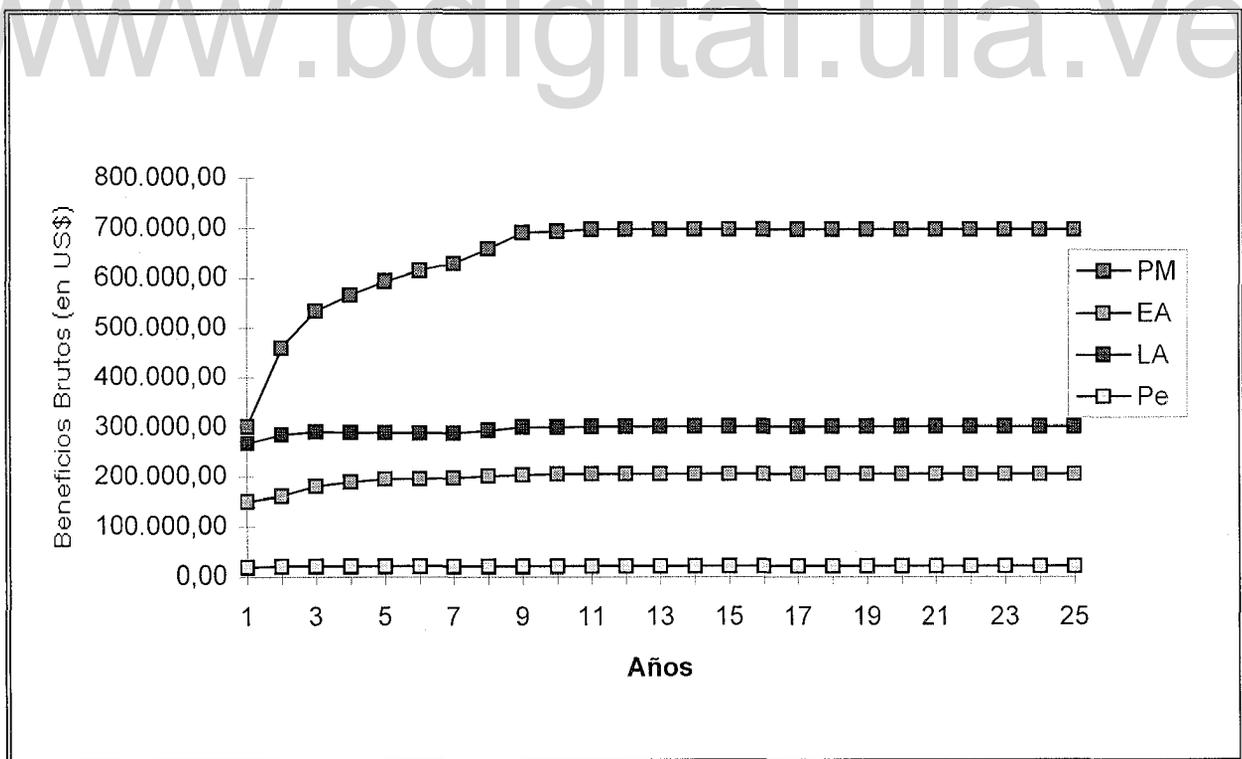


Figura 11. Evolución de los beneficios brutos generados por las ventas de las cosechas en el área piloto de El Magueyal.

Estimación de los indicadores económicos del proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto de El Magueyal

Se estimaron los indicadores del análisis financiero (VAN y TIR) del proyecto de drenaje subsuperficial, con la finalidad de observar la incidencia y la viabilidad del mismo.

Para esto se realizó un análisis financiero del efecto de la salinidad en los suelos sobre los rendimientos del cultivo del arroz, con base en los resultados de rendimientos proporcionados por el modelo PROSAL, en los sectores del área piloto. El mismo fue realizado mediante la aplicación de la técnica de cambio de productividad, usando los precios de mercado. Para tal fin se utilizaron los datos suministrados por el Proyecto de Desarrollo San Juan, los mismos se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Costos estimados del proyecto de drenaje subsuperficial.

DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO (US\$)	CANTIDAD / AÑO	MONTO TOTAL (US\$)
1. COSTO DE INVERSION			
1.1. Constucción de drenes abiertos	8,20 / m3	60.480,00 m3	495.936,00
1.2. Construcción de drenes subterráneos			
- tubería	1.975,00 / Km	43,20 Km	85.520,00
- grava	20,00 / m3	12.960,00 m3	259.200,00
- tubos de salida y piezas auxiliares	85,00 / Km	86,40 Km	7.344,00
1.3. Maquinarias y equipos			
- drenadora	95,00 / h	893,00 h	84.835,00
- excavadora	75,00 / h	224,00 h	16.800,00
- motoniveladora	65,00 / h	224,40 h	15.886,00
TOTAL			965.321,00
2. COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO			
2.1. drenes abiertos	75,00 / h	448,0 h / año	33.600,00
2.2 drenes subterráneos	150,00 / Km	172,80 Km / año	25.920,00
TOTAL			59.520,00
3. COSTO DE PRODUCCION			
3.1. Insumos			
- semillas	40,75 / qq	1.129,00 qq	46.006,75
- fertilizantes	22,50 / qq	1.820,00 qq	40.950,00
- fungicida	25,83 / L	6.820,00 L	176.160,60
- insecticida	26,20 / L	6.560,80 L	171.892,96
- herbicida	18,75 / gal	950,00 gal	17.812,50
- pago de agua	9,9 / ha	863,80 ha	8.551,62
3.2. Preparación de terreno			
- corte	45,00 / ha	863,80 ha	38.871,00
- cruce	35,00 / ha	863,80 ha	30.233,00
- rastra	25,00 / ha	863,80 ha	21.595,00
- trasplante	150,00 / ha	863,80 ha	129.570,00
- otros			9.396,57
TOTAL			691.040,00

Además se consideró que el período de análisis es de 25 años, el cual es el tiempo estimado para el horizonte del proyecto, a una tasa de descuento de 12%, la cual fue la exigida como mínima por la banca internacional para proyectos de este tipo.

En la presente evaluación se calculó el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), utilizando el valor presente de los beneficios netos y el valor presente de los costos del proyecto de drenaje subsuperficial. El resultado de esta evaluación se puede observar en la Tabla 15; el mismo corresponde a un VAN de US\$ 1.926.457,04 y una TIR de 33,0 %. Este VAN es igual al beneficio incremental, debido a que antes de la instalación del proyecto de drenaje estos suelos se encontraban fuera de producción y en estado de abandono.

Tabla 15. Análisis financiero del proyecto de drenaje subsuperficial.

Años	COSTOS			BENEFICIOS		Factor	Beneficios Netos Act.
	Inversión	O y M	Producción	Beneficios Brutos	Beneficios Netos		
1	965.321,00	59.520,00	691.040,00	735.699,23	(979.918,34)	0,893	(875.067,08)
2		59.520,00	691.040,00	924.962,66	27.4364,78	0,797	218.668,73
3		59.520,00	691.040,00	1.024.924,78	314.044,80	0,712	223.599,90
4		59.520,00	691.040,00	1.064.604,80	345.941,58	0,636	220.018,85
5		59.520,00	691.040,00	1.096.501,58	366.193,84	0,567	207.631,91
6		59.520,00	691.040,00	1.116.753,84	383.802,91	0,507	194.588,08
7		59.520,00	691.040,00	1.134.362,91	421.670,34	0,452	190.594,99
8		59.520,00	691.040,00	1.172.230,34	463.387,39	0,404	187.208,51
9		59.520,00	691.040,00	1.213.947,39	467.269,33	0,361	168.684,23
10		59.520,00	691.040,00	1.217.829,33	472.807,36	0,322	152.243,97
11		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,288	136.168,52
12		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,257	121.511,49
13		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,229	108.273,34
14		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,205	96.925,51
15		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,183	86.523,75
16		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,163	77.067,60
17		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,146	69.029,87
18		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,130	61.464,96
19		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,116	54.845,65
20		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,104	49.171,97
21		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,093	43.971,97
22		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,083	39.243,01
23		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,074	34.987,75
24		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,066	31.205,29
25		59.520,00	691.040,00	1.223.367,36	472.807,36	0,059	27.895,63

INDICADORES VAN: US\$ 1.926.457,04 TIR: 33,0%
--

Los valores de los indicadores estimados en dicha valoración, demuestran que desde el punto de vista financiero, el proyecto es muy rentable para el cultivo del arroz, lo que permite inferir que el mismo puede llevarse a cabo para la recuperación de suelos en otras áreas del valle con problemas de salinidad.

Análisis de sensibilidad del proyecto de drenaje subsuperficial en el área piloto de El Magueyal

La Tabla 16 muestra los datos del presente análisis, realizado para observar el comportamiento del mismo ante el incremento de un 10% en los costos del proyecto, y la disminución de los rendimientos del cultivo en 5%.

Tabla 16. Análisis financiero considerando un incremento en los costos del proyecto y una disminución de los rendimientos del cultivo.

Años	COSTOS			BENEFICIOS		Factor	Beneficios Netos Act.
	Inversión	O y M	Producción	Beneficios Brutos	Beneficios Netos		
1	1.061.853,10	62.472,00	760.144,00	699.164,53	(1.185.304,57)	0,893	(1.058.476,98)
2		62.472,00	760.144,00	973.678,54	151.062,54	0,797	120.396,84
3		62.472,00	760.144,00	1.011.374,56	188.758,56	0,712	134.396,09
4		62.472,00	760.144,00	1.041.676,50	219.060,50	0,636	139.322,48
5		62.472,00	760.144,00	1.060.916,15	238.300,15	0,567	135.116,19
6		62.472,00	760.144,00	1.077.644,77	255.028,77	0,507	129.299,59
7		62.472,00	760.144,00	1.113.618,82	291.002,82	0,452	131.533,27
8		62.472,00	760.144,00	1.153.250,02	334.321,86	0,404	133.576,14
9		62.472,00	760.144,00	1.156.937,86	339.582,97	0,361	120.690,19
10		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,322	109.345,72
11		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,288	97.799,90
12		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,257	87.272,82
13		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,229	77.764,50
14		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,205	69.614,51
15		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,183	62.143,68
16		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,163	55.352,02
17		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,146	49.579,11
18		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,130	44.145,79
19		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,116	39.391,62
20		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,104	35.316,63
21		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,093	31.581,22
22		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,083	28.185,39
23		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,074	25.129,14
24		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,066	22.412,48
25		62.472,00	760.144,00	1.162.198,97	339.582,97	0,059	20.035,40

INDICADORES
 VAN: US\$ (116.516,45)
 TIR: α

En el presente análisis se determinó el Valor Actual Neto (VAN), utilizando el valor presente de los beneficios netos y el valor presente de los costos del proyecto de drenaje subsuperficial. El resultado de esta evaluación corresponde a un VAN negativo, de US\$ -116.516,45 y una TIR que tiende a infinito.

Esta situación demuestra que el proyecto no soporta un incremento de 10% en los costos y una disminución de 5% en los rendimientos del cultivo, significando que con estas condiciones el proyecto deja de ser factible, desde el punto de vista financiero.

Simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para estimar los beneficios brutos por año de cada agricultor de la zona de influencia

Al igual que para los suelos del área piloto, se realizó la simulación de la evolución de la salinidad y los rendimientos del cultivo del arroz en los suelos de la zona de influencia, para esto fueron introducidos los datos necesarios para activar el modelo PROSAL, los cuales se presentan a en la Tabla 17.

Tabla 17. Datos de entrada para la simulación de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, para los períodos de siembra establecidos en la zona de influencia.

DATOS INICIALES DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Número de años a estudiar	25	25	25	25	25	25	25
Número de sectores de riego a procesar	1	1	1	1	1	1	1
Nombre del sector de riego	AE	AL	LCHa	AL-HV	LM	PC-LJ	YA-LP-SJ
Densidad aparente del sector (gr / cm ³)	1,32	1,36	1,32	1,35	1,42	1,40	1,43
Humedad a capacidad de campo (%) (vol)	63,31	36,26	38,42	36,24	36,25	29,46	36,48
Humedad a punto de marchitez permanente (%) (vol)	44,9	25,55	25,9	25,53	25,50	25,54	22,34
Coefficiente hidrodinámico	0,35	0,35	0,34	0,44	0,44	0,49	0,51
Eficiencia de riego global para el sector	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Número de cultivos considerados en el sector de riego	2	2	2	2	2	2	2
DATOS CARACTERISTICOS DEL CULTIVO							
Nombre del cultivo	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz	arroz
Coefficiente de desarrollo foliar del cultivo	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Coefficiente de densidad de enraizamiento	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Profundidad radicular típica (cm)	30	30	30	30	30	30	30
Período vegetativo del cultivo (meses)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Código para salida de demanda del cultivo	1	1	1	1	1	1	1
Código para leer los datos de precipitación	1	1	1	1	1	1	1
Código para leer los datos de evaporación	1	1	1	1	1	1	1
Código para especificar la duración del cultivo	1	1	1	1	1	1	1
VALORES PARA SALINIDAD							
% de humedad del suelo a saturación (vol)	0,42	0,48	0,53	0,58	0,38	0,45	0,41
Conductividad eléctrica del agua de riego en (dS/m)	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Conductividad eléctrica inicial del extracto de sat. En (dS/m)	1,4	0,86	0,67	0,86	0,37	0,45	0,37
Eficiencia de lavado (fracción)	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Factor para afectar la lámina que realmente se infiltra	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Pérdida de rendimiento por aumento unitario de salinidad (b)	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
Salinidad umbral para el cultivo (Su) (dS/m)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Número de hectáreas a regar para el año 1	56,7	532,78	291,2	294,03	72,7	36,04	562,55
% del área a sembrar para el sector	100	100	100	100	100	100	100
Mes de siembra para este cultivo en el sector	1 y 7	1 y 7	1 y 7	1 y 7	1 y 7	1 y 7	1 y 7

Nota: Los datos de precipitación y evaporación utilizados en dicha simulación, son los que corresponden a la traza generada con el modelo HEESMM. (ver Tabla 11).

La Tabla 18 muestra los datos simulados de la evolución de la salinidad en los suelos y los rendimientos del cultivo del arroz, proporcionados por el modelo PROSAL, para los períodos de siembra en cada uno de los sectores de la zona de influencia; además, en la misma se presentan las estimaciones de los beneficios brutos por año de cada uno de los agricultores de la misma, sin la presencia de un sistema de drenaje subsuperficial.

El modelo PROSAL proporcionó unos resultados que demuestran que todos los sectores de la zona de influencia experimentan un incremento de las concentraciones de la salinidad en los suelos y una disminución anual de los rendimientos del cultivo del arroz, lo que ocurre desde el año 1 al 25.

Este comportamiento evolutivo de la salinidad y de los rendimientos, se debe principalmente, a la ausencia de un sistema de drenaje subsuperficial para evacuar los excesos de agua, producto de las precipitaciones pluviales y del riego, que producen elevación de los niveles de las aguas freáticas, las cuales tienen disueltas altas concentraciones de sales que ascienden por capilaridad hasta la superficie del suelo y la falta de aplicación de lavados de las sales que se encuentran acumuladas en el perfil de los mismos.

www.bdigital.ula.ve

Tabla 18. Evolución de la salinidad en los suelos, los rendimientos del cultivo del arroz y los beneficios brutos por agricultor en la zona de influencia.

Años	Sector Aeropuerto (AE)					Sector Arroyo Loro (AL)						
	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)
		mes 1	mes 7	mes 1	mes 7			mes 1	mes 7	Mes 1	mes 7	
1	2,5	5,128	4,991	66,4	59,4	4.453,32	2,5	3,239	3,010	88,1	82,8	6.049,86
2		6,290	6,372	52,3	44,0	3.409,02		4,091	4,053	77,6	71,3	5.171,06
3		7,597	8,646	36,1	22,3	2.067,36		5,043	5,862	65,5	54,6	4.251,54
4		9,785	10,475	9,1	0,0	322,14		6,722	7,221	44,4	36,2	2.853,24
5		11,571	12,640	0,0	0,0	0,00		7,984	8,716	28,6	19,5	1.702,74
6		13,600	13,897	0,0	0,0	0,00		9,349	9,540	11,3	6,3	792,54
7		14,754	14,685	0,0	0,0	0,00		10,078	9,823	1,9	0,2	74,34
8		15,613	14,828	0,0	0,0	0,00		10,406	9,217	0,0	1,9	67,26
9		15,555	16,160	0,0	0,0	0,00		9,725	10,135	0,6	0,4	227,00
10		16,967	16,215	0,0	0,0	0,00		10,665	9,766	0,0	0,0	0,00
11		16,979	16,570	0,0	0,0	0,00		10,302	9,804	0,0	0,0	0,00
12		17,141	16,834	0,0	0,0	0,00		10,214	9,685	0,0	0,2	0,00
13		17,513	18,143	0,0	0,0	0,00		10,189	10,641	0,3	0,0	7,08
14		18,959	17,792	0,0	0,0	0,00		11,204	10,044	0,0	0,0	0,00
15		18,448	18,684	0,0	0,0	0,00		10,536	10,698	0,0	0,0	0,00
16		19,384	18,340	0,0	0,0	0,00		11,198	10,144	0,0	0,0	0,00
17		18,798	19,459	0,0	0,0	0,00		10,499	10,994	0,0	0,0	0,00
18		20,110	20,247	0,0	0,0	0,00		11,463	11,438	0,0	0,0	0,00
19		20,592	17,307	0,0	0,0	0,00		11,681	8,674	0,0	0,0	0,00
20		17,606	17,874	0,0	0,0	0,00		8,952	9,190	13,9	10,8	874,38
21		18,523	18,876	0,0	0,0	0,00		9,752	10,048	6,0	0,8	240,72
22		19,300	18,327	0,0	0,0	0,00		10,370	9,486	0,0	0,4	14,16
23		19,029	19,431	0,0	0,0	0,00		10,087	10,420	2,2	0,0	31,15
24		19,929	20,607	0,0	0,0	0,00		10,820	11,347	0,0	0,0	0,00
25		20,998	20,043	0,0	0,0	0,00		11,638	10,705	0,0	0,0	0,00
Años	Sector Las Charcas (LCHA)					Sector Arroyo Loro - Hato viejo (AL-HV)						
	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)
		mes 1	mes 7	mes 1	mes 7			mes 1	mes 7	Mes 1	mes 7	
1	2,5	2,983	2,781	90,6	85,7	6.241,02	2,5	3,660	3,277	81,3	78,6	5.660,46
2		3,763	3,734	81,0	75,2	5.529,48		4,103	3,976	75,9	71,7	5.225,04
3		4,636	5,384	69,9	60,0	4.598,46		4,741	5,373	67,8	59,4	4.502,88
4		6,169	6,626	50,7	43,2	3.324,06		6,036	6,418	51,5	45,2	3.423,18
5		7,328	8,002	36,1	27,8	2.262,06		7,002	7,566	39,4	32,4	2.541,72
6		8,585	8,762	20,2	15,6	1.267,32		8,053	8,200	26,1	22,2	1.709,82
7		9,260	9,039	11,5	9,9	757,55		8,614	8,376	18,8	17,8	1.295,64
8		9,577	8,522	7,9	11,1	672,60		8,828	7,780	16,5	20,1	1.295,64
9		8,987	9,363	14,6	9,5	853,14		8,184	8,510	24,0	19,6	1.543,44
10		9,851	9,047	4,3	6,2	371,70		8,931	8,164	15,1	17,1	1.139,88
11		9,537	9,091	8,1	7,9	566,40		8,594	8,170	19,2	19,1	1.355,82
12		9,464	8,993	8,3	8,9	608,88		8,500	8,040	19,7	20,5	1.423,08
13		9,452	9,865	9,0	3,7	449,58		8,450	8,817	20,8	16,1	1.306,26
14		10,381	9,335	0,0	1,3	46,02		9,274	8,306	11,1	14,2	895,62
15		9,782	9,931	4,9	1,3	219,48		8,708	8,840	17,6	14,4	1.132,80
16		10,387	9,437	0,0	0,6	21,24		9,248	8,369	11,1	14,0	888,54
17		9,759	10,210	4,4	0,0	155,76		8,660	9,066	17,5	13,3	1.090,32
18		10,638	10,620	0,0	0,0	0,00		9,450	9,424	8,5	6,4	527,46
19		10,842	8,118	0,0	5,9	28,86		9,623	7,128	5,3	19,2	867,30
20		8,367	8,582	20,8	18,0	1.373,52		7,358	7,554	32,9	30,4	2.240,82
21		9,089	9,357	13,7	9,0	803,58		8,018	8,263	26,4	22,1	1.716,90
22		9,650	8,849	5,6	8,7	506,22		8,528	7,794	19,0	21,8	1.444,32
23		9,392	9,694	10,2	5,1	541,62		8,291	8,566	23,3	18,6	1.483,26
24		10,058	10,538	1,1	0,0	55,44		8,896	9,331	14,9	10,3	892,08
25		10,803	9,962	0,0	0,0	0,00		9,570	8,797	6,2	9,4	552,24

Tabla 18. (...continuación)

Años	Sector Las Matas (LM)						Sector Punta Caña – La Javilla (PC-LJ)					
	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)
		mes 1	mes 7	mes 1	mes 7			mes 1	mes 7			
1	2,5	3,346	3,226	89,0	80,8	6.010,92	2,5	3,010	2,743	91,3	85,8	6.269,34
2		4,654	4,696	72,9	64,0	4.846,26		3,881	3,806	80,5	74,1	5.472,84
3		6,001	7,084	55,9	41,4	3.444,42		4,835	5,672	68,3	57,0	4.435,62
4		8,226	8,892	27,9	17,0	1.589,46		6,537	7,029	46,7	38,5	3.016,08
5		9,917	10,898	6,8	0,0	240,72		7,767	8,471	31,1	22,3	1.890,36
6		11,749	12,006	0,0	0,0	0,00		9,068	9,246	14,5	9,8	860,22
7		12,733	12,453	0,0	0,0	0,00		9,742	9,401	5,7	4,8	371,70
8		13,236	11,833	0,0	0,0	0,00		9,944	8,528	3,5	8,8	435,42
9		12,499	13,038	0,0	0,0	0,00		9,038	9,444	14,3	8,8	817,74
10		13,737	12,641	0,0	0,0	0,00		9,961	8,944	3,2	6,2	332,76
11		13,339	12,732	0,0	0,0	0,00		9,487	8,927	9,1	9,2	647,82
12		13,262	12,630	0,0	0,0	0,00		9,347	8,738	10,0	11,2	750,48
13		13,279	13,862	0,0	0,0	0,00		9,262	9,725	11,7	5,7	615,96
14		14,592	13,144	0,0	0,0	0,00		10,290	9,026	0,0	3,7	130,98
15		13,774	13,984	0,0	0,0	0,00		9,540	9,705	8,2	4,1	435,42
16		14,628	13,312	0,0	0,0	0,00		10,216	9,070	0,0	3,9	138,06
17		13,763	14,398	0,0	0,0	0,00		9,444	9,959	8,6	3,2	417,72
18		15,000	14,983	0,0	0,0	0,00		10,438	10,379	0,0	0,0	0,00
19		15,295	11,503	0,0	0,0	0,00		10,625	7,437	0,0	11,3	400,02
20		11,850	12,149	0,0	0,0	0,00		7,760	8,022	28,6	25,1	1.900,98
21		12,857	13,232	0,0	0,0	0,00		8,635	8,953	19,8	14,2	1.203,60
22		13,642	12,526	0,0	0,0	0,00		9,294	8,357	10,2	13,8	849,60
23		13,285	13,706	0,0	0,0	0,00		9,003	9,356	15,5	9,5	885,00
24		14,216	14,887	0,0	0,0	0,00		9,775	10,316	4,8	0,0	169,92
25		15,260	14,091	0,0	0,0	0,00		10,609	9,588	0,0	0,0	0,00

Años	Sector Yábano – La Peña – San Juan (YA-LP-SJ)					
	Area Neta (ha)	Salinidad (dS/m)		Rendimientos (%)		B.B./año (US\$)
		mes 1	mes 7	mes 1	mes 7	
1	2,5	3,161	3,047	90,6	83,0	6.145,44
2		4,370	4,409	75,7	67,5	5.069,28
3		5,619	6,625	59,9	46,5	3.766,56
4		7,686	8,306	34,0	23,8	2.046,12
5		9,261	10,175	14,3	3,0	612,42
6		10,969	11,209	0,0	0,0	0,00
7		11,889	11,635	0,0	0,0	0,00
8		12,366	11,078	0,0	0,0	0,00
9		11,698	12,201	0,0	0,0	0,00
10		12,853	11,843	0,0	0,0	0,00
11		12,493	11,933	0,0	0,0	0,00
12		12,426	11,846	0,0	0,0	0,00
13		12,448	12,991	0,0	0,0	0,00
14		13,671	12,332	0,0	0,0	0,00
15		12,917	13,113	0,0	0,0	0,00
16		13,712	12,494	0,0	0,0	0,00
17		12,914	13,503	0,0	0,0	0,00
18		14,064	14,051	0,0	0,0	0,00
19		14,342	10,828	0,0	0,0	0,00
20		11,147	11,424	0,0	0,0	0,00
21		12,080	12,427	0,0	0,0	0,00
22		12,808	11,773	0,0	0,0	0,00
23		12,476	12,867	0,0	0,0	0,00
24		13,340	13,964	0,0	0,0	0,00
25		14,310	13,229	0,0	0,0	0,00

La no aplicación de estas medidas favorecen la agudización del problema de salinización de los suelos, lo que trae como consecuencia la degradación de los mismos, provocando así la pérdida de la capacidad de producción. Esta situación se refleja en la drástica disminución de los beneficios brutos por año de cada agricultor de la zona de influencia. Esto se puede visualizar con mayor claridad en la Figura 12.

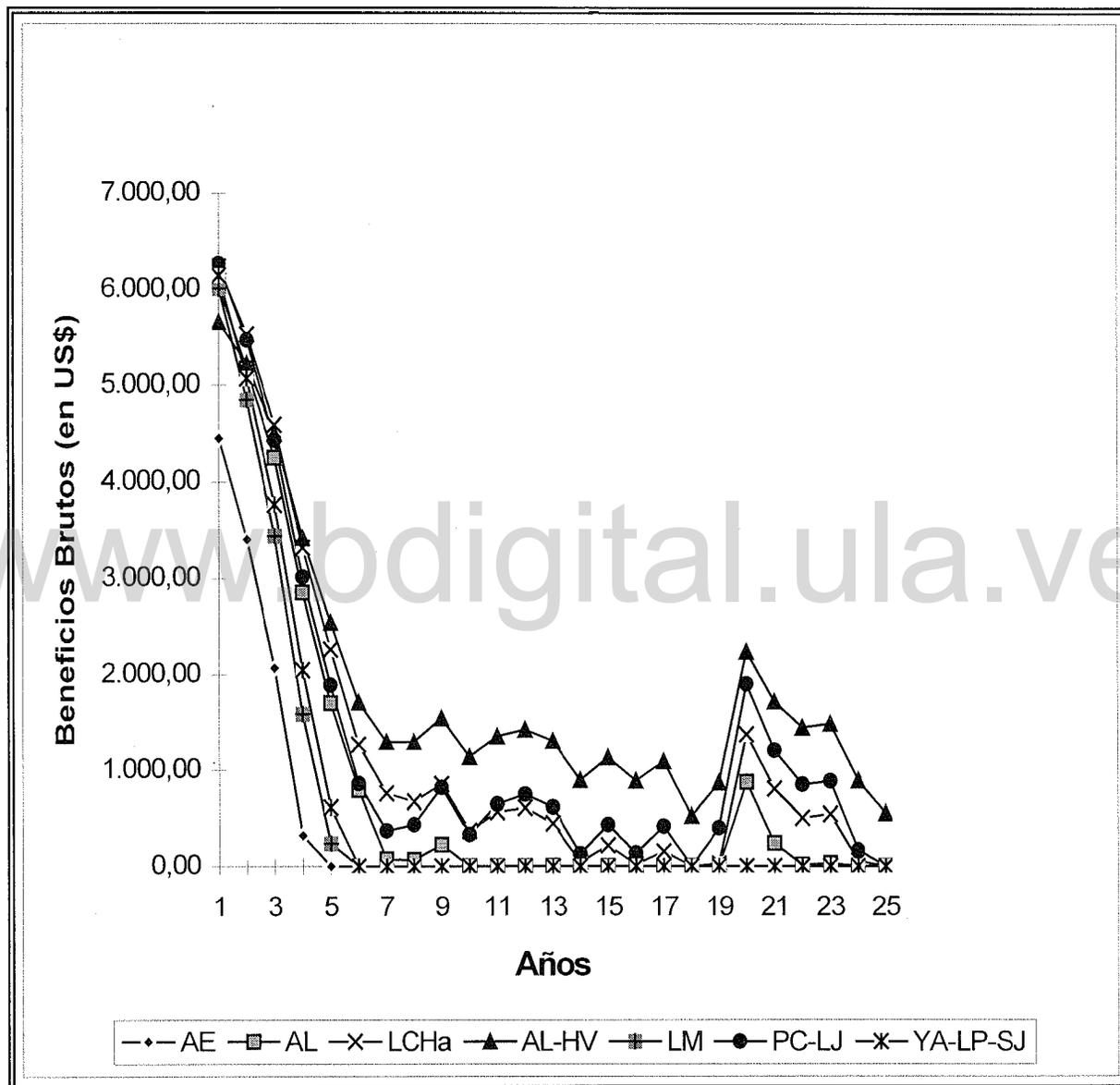


Figura 12. Evolución de los beneficios brutos por año de cada agricultor de la zona de influencia.

Estimación de los beneficios netos de los agricultores de la zona de influencia

En razón de que no se conocen los costos de inversión y de operación y mantenimiento necesarios para la instalación de un sistema de drenaje subsuperficial en la zona de influencia, se hace necesario destacar lo siguiente:

Según el Instituto Agrario Dominicano, (1996). El tamaño promedio de las parcelas de los agricultores es de 2,5 ha., el costo de producción de una hectárea de arroz es de US\$ 800,00, el precio de una tonelada de arroz a nivel de finca es US\$ 236,00/ton y el rendimiento óptimo del cultivo en la zona es de 6.0ton/ha.

Con estos datos y con los rendimientos potenciales del cultivo del arroz, simulados con el modelo PROSAL, para los periodos de siembra en dicha zona, fue posible determinar los beneficios netos/año de cada agricultor y la evolución que estos experimentan en el tiempo. Tal y como se puede observar en la Tabla 19 y Figura 13, los beneficios netos de los agricultores, generados por la venta de sus cosechas sufren un decrecimiento brusco, el cual se manifiesta desde el segundo año 1 hasta el año 25.

Tabla 19. Beneficios netos/año de cada agricultor de la zona de influencia.

Años \ Sector	AE	AL	LCHa	AL-HV	LM	PC-LJ	YA-LP-SJ
1	453,32	2.049,86	2.241,02	1.660,46	2.010,92	2.269,34	2.145,44
2	-590,98	1.171,06	1.529,48	1.225,04	846,26	1.472,84	1.069,28
3	-1.932,64	251,54	598,46	502,88	-555,58	435,62	-233,44
4	-3.677,86	-1.146,76	-675,94	-576,82	-2.410,54	-983,92	-1.953,88
5	-4.000,00	-2.297,26	-1.737,94	-1.458,28	-3.759,28	-2.109,64	-3.387,58
6	-4.000,00	-3.207,46	-2.732,68	-2.290,18	-4.000,00	-3.139,78	-4.000,00
7	-4.000,00	-3.925,66	-3.242,45	-2.704,36	-4.000,00	-3.628,30	-4.000,00
8	-4.000,00	-3.932,74	-3.327,40	-2.704,36	-4.000,00	-3.564,58	-4.000,00
9	-4.000,00	-3.773,00	-3.146,86	-2.456,56	-4.000,00	-3.182,26	-4.000,00
10	-4.000,00	-4.000,00	-3.628,30	-2.860,12	-4.000,00	-3.667,24	-4.000,00
11	-4.000,00	-4.000,00	-3.433,60	-2.644,18	-4.000,00	-3.352,18	-4.000,00
12	-4.000,00	-4.000,00	-3.391,12	-2.576,92	-4.000,00	-3.249,52	-4.000,00
13	-4.000,00	-3.992,92	-3.550,42	-2.693,74	-4.000,00	-3.384,04	-4.000,00
14	-4.000,00	-4.000,00	-3.953,98	-3.104,38	-4.000,00	-3.869,02	-4.000,00
15	-4.000,00	-4.000,00	-3.780,52	-2.867,20	-4.000,00	-3.564,58	-4.000,00
16	-4.000,00	-4.000,00	-3.978,76	-3.111,46	-4.000,00	-3.861,94	-4.000,00
17	-4.000,00	-4.000,00	-3.844,24	-2.909,68	-4.000,00	-3.582,28	-4.000,00
18	-4.000,00	-4.000,00	-4.000,00	-3.472,54	-4.000,00	-4.000,00	-4.000,00
19	-4.000,00	-4.000,00	-3.791,14	-3.132,70	-4.000,00	-3.599,98	-4.000,00
20	-4.000,00	-3.125,62	-2.626,48	-1.759,18	-4.000,00	-2.099,02	-4.000,00
21	-4.000,00	-3.759,28	-3.196,42	-2.283,10	-4.000,00	-2.796,40	-4.000,00
22	-4.000,00	-3.985,28	-3.493,78	-2.555,68	-4.000,00	-3.150,40	-4.000,00
23	-4.000,00	-3.968,85	-3.458,38	-2.516,74	-4.000,00	-3.115,00	-4.000,00
24	-4.000,00	-4.000,00	-3.944,56	-3.107,92	-4.000,00	-3.830,08	-4.000,00
25	-4.000,00	-4.000,00	-4.000,00	-3.447,76	-4.000,00	-4.000,00	-4.000,00

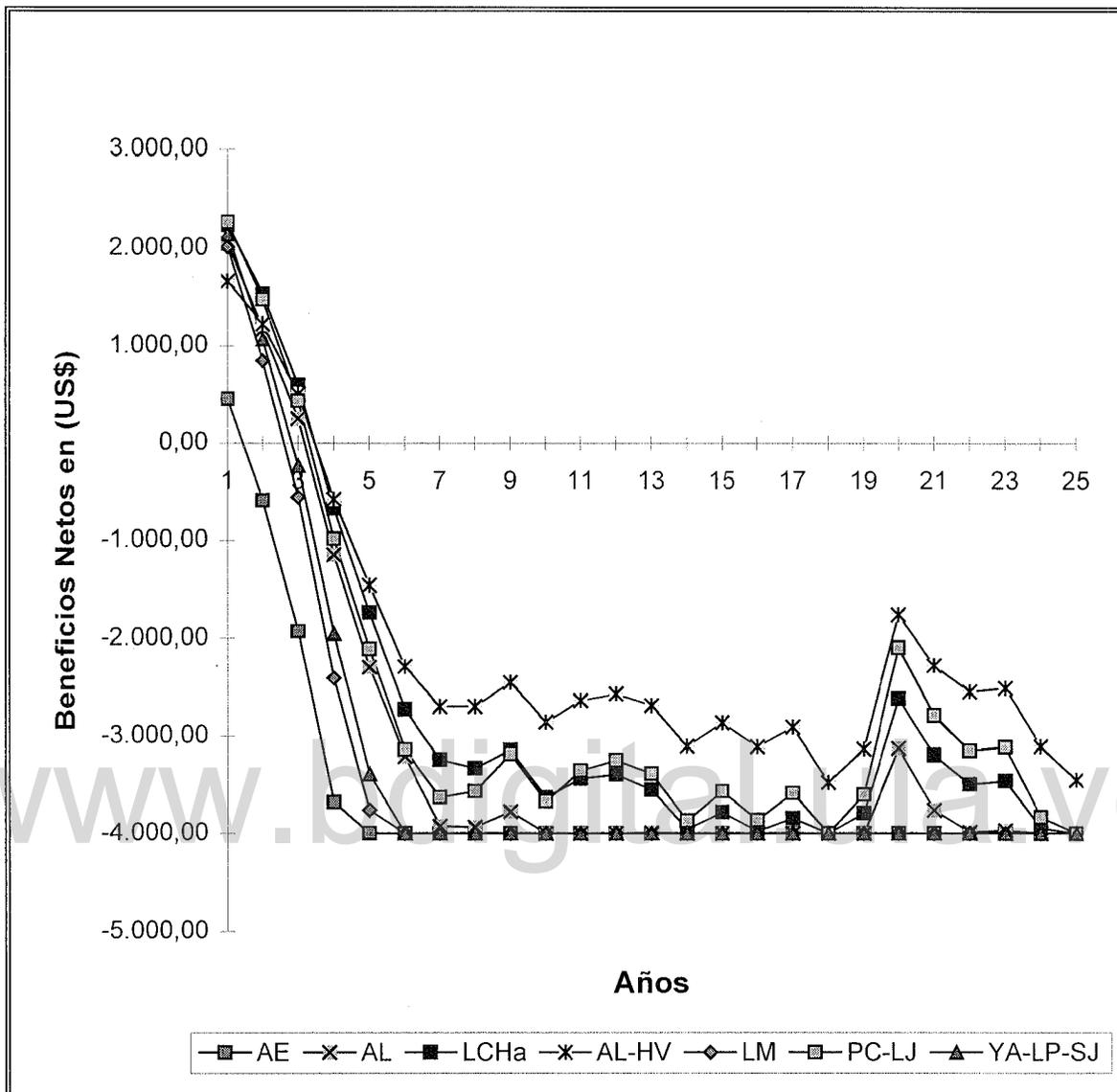


Figura 13. Beneficios netos/año de los agricultores del área de influencia.

Los resultados obtenidos demuestran el comportamiento evolutivo que experimentan los beneficios netos de los agricultores, debido al problema de acumulación de sales en los suelos de dicha zona.

A partir del segundo año se observa en todos los sectores, una brusca disminución de los beneficios netos generados por las ventas de las cosechas. Esto ocurre como una consecuencia de la agudización del problema de la salinidad en los suelos y la disminución de los rendimientos del cultivo, lo que se debe, principalmente, a una baja lámina que realmente se infiltra y a la falta de un sistema de drenaje, para evacuar los excesos de agua y las sales disueltas en ella.

El comportamiento evolutivo de los beneficios netos refleja que cada año la actividad agrícola en esta zona es menos atractiva, debido a que los suelos van perdiendo su capacidad productiva, es decir, que la agricultura en estos suelos es una actividad cada vez menos rentable desde el punto de vista financiero, si no se aplican medidas tendentes a disminuir el problema de la salinidad en dichos suelos y sus efectos negativos sobre el rendimiento de los cultivos.

Esta situación puede acarrear, en un corto plazo, una serie de efectos negativos en el aspecto social y económico, que se traduce en el deterioro de la calidad de vida de los agricultores y de sus familias.

Efecto social del problema de la salinidad

Se realizó la identificación, encadenamiento y un posterior análisis de los efectos actuales y potenciales que inciden sobre las condiciones y las estructuras sociales de los agricultores de la zona de influencia, generado por el problema del incremento de la salinidad en los suelos. Para esto se estimó que el ingreso mínimo (IM) que necesitan los agricultores para el sustento de sus familias, asciende a la suma de US\$ 1.650,00 por año.

En la Figura 14, se contrastan las cantidades correspondientes a los beneficios netos (BN) y el ingreso mínimo (IM) por año de dichos agricultores, en la misma se observa que a partir del segundo año, en todos los sectores se inicia una brusca disminución de los beneficios netos que reciben los agricultores por las ventas de sus cosechas y que continuará decreciendo hasta el año 25.

La misma muestra el tiempo en que los beneficios se hacen inferiores al ingreso mínimo, en este sentido es necesario destacar que los agricultores de los sectores Aeropuerto (AE) y Arroyo Loro - Hato Viejo (AL-HV), son los más afectados, en el caso del primero se debe a que los beneficios netos siempre se mantienen por debajo del ingreso mínimo, y en el segundo, los beneficios se encuentran ligeramente sobre lo que es el ingreso mínimo; en cambio, los agricultores de los demás sectores presentan un mayor margen de beneficios aunque no escapan al decrecimiento brusco que estos experimentan cada el año.

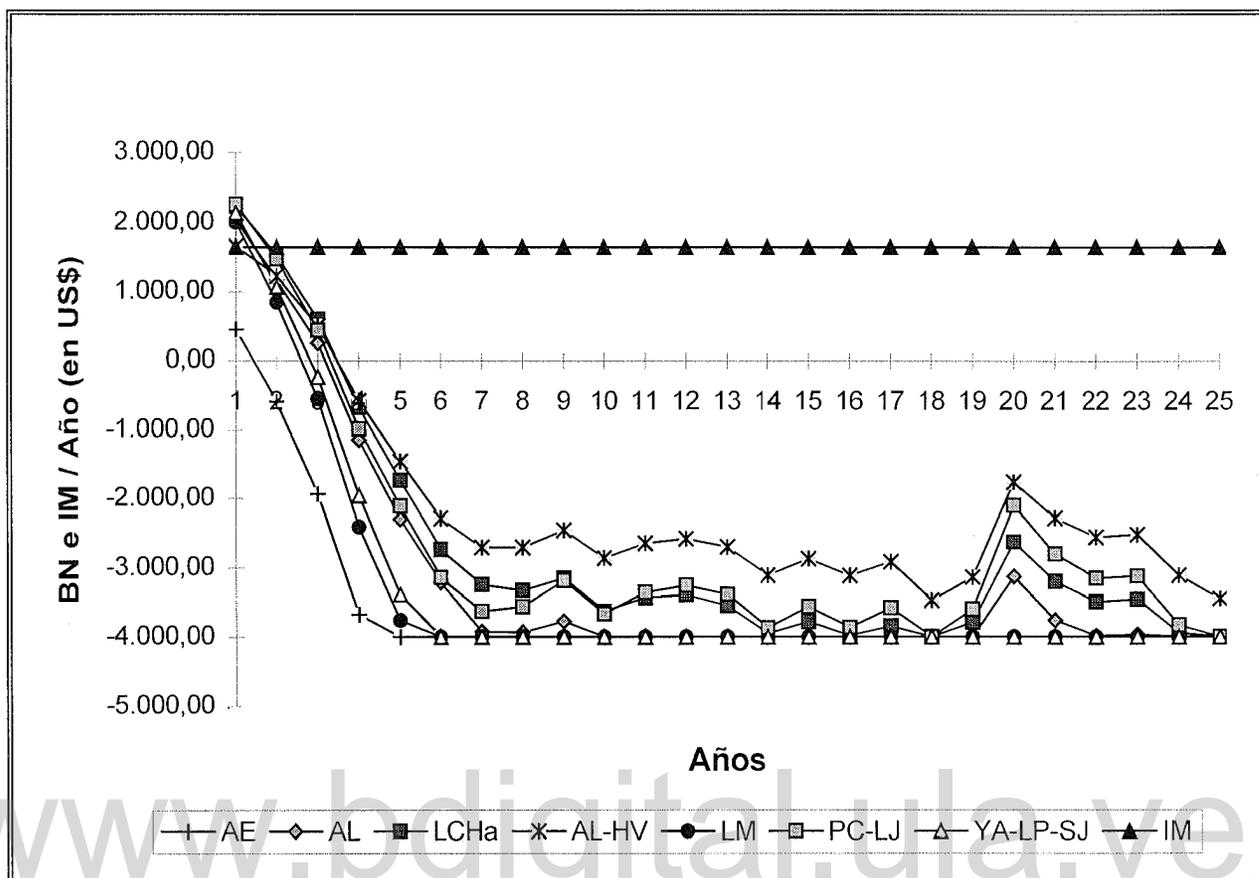


Figura 14. Contrastación entre los beneficios netos y el ingreso mínimo por año.

Este comportamiento de los beneficios netos ocurre como una consecuencia de la agudización del problema de la salinización de los suelos y si no se aplican medidas correctivas, esta situación continuará agravándose con el paso del tiempo, favoreciendo la generación de una serie de efectos negativos que bien pueden servir de base para tener una idea sobre el grado de deterioro de la calidad de vida de estos agricultores y sus familias. Estos efectos se resumen en la Figura 15, en la cual se presenta una identificación y encadenamiento de los efectos sociales, generados por el problema de la salinidad.

Los resultados obtenidos inciden directa e indirectamente y en forma negativa en las estructuras y en los componentes del aspecto social de los agricultores de las áreas afectadas por problemas de salinidad en los suelos, los mismos son parámetros que indican la forma de interrelación existente entre el problema y el estatus quo de cada agricultor y sus familias. Esta incidencia puede llevar a los agricultores a sufrir situaciones de extrema pobreza en un medio que se convierte cada vez más inhóspito y desolado para el desarrollo de las actividades normales de cualquier individuo. Esta situación se crea por la carencia de coordinación interinstitucional y al mismo tiempo por la violación, intencional o no, de las disposiciones existentes para favorecer el desarrollo sostenible, sin romper el equilibrio que debe existir con el ambiente.

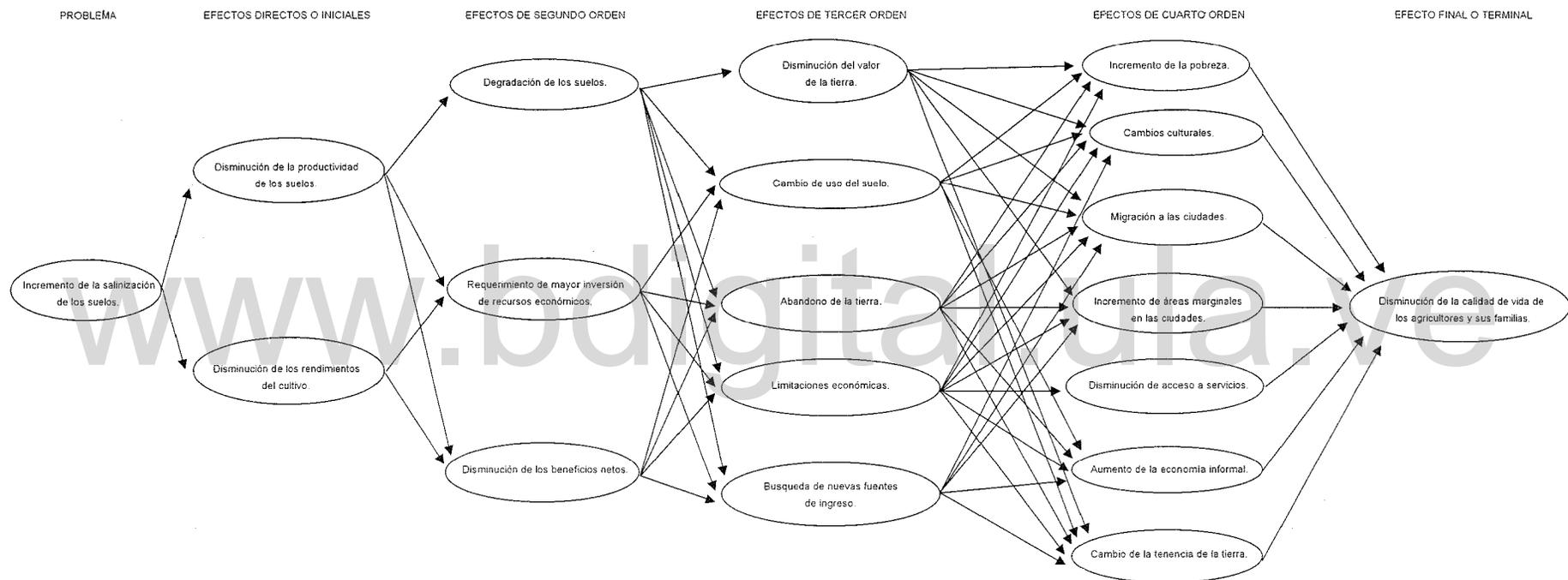


Figura 15. Encadenamiento de los efectos sociales generados por el problema del incremento de la salinidad en los suelos.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Después de observar y discutir los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente :

1. La disminución de los promedios de la salinidad observada en los perfiles de los suelos del área piloto de El Magueyal, se debe a la instalación y buen funcionamiento de un sistema de drenaje subsuperficial y a la aplicación de lavados de sales en forma periódica, lo que trae como consecuencia un descenso de los niveles del manto freático, el cual es la principal fuente de sales en el suelo.

2. La disminución de los niveles del manto freático disminuye el ascenso capilar del agua y las sales disueltas hasta la zona superficial del suelo, favoreciendo así una mejor estructuración del mismo y el buen desarrollo del cultivo.

3. Con los resultados asumidos para la lámina que realmente se infiltra, 1,14 para el sector Pedro Martín (PM), 1,13 para los sectores El Arroyo (EA) y La Aviación (LA), y 1,10 para el sector Pedregal (Pe); y 0,38 para la eficiencia de lavado, el modelo PROSAL proporciona datos simulados de conductividad eléctrica muy parecidos a los observados en el campo, lo que permite confiar en que se realizó una buena calibración de dicho modelo.

4. La aplicación del modelo HEESMM permite hacer una predicción, lo más confiable posible, de los cambios que puedan experimentar las variables de precipitación y evaporación, durante el horizonte del proyecto.

5. La traza seleccionada de precipitación y evaporación, es la de menor desviación estándar y la misma sirvió para la determinación, con el modelo PROSAL, del comportamiento evolutivo de la salinidad en los suelos y los rendimientos potenciales del cultivo del arroz.

6. El análisis financiero del proyecto de drenaje subsuperficial, arrojó un VAN de US\$ 1.926.457,04 y una TIR de 33,0%, lo que demuestra que el proyecto es muy rentable para el cultivo del arroz.

7. La disminución de 5% en los rendimientos del cultivo y el incremento de 10% en los costos del proyecto, produce una disminución de los beneficios netos, arrojando un VAN negativo de US\$ -116.516,45 y una TIR que tiende a infinito, lo que demuestra que con esta situación, el proyecto pierde su rentabilidad y deja de ser factible para el cultivo del arroz.

8. El incremento de las concentraciones de sales en los suelos de la zona de influencia y la disminución de los rendimientos potenciales del cultivo del arroz, proporcionados por el modelo PROSAL, demuestran el mal uso y manejo de los recursos agua y suelo, además de la no aplicación de medidas mitigantes para el control del problema de la salinidad.

9. El comportamiento evolutivo de los beneficios netos de los agricultores, indican que cada año la actividad agrícola en la zona de influencia es menos atractiva, provocando que estos agricultores se dediquen a otras actividades productivas.

10. La situación de los agricultores de la zona de influencia se debe a la falta de coordinación interinstitucional y a las violaciones de las disposiciones existentes.

Recomendaciones

Para controlar los problemas actuales y potenciales de salinización y contribuir a elevar la calidad de vida de los moradores de esta zona, se presentan las siguientes recomendaciones :

1. Aplicar el número de labores de mantenimiento necesario por año al sistema de drenaje subsuperficial, para garantizar los niveles actuales del manto freático y la disminución del ascenso capilar de las sales hasta la zona radicular del suelo.

2. Utilizar el modelo HEESMM para una predicción, lo más confiable posible, de la variables climáticas y utilizarlas en la planificación de proyectos de riego y drenaje.

3. Instalar un sistema de drenaje subsuperficial y aplicar lavados de sales en las demás áreas afectadas del valle y cumplir las disposiciones existentes para mitigar el problema del incremento de la salinización y sus efectos, a fin de incrementar los beneficios netos de los agricultores para mejorar la calidad de vida de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- Adamowics, W. L., 1991. Valuation of Environment Amenities. Canadian Journal of Agricultural Economics.
- Azqueta, D., 1995. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw-Hill, España.
- Azqueta, D. Y Ferreiro, A., 1994. Gestión y Valoración de Proyectos de Recursos Naturales. Madrid.
- Barbier, E., 1993. Economics and Ecology, new frontier and sustainable development. London.
- Bergstrom, J. C.; Stoll, J. R.; Randall, A., 1990. The Impact of Information on Environmental Commodity Valuation Decision. American Journal of Agricultural Economics.
- Bishop, R. C.; Heberlein, T. A., 1979. Measuring Values of Extramarket Goods: are indirect measures biased? American Journal of Agricultural Economics.
- Bishop, C. 1994. Introducción al Análisis Economía Agrícola. Carolina del Norte.
- Boyle, K. J.; Bishop, C. R., 1987. Valuing Wildlife in Benefit-Cost Analysis: a case study involving endangered species. Water Resources Research.
- Brookshire, D. S.; Smith, V. K., 1987. Measuring The Value of a Public Good; an Empirical Comparison of Elicitation Procedures.
- Buchanan, J. M., 1965. An economic teory of clubs. Económica.
- CEPAL, 1994. Economía y Ecología: Dos Ciencias y una Responsabilidad Frente a la Naturaleza. Lima.
- Cottrel, A., 1980. Economía del Medio Ambiente, Introducción de las Ciencias de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente para Estudiantes. London.
- Christiansen, J. y Grassi, C., 1981. Temas Introductorios sobre Drenaje de Tierras de Riego, CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Dixon, J., 1994. Econimics Analysis of Enviromental Impact. 2da. Ed. London.
- Dupuit, J., 1944. On the Meassurement of Utility of Public Work. Annals des ponds et Chauss. EE.UU.

- Flores, X. y Chávez, J. C., 1993. Economía y Medio Ambiente. La Paz.
- Escobar, J., 1995. Unidad de Análisis de Políticas Económicas en: Economía de Regulación, UDAPE, La Paz.
- Escribá, F. J., Sánchez, Blanco, M., 1991. Elemento de Análisis Económico. McGraw-Hill. Madrid.
- FAO, 1993. La Banca y el Medio Ambiente. Roma.
- FAO, 1994. Directrices Sobre Planificación del Aprovechamiento de la Tierra. Roma.
- Fernández de Castro, J., Tugones, Q., 1987. Fundamentos de la Economía. Madrid.
- Ferreiro, A., 1991. Metodologías de Valoración de Externidades Ambientales. Apuntes de Economía.
- Gittenger, J. Price., 1994. Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. Banco Mundial. Madrid, España.
- González, P. J., 1985. Valoración Económica de los Impactos. Valoraciones Sociales. Metodologías. Estudios Territoriales.
- Gómez, C., 1995. El Análisis Coste-Beneficio del Medio Ambiente. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España.
- Grassi, C., 1991. Drenaje de Tierras Agrícolas, CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Grassi, C., 1993. Fundamentos de Riego, 2da. Ed. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Grillo, M. y P. Domínguez, 1979. Efectos de Salinidad y la Alcalinidad de los Suelos en la Producción de la Caña de Azúcar. Algunas Experiencias en el Ingenio Providencia. Colombia. Suelos Ecuatoriales. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Palmira.
- Hanley, N. D., 1992. Are There Environmental Limits to Cost Benefit Analysis? Environmental and Resource Economics.
- Henao, A., 1987. Manual de Simulación Estocástica de Recursos Hidráulicos, CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Henderson, J., Quandt, R., 1979. Microeconomic Theory: a mathematical approach. New York, EE.UU.

- Herrera, F. et al., 1994. Fundamentos de Análisis Económico, Guía para la Investigación y Extensión Rural, Turrialba.
- Instituto Agrario Dominicano, 1996. Estudio Socioeconómico del Asentamiento de El Magueyal, San Juan de La Maguana, República Dominicana.
- Just, R., et al., 1982. Applied Welfare Economics and Public Policy. Prentice Hall. EE.UU.
- Katz, M. y Rosen, H., 1994. Microeconomía Addison Iberoamericana. Buenos Aires, Argentina.
- López, R., 1991. Aspectos Económicos de la Conservación de Suelos. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Marcandya, A., 1994. La Integración de Consideraciones sobre Medio Ambiente y Sustentabilidad en las Políticas y Planificación del Desarrollo Agrícola y Rural. Cambridge.
- Munasinghe, M., 1994. Aspectos Ambientales y Decisiones Económicas en los Países en Desarrollo. Revista world development, Vol. 21.
- Norero, A., 1976. Evaporación y Transpiración. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Pérez, J., 1993. Estudio de la Salinidad y Medidas de Conservación del Acuífero de Coro, Edo. Falcón. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Pérez, J., 1993. Evaluación de Efectos Ambientales en Proyectos de Riego y Drenaje, Dos Estudios de Aplicación en el Proyecto Yacambú-Quibur, Edo. Lara. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Pérez, J., 1996. Curso de Economía Ambiental. CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Pearce, D. y Turner, K., 1995. Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Madrid, España.
- Pearce, D., 1993. Economic Values and Natural World. London.
- Pizarro, F., 1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de los Suelos Salinos. Editora Agrícola Española, S.A., Madrid, España.
- Pizarro, F., 1979. Lavado de Suelos Salinos. Métodos, Cálculo y Procedimiento de Aplicación. Suelos Ecuatoriales. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Palmira.

Randall, A.; Stoll, J., 1995. Consumers Surplusin Comodity Space The American Economic. London.

Richards, L. A., 1997. Diagnóstico de Suelos Salinos y Sodicós. Manual No. 60. Limusa, Mexico.

Secretaría de Estado de Agricultura, 1984. Estudio de Suelos del Valle de San Juan de la Maguana, Clasificación y Aptitud para Uso y Manejo. Santo Domingo, República Dominicana.

Sequera, P., 1967. Los Suelos y la Caña de Azúcar. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Zoppis, R., 1968. Atlas Geológico y Mineralógico de la República Dominicana.

www.bdigital.ula.ve

APENDICE A

DATOS HISTORICOS DE PRECIPITACION Y EVAPORACION

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

Tabla A-1. Datos históricos de precipitación.

Años	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	2,6	13,1	0,0	45,4	215,6	44,7	63,8	69,6	178,2	81,1	68,0	9,3
1981	46,5	64,9	6,7	45,1	214,6	120,8	206,4	73,9	49,1	323,5	34,3	84,0
1982	27,8	11,7	0,0	112,6	232,2	17,4	117,4	9,1	112,1	41,6	47,5	3,9
1983	0,9	7,6	45,1	127,9	176,6	45,2	148,5	99,0	80,6	221,8	32,1	24,8
1984	70,1	11,5	31,4	24,4	124,8	171,7	59,6	70,3	229,6	72,7	24,6	13,1
1985	0,0	4,9	9,2	107,3	152,3	12,0	71,2	107,7	102,0	137,2	84,7	0,0
1986	11,8	1,7	6,2	158,3	108,1	95,2	84,8	116,7	32,0	211,4	57,7	0,0
1987	11,4	11,7	34,2	156,8	245,6	92,0	90,6	131,0	174,8	105,6	30,0	40,0
1988	12,3	4,9	117,5	38,2	66,9	100,9	169,4	109,9	244,7	68,8	60,6	21,8
1989	1,8	44,8	40,2	17,0	110,8	71,4	105,0	348,9	150,0	41,6	58,9	39,8
1990	8,7	7,3	11,7	49,8	22,5	58,6	118,4	158,6	271,2	159,1	39,1	0,0
1991	0,0	3,6	30,5	38,3	142,3	18,4	27,8	94,6	68,8	62,2	25,8	0,0
1992	140,1	1,6	91,0	155,2	200,0	12,2	50,1	100,5	326,6	59,3	104,4	26,9
1993	66,8	18,3	30,8	130,9	246,2	129,1	37,9	75,4	158,0	34,7	40,4	0,0
1994	4,0	11,1	72,2	119,3	28,9	0,9	50,2	68,2	59,0	184,8	62,1	3,9
1995	7,6	31,3	20,7	34,6	143,2	29,3	163,5	93,0	78,7	156,3	80,5	27,3

Tabla A-2. Datos históricos de evaporación.

Años	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	96,3	101,6	137,9	154,0	170,6	178,5	185,7	183,5	163,8	145,6	115,3	99,4
1981	98,4	103,5	136,4	153,4	169,3	177,2	184,2	182,8	164,1	146,3	117,4	98,8
1982	96,6	102,0	135,5	152,7	168,4	178,4	186,2	185,4	166,2	147,1	118,2	99,6
1983	100,2	105,4	137,2	155,3	170,8	179,2	186,7	185,6	165,1	146,7	117,1	99,3
1984	92,7	99,7	134,5	152,0	168,7	178,1	185,4	184,3	163,0	144,2	116,8	97,4
1985	93,2	100,7	136,1	153,6	169,2	180,0	186,3	185,1	164,6	145,3	115,9	95,7
1986	95,6	100,0	137,6	154,2	170,1	178,6	185,9	184,2	163,8	146,0	116,5	0,0
1987	98,7	104,9	138,7	155,4	171,5	178,4	185,9	184,2	164,6	146,2	117,1	137,0
1988	98,1	101,9	137,5	156,1	171,4	179,6	186,2	186,2	166,5	146,1	117,4	86,4
1989	98,1	102,7	136,4	153,5	168,9	178,2	184,8	183,7	164,4	146,0	117,5	112,3
1990	96,8	103,1	137,7	155,1	170,4	177,9	185,5	185,2	164,1	145,6	116,2	126,1
1991	96,5	101,3	135,7	153,6	169,9	179,1	187,0	186,1	166,1	146,9	118,3	92,1
1992	99,0	104,6	137,2	153,8	170,7	177,8	185,5	184,0	164,8	147,1	117,5	109,3
1993	98,4	102,4	135,9	154,1	170,3	180,3	187,7	186,5	164,9	147,0	117,0	106,2
1994	99,6	102,6	135,5	153,3	169,4	177,7	184,1	183,6	163,7	145,8	115,6	84,6
1995	94,2	99,8	136,8	154,0	169,6	179,7	187,1	186,0	165,0	146,9	118,1	125,7

www.bdigital.ula.ve

APENDICE B

DESCRIPCION DE LAS UNIDADES TAXONOMICAS

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

DESCRIPCION DE LAS UNIDADES TAXONOMICAS

En este apéndice se describen las series de suelos que conforman el área de estudio. Se establecen en forma resumida los rasgos diagnósticos que sirven para la clasificación taxonómica, se describen sus características físicas, químicas y morfológicas más importantes, así como el tipo de material sobre el cual se formaron. Se establece además, el rango en que varían las características de identificación de cada serie.

También se describe un pedón típico y modal de cada serie, con sus respectivos cuadros de datos de análisis de laboratorio. Lo cual se describe a continuación:

Serie Pedro Martín (PM)

Typic Chromuderts
Arcilloso muy fino, calcáreo, isohipertérmico

Los suelos de esta unidad ocupan las áreas imperfectas a pobremente drenadas en las tierras bajas hacia el pie de los abanicos, son de relieve plano, con pendiente de 0-0,5%, son muy profundos y de textura pesada. Presenta dos fases por drenaje: una imperfecta y la restante pobremente drenada.

Rango de características

Estos suelos presentan un horizonte A dividido en Ap y Ah, con espesor entre 23-66 cm., Color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; textura arcillosa; estructura disturbada en Ap y bloque subangulares medios y moderados en el Ah; consistencia firme a muy friable en húmedo. El horizonte Bt presente a veces se subdivide en Bt1 y Bt2; espesor 47-100 cm., color amarillo grisáceo oscuro a olivo pardo en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares gruesos y moderados a gruesos y débiles; consistencia friable en húmedo. Subyace un horizonte C en algunos casos dividido en C1 y C4, espesor 51-75 cm.; color pardo grisáceo oscuro a olivo pardo en húmedo; textura arcillosa; sin estructura.

Al punto de vista químico estos suelos poseen un PH ligero a medianamente alcalino, alta a muy alta capacidad de intercambio catiónico; alto a muy alto el contenido de materia orgánica; salinidad moderada a alta.

Descripción del perfil típico de la serie Pedro Martín (PM)

Calicata No.	:	C-4
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	preparación para siembra
Fisiografía	:	Piedemonte aluvial
Material parental	:	Material fino calcáreo
Pendiente	:	0-0,5% plano
Drenaje	:	Imperfecto
Erosión	:	-
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	21 de junio, 1988.
Clasificación taxonómica	:	Typic chromuderts
Ap 0-17 cm	:	Color pardo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; textura arcillosa; estructura disturbada; pocas raíces finas, abundante actividad biológica; reacción moderada al HCl; límite claro y plano.
Ah 17-33 cm	:	Color pardo grisáceo muy oscuro (2,5 YR 3/2) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia firme en húmedo; muchos poros finos; pocas raíces finas; buena actividad biológica; reacción moderada al HCl; límite gradual y plano.

Bs1
33-72 cm

: Color pardo grisáceo (2,5YR 4/2) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares gruesos y moderados; consistencia friable en húmedo; muchos poros finos; pocas raíces finas; actividad biológica regular; abundantes slickensides bien desarrollados; fuerte reacción al HCl; límite gradual y plano.

Bs2
72-85 cm

: Color pardo grisáceo (2,5 YR 4/3) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y débiles; fuerte reacción al HCl; límite gradual y plano.

C
85-160 cm (+)

: Fragmentos de roca caliza descompuesta.

www.bdigital.ula.ve

Tabla B-1. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Pedro Martín (PM)

Profundidad (cm)	0-17	17-33	33-72	72-85	85-160 (+)
Horizontes	Ap	Ah1	Bt1	Bt2	C
Arena (%)	16,96	14,96	12,96	6,96	8,96
Limo (%)	20,72	16,72	16,72	12,72	28,72
Arcilla (%)	62,32	68,32	70,32	80,32	62,32
Clase textural	A	A	A	A	A
Saturación de bases (%)	60	73	100	85	100
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	28,85	18,36	36,22	37,05	14,82
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	16,49	9,89	21,13	21,6	7,67
Ph 1:2	7,7	7,8	7,9	7,8	7,8
Cond. Eléctrica (dS/m)	4,500	4,000	7,400	14,000	6,400
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,23	1,20	1,20	1,10	1,22
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	42,00	37,80	39,20	33,80	27,20
Na ⁺ meq/100 gr	0,54	0,52	0,47	0,73	0,39
K ⁺ meq/100 gr	0,06	0,08	0,07	0,07	0,10
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
PSI (%)	20,00	21,00	30,00	70,00	32,00
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	28,00	26,00	34,00	85,00	41,00
Mg meq/L	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/L	11,40	11,90	32,85	48,87	19,47
K ⁺ meq/L	0,10	0,11	0,21	0,21	0,13
CO ₃ meq/L	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
HCO ₃ meq/L	1,00	1,00	2,00	0,40	0,60
Cl meq/L	39,00	37,00	68,00	110,00	53,00
SO ₄ meq/L	1,90	3,50	2,30	10,00	3,50
Materia Orgánica (%)	12,34	9,52	8,23	3,70	3,36
CaCO ₃ (%)	-	-	-	-	-

Serie El Arroyo (EA)

Vertic Argiudolls
Arcilloso fino, calcáreo, isohipertérmico

Los suelos de esta unidad aparecen en la porción moderadamente bien drenada a imperfecta, en las tierras bajas de los abanicos; son de relieve plano, con pendiente 0-0,5%, textura pesada; son suelos muy profundos.

Rango de características

Estos suelos presentan un horizonte superficial dividido en Ap y Ah, espesor entre 23-63 cm; color negro en húmedo; textura arcillosa, sin estructura; consistencia muy friable a firme en húmedo. El horizonte iluvial (Bt) presente se divide en Bt1 y Bt2, espesor 43-110cm; color negro-pardusco a pardo amarillento oscuro; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados a bloques angulares medios y débiles; consistencia muy friable a firme en húmedo. El horizonte C sobre el cual descansan los demás horizontes, se subdivide en C1 y C2, espesor 54-106 cm; color olivo-pardo, textura arcillosa; sin estructura.

Al punto de vista químico, estos suelos poseen Ph ligero a medianamente ácido; muy alta capacidad de intercambio catiónico; muy alto contenido de materia orgánica; calcáreo a muy calcáreo; salinidad baja a media.

Descripción del perfil típico de la serie El Arroyo (EA)

Calicata No.	:	C-3
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	preparación para siembra
Fisiografía	:	Pie de abanico aluvial
Material parental	:	Material medio fino calcáreo
Pendiente	:	0-0,5% plano
Drenaje	:	Moderadamente bien drenado
Erosión	:	-

Pedregosidad	:	-
Fecha	:	7 de junio, 1988.
Clasificación taxonómica	:	Vertic argiudolls
Ap 0-10 cm	:	Color negro (10 YR 2/1) en húmedo; textura arcillosa; sin estructura; consistencia muy friable en húmedo; muchos poros fino y medios; frecuentes raíces finas, buena actividad biológica; límite claro y plano.
Ah 10-45 cm	:	Color negro (10 YR 2/1) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia muy friable en húmedo; muchos poros medios; frecuentes raíces finas; buena actividad biológica; límite gradual y plano.
Bt1 45-64 cm	:	Color marrón oscuro (10YR 2/3) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia muy friable en húmedo; concreciones calcáreas de 2,3 mm; muchos poros medios finos; pocas raíces finas; buena actividad biológica; límite claro y plano.
Bt2 64-87 cm	:	Color pardo amarillento (10 YR 4/4) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia muy friable en húmedo; concreciones calcáreas de 2-4 mm; límite claro y plano.
C1 87-119 cm	:	Color oliva pardusco (2,5 Y 4/4) en húmedo; textura arcillosa; sin estructura; consistencia muy friable en húmedo.
C2 119- 157cm (+)	:	Color oliva pardusco (2,5 Y 4/6) en húmedo; textura arcillosa; sin estructura.

Tabla B-2. Análisis de laboratorio de los suelos del sector El Arroyo (EA)

Profundidad (cm)	0-45	45-64	64-87	87-119	119-157 (+)
Horizontes	Ah	Bt1	Bt2	C1	C2
Arena (%)	18,96	12,96	10,96	10,96	18,96
Limo (%)	18,72	18,72	26,72	34,72	36,72
Arcilla (%)	62,32	68,32	62,32	54,32	44,32
Clase textural	A	A	A	A	A
Saturación de bases (%)	68	74	70	72	78
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	27,88	21,54	27,61	27,36	23,94
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	15,88	11,89	15,72	15,56	13,40
Ph 1:2	7,9	7,8	7,9	7,8	8,0
Cond. Eléctrica (dS/m)	2,500	4,400	3,400	6,400	5,300
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,25	1,23	1,26	1,34	1,35
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	41,50	43,00	42,00	43,00	42,00
Na ⁺ meq/100 gr	0,60	0,27	0,32	0,34	0,47
K ⁺ meq/100 gr	0,06	0,08	0,06	0,06	0,04
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
PSI (%)	8,00	-	-	-	-
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	11,00	-	-	-	-
Mg meq/L	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/L	13,40	-	-	-	-
K ⁺ meq/L	0,14	-	-	-	-
CO ₃ meq/L	0,00	-	-	-	-
HCO ₃ meq/L	0,30	-	-	-	-
Cl meq/L	16,00	-	-	-	-
SO ₄ meq/L	9,40	-	-	-	-
Materia Orgánica (%)	20,99	12,34	12,34	10,76	9,82
CaCO ₃ (%)	21,20	13,00	24,60	25,20	30,40

Serie La Aviación (LA)

Vertic Hapludolls
Arcilloso muy fino, calcáreo, isohipertérmico

Los suelos de esta unidad se presentan hacia la parte moderadamente bien drenada de las tierras bajas de los abanicos; son de relieve plano, con pendiente 0-0,5%; son suelos profundos.

Rango de características

Estos suelos presentan un horizonte superficial dividido en Ap y Ah, espesor entre 23-67 cm; color negro a pardo muy oscuro en húmedo; textura arcillosa; estructura disturbada en el Ap y bloques subangulares finos moderados al Ah; consistencia friable a firme en húmedo. El horizonte Bs posee espesor entre 17-48 cm, color pardo grisáceo; textura arcillosa; estructura bloques subangulares medios y moderados a gruesos y débiles; consistencia friable a muy friable en húmedo. Estos estratos descansan sobre un horizonte C, espesor entre 68-70 cm, color pardo olivo claro; textura arcillosa; sin estructura; presenta concreciones calcáreas al igual que fragmentos calizos de 2-8 mm.

Al punto de vista químico, estos suelos poseen Ph de ligero a medianamente alcalino; alta capacidad de intercambio catiónico; alto contenido de materia orgánica, en los primeros tres horizontes y medio en el último; calcáreo a muy calcáreo; salinidad baja.

Descripción del perfil típico de la serie La Aviación (LA)

Calicata No.	:	C-1
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	preparación para siembra
Fisiografía	:	Pie de abanico aluvial
Material parental	:	Material medio fino calcáreo
Pendiente	:	0-0,5% plano
Drenaje	:	Moderado a bien drenado

Erosión	:	-
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	25 de mayo, 1988.
Clasificación taxonómica	:	Vertic Hapludolls
Ap 0-16 cm	:	Color negro (10 YR 2/2) en húmedo; textura arcillosa; sin estructura; consistencia firme en húmedo; muchos poros medios y gruesos; frecuentes raíces finas, abundantes pedotubules; fuerte reacción al HCl; límite claro y plano.
Ah 16-55 cm	:	Color negro (10 YR 2/1) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares finos y moderados; consistencia friable en húmedo; muchos poros finos; pocas raíces finas; fuerte reacción al HCl; límite gradual y plano.
Bs 55-72 cm	:	Color pardo grisáceo (10YR 4/3) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares gruesos y débiles; consistencia friable en húmedo; muchos poros finos; pocas raíces finas; fuerte reacción al HCl; límite claro y plano.
C 72-140 cm (+)	:	Color pardo claro (2,5 YR 5/4) en húmedo; textura arcillosa; sin estructura; fuerte reacción al HCl; concreciones calcáreas y fragmentos calizos.

Tabla B-3. Análisis de laboratorio de los suelos del sector La Aviación (LA)

Profundidad (cm)	0-16	16-55	55-72	72-140	
Horizontes	Ap	Ah1	Bs	C	
Arena (%)	16,96	14,96	14,96	16,96	
Limo (%)	24,72	20,72	24,72	30,72	
Arcilla (%)	58,32	64,32	6,32	52,32	
Clase textural	A	A	A	A	
Saturación de bases (%)	65	71	55	56	
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	32,45	26,08	70,85	19,88	
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	18,45	14,73	11,45	10,85	
Ph 1:2	7,8	7,7	7,9	8,0	
Cond. Eléctrica (dS/m)	2,200	2,300	2,900	3,800	
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,30	1,25	1,24	1,31	
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	34,00	40,00	38,00	37,00	
Na ⁺ meq/100 gr	0,47	0,47	0,49	0,21	
K ⁺ meq/100 gr	0,10	0,08	0,06	0,06	
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	
PSI (%)	-	-	-	-	
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-	-	
Meq meq/L	-	-	-	-	
Na ⁺ meq/L	-	-	-	-	
K ⁺ meq/L	-	-	-	-	
CO ₃ meq/L	-	-	-	-	
HCO ₃ meq/L	-	-	-	-	
Cl meq/L	-	-	-	-	
SO ₄ meq/L	-	-	-	-	
Materia Orgánica (%)	14,92	14,82	7,41	2,41	
CaCO ₃ (%)	11,00	6,00	11,00	30,00	

Serie Pedregal (Pe)

Entic Hapludolls
Arcilloso/fragmental, calcáreo, isohipertérmico

Los suelos de esta unidad están ubicados sobre una porción ligeramente convexa, con pendiente de 2-3%; son suelos bien drenados de textura arcillosa y moderadamente profundos.

Rango de características

Estos suelos presentan un horizonte superficial Ap ; espesor predominante de 20 cm; color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; textura arcillosa; sin estructura; consistencia friable en húmedo. Presenta además un horizonte AC, espesor de 1-17 cm, color pardo grisáceo muy oscuro en mojado y pardo grisáceo en húmedo; textura arcillosa, estructura en bloque subangulares que rompen a granular gruesa moderada; consistencia friable en húmedo. Subyace un horizonte C de espesor entre 43-66 cm, que corresponde a la roca caliza en descomposición, todos estos horizontes descansan sobre un CR compuesto de fragmentos calizos.

Químicamente estos suelos poseen Ph ligero a medianamente alcalino; alta capacidad de intercambio catiónico; muy alto el contenido de materia orgánica; salinidad baja.

Descripción del perfil típico de la serie Pedregal (Pe)

Calicata No.	:	C-2
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	preparación para siembra
Fisiografía	:	Pie de abanico aluvial
Material parental	:	Roca caliza
Pendiente	:	0-3% plano
Drenaje	:	Moderadamente bien drenado
Erosión	:	-

Pedregosidad : -

Fecha : 16 de junio, 1988.

Clasificación taxonómica : Entic Hapludolls

Ap : Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2);
0-20 cm : textura arcillosa; sin estructura; consistencia friable en húmedo; fragmentos calcáreos de 5-30 mm; muchos poros gruesos; abundantes frecuentes raíces medias y finas; buena actividad biológica; límite gradual y plano.

AC : Color pardo muy oscuro (10 YR 3/2) y
20-37 cm : pardo grisáceo (10 YR 5/2), en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares que rompen a granular gruesa moderada; fragmentos calcáreos de 5-20 mm; muchos poros gruesos; raíces comunes finas; actividad biológica regular; límite gradual y plano.

C : Roca caliza en descomposición.
37-75 cm

CR : Roca caliza poco alterada.
75 cm (+)

Tabla B-4. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Pedregal (Pe)

Profundidad (cm)	0-20	20-37		
Horizontes	Ap	AC		
Arena (%)	32,96	32,96		
Limo (%)	16,72	18,72		
Arcilla (%)	50,32	48,32		
Clase textural	A	A		
Saturación de bases (%)	55	70		
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	13,42	23,6		
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	6,79	13,38		
Ph 1:2	7,8	7,9		
Cond. Eléctrica (dS/m)	3,000	3,200		
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,35	1,38		
BASES INTERCAMBIABLES				
CIC meq/100 gr	39,40	30,40		
Na ⁺ meq/100 gr	0,23	0,29		
K ⁺ meq/100 gr	0,07	0,09		
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-		
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-		
PSI (%)	-	-		
SALES SOLUBLES				
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-		
Mg meq/L	-	-		
Na ⁺ meq/L	-	-		
K ⁺ meq/L	-	-		
CO ₃ meq/L	-	-		
HCO ₃ meq/L	-	-		
Cl meq/L	-	-		
SO ₄ meq/L	-	-		
Materia Orgánica (%)	6,17	4,63		
CaCO ₃ (%)	-	-		

Serie Aeropuerto (AE)

Udic Pellustert.
Arcilloso fino, montmorrillonita, isohipertérmica

Los suelos de esta unidad presentan alto contenido de arcilla, caras de fricción, fuerte agrietamiento, bajo croma y régimen de humedad del suelo ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran entre las elevaciones de 425 a 450 m. Son suelos imperfectamente drenados, con relieve plano – cóncavo y pendiente de 0-2%. Se han desarrollado a partir de sedimentos finos, con un contenido de carbonato de calcio variable de bajo a alto. Normalmente, estos suelos se usan para el cultivo de arroz. Son suelos profundos, de color oscuro, arcilloso, con alto contenido de arcilla expandible y reacción de moderadamente alcalina a alcalina.

Descripción del perfil típico de la serie Aeropuerto (AE)

Calicata No.	:	C-23
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Preparación para siembra
Fisiografía	:	Terrazas bajas
Material parental	:	Materiales finos calcáreo
Pendiente	:	0-2% plano - cóncavo
Drenaje	:	Imperfecto
Erosión	:	-
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	17 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Udic Pellustert

Ap
0-12 cm

: Color negro (10 YR 2/1) en húmedo; textura franco-arcillo-limosa; estructura disturbada; consistencia firme en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; escasas caras de fricción; poca cantidad de macroorganismos; abundantes raíces finas; reacción moderadamente alcalina; límite claro y ondulado.

Ah
12-40 cm

: Color negro (10 YR 2/1) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques angulares medios y moderados; consistencia firme en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; moderadas cantidad de caras de fricción; poca cantidad de macroorganismos; moderada cantidad de raíces finas; reacción moderadamente alcalina; límite gradual y plano.

AC
40-95 cm

: Color gris oscuro (10YR 4/1) en húmedo; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia firme en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; abundantes caras de fricción; escasas raíces finas; reacción alcalina; límite claro y plano.

Cca
95-150 cm

: Color gris (5 Y 5/1) en húmedo; textura franco-arcillo-limosa; estructura en bloques subangulares medios y fuertes; consistencia firme en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; caras de fricción comunes; alto contenido de CaCO₃, libre en la masa del suelo.

Tabla B-5. Análisis de laboratorio de los suelos del sector El Arroyo (EA)

Profundidad (cm)	0-12	12-40	40-95	95-150	
Horizontes	Ap	Ah	AC	C	
Arena (%)	1,4	1,6	3,8	11,2	
Limo (%)	60,4	46,5	46,7	56,2	
Arcilla (%)	38,2	51,9	49,5	32,6	
Clase textural	FAL	AL	AL	FAL	
Saturación de bases (%)					
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	63,31	64,24	46,65	29,33	
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	44,90	43,78	32,02	17,99	
Ph 1:2	7,4	7,7	8,2	8,4	
Cond. Eléctrica (dS/m)	2,400	3,850	3,920	5,130	
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,32	1,35	1,36	1,33	
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr					
Na ⁺ meq/100 gr	2,86	-	-	-	
K ⁺ meq/100 gr	1,53	-	-	-	
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	41,22	-	-	-	
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	17,66	-	-	-	
PSI (%)					
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	1,87	1,80	
Mg meq/L	-	-	2,63	3,04	
Na ⁺ meq/L	-	-	30,76	36,60	
K ⁺ meq/L	-	-	0,49	0,36	
CO ₃ meq/L	-	-	0,00	0,00	
HCO ₃ meq/L	-	-	4,00	4,00	
Cl meq/L	-	-	19,00	28,00	
SO ₄ meq/L	-	-	12,80	17,20	
Materia Orgánica (%)	4,8	2,2	1,2	0,3	
CaCO ₃ (%)	0,0	1,9	7,0	26,0	

Serie Arroyo Loro (AL)

Typic Haplustoll.
Limosa fina, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, endopedón cámbico; régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran entre las elevaciones de 400 a 430 m. Son suelos con relieve plano a ligeramente inclinado y pendiente de 0-3%; son bien drenados, fértiles, profundos a muy profundos, permitiendo la siembra de una amplia gama de cultivos. En estos suelos no hay problemas de erosión o ésta es muy ligera y solo en algunos lugares aparecen algunas piedras en el perfil.

Descripción del perfil típico de la serie Arroyo Loro (AL)

Calicata No.	:	C-24
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Pasto natural
Fisiografía	:	Terrazas medias
Material parental	:	Materiales finos calcáreo
Pendiente	:	0-3% plano - cóncavo
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	-
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	17 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Typic Haplustoll

Ah : Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2);
0-30 cm : textura franco-limosa; estructura en bloques subangulares, medios y fuertes; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; moderada cantidad de raíces finas; mediana cantidad de carbonato de calcio; reacción moderadamente alcalina; límite claro y plano.

Bsca : Color pardo amarillo claro (2,5 Y 6/4); textura franco limosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; pocas cantidad de raíces finas; muy alto contenido de carbonato de calcio; reacción moderadamente alcalina; límite gradual y plano.

C1ca : Color amarillo oliva (2,5 Y 6/6) en húmedo; textura franco limosa; estructura en bloques grandes y débiles; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; muy alto contenido de carbonato de calcio; reacción alcalina; límite gradual y plano.

C2ca : Color amarillo oliva (2,5 Y 6/6); textura franco-arenosa a franca; estructura; consistencia muy friable en húmedo y no adhesiva ni plástica en mojado; muy alto contenido de carbonato de calcio.

Tabla B-6. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Arroyo Loro (AL)

Profundidad (cm)	0-30	30-60	60-120	120-150 (+)
Horizontes	Ah	Bsca	C1ca	C2ca
Arena (%)	11,14	15,6	20,3	51,6
Limo (%)	70,4	62,5	53,1	35,3
Arcilla (%)	18,2	21,9	17,6	13,1
Clase textural	FL	FL	FL	Fa/F
Saturación de bases (%)				
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	36,26	31,96	25,25	20,39
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	25,55	19,50	16,24	10,53
Ph 1:2	7,4	7,5	7,4	7,8
Cond. Eléctrica (dS/m)	1,86	1,38	2,66	2,62
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,36	1,36	1,34	1,32
BASES INTERCAMBIABLES				
CIC meq/100 gr	-	-	-	-
Na ⁺ meq/100 gr	-	-	-	-
K ⁺ meq/100 gr	-	-	-	-
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-
PSI (%)	-	-	-	-
SALES SOLUBLES				
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-	-
Mg meq/L	-	-	-	-
Na ⁺ meq/L	-	-	-	-
K ⁺ meq/L	-	-	-	-
CO ₃ meq/L	-	-	-	-
HCO ₃ meq/L	-	-	-	-
Cl meq/L	-	-	-	-
SO ₄ meq/L	-	-	-	-
Materia Orgánica (%)	4,2	1,3	0,4	0,4
CaCO ₃ (%)	9,2	32,4	35,8	38,7

Serie Las Charcas (LCHa)

Typic Argiustoll.
Limosa fina, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, endopedón argílico; régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran entre las elevaciones de 430 a 450 m. Son suelos con relieve ligeramente inclinado a inclinado y pendiente de 1-3%; son bien drenados, desarrollados a partir de materiales finos calcáreos. Tienen muchas piedras, que limitan la preparación de la tierra con fines agrícolas, en algunas áreas; Si embargo otras áreas no presentan piedras; hay evidencia de erosión laminar ligera.

En el perfil representativo, encontramos un horizonte superficial de color oscuro, bien provisto de materia orgánica y un horizonte subsuperficial de acumulación de arcilla iluvial.

Descripción del perfil típico de la serie Las Charcas (LCHa)

Calicata No.	:	C-40
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Pasto natural
Fisiografía	:	Terrazas altas
Material parental	:	Materiales finos calcáreo
Pendiente	:	1-3%
Drenaje	:	bien drenado
Erosión	:	Ligera
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	10 de junio, 1984.

Clasificación taxonómica	:	Typic Argiustoll
Ah 0-32 cm	:	Color pardo oscuro (10 YR 3/3); textura franco-arcillo-limosa; estructura grumosa fina y moderada; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; abundantes lombrices y raíces finas; reacción moderadamente alcalina; límite gradual y plano.
Btca 32-56 cm	:	Color pardo amarillo oscuro (10 YR 4/4); textura franco-arcillo-limosa; estructura en bloques angulares medios y moderados; consistencia firme en húmedo, adhesiva y muy plástica en mojado; presencia de películas de arcilla en las caras de los pedrs; moderada cantidad de raíces finas; reacción moderadamente alcalina; límite gradual y plano.
Cca 56-125 cm (+)	:	Color pardo amarillo (10 YR 5/6) en húmedo; textura franco-limosa; estructura en bloques angulares finos y débiles; consistencia muy friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; abundantes concreciones de carbonato de calcio; pocas raíces finas; reacción alcalina.

Tabla B-7. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Las Charcas (LCHa)

Profundidad (cm)	0-32	32-56	56-125 (+)		
Horizontes	Ah	Btca	Cca		
Arena (%)	13,8	11,1	20,3		
Limo (%)	59,1	60,6	58,8		
Arcilla (%)	28,1	31,5	10,4		
Clase textural	FAL	FAL	FL		
Saturación de bases (%)	-	-	-		
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	38,42	34,92	29,78		
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	25,90	23,36	16,87		
Ph 1:2	7,4	7,4	7,6		
Cond. Eléctrica (dS/m)	2,640	1,140	2,151		
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,32	1,32	1,34		
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-	-		
Na ⁺ meq/100 gr	-	-	-		
K ⁺ meq/100 gr	-	-	-		
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-		
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-		
PSI (%)	-	-	-		
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-		
Mg meq/L	-	-	-		
Na ⁺ meq/L	-	-	-		
K ⁺ meq/L	-	-	-		
CO ₃ meq/L	-	-	-		
HCO ₃ meq/L	-	-	-		
Cl meq/L	-	-	-		
SO ₄ meq/L	-	-	-		
Materia Orgánica (%)	4,1	1,5	0,5		
CaCO ₃ (%)	2,8	9,8	41,7		

Serie Hato Viejo (HV)

Fluventic Haplustoll.
Franca fina, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, decrecimiento irregular del carbono orgánico; régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran entre las elevaciones de 425 a 450 m. Son suelos con relieve plano a ligeramente inclinado y pendiente de 3-7%; con evidencia de erosión en surcos y cárcavas ligeras. Son suelos que se han desarrollado a partir de diferentes depósitos finos con moderado contenido de carbonato de calcio, libre en la masa del suelo.

Son suelos profundos, de color oscuro, friables, moderadamente estructurados, aptos para un número de cultivos.

Descripción del perfil típico de la serie Hato Viejo (HV)

Calicata No.	:	C-3
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Pasto natural
Fisiografía	:	Terrazas altas
Material parental	:	Materiales finos calcáreo
Pendiente	:	0-3% plano - cóncavo
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	En surcos y cárcavas ligeras
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	10 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Fluventic Haplustoll

- Ah
0-26 cm : Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura franco-arcillo-arenosa; estructura en bloques angulares, medios y moderados; consistencia friable en húmedo, adhesiva y ligeramente plástica en mojado; moderada cantidad de macroorganismos; abundantes raíces; fuerte reacción al HCl; límite claro y ondulado.
- Cca
26-37 cm : Color pardo (10 YR 5/3); textura franco-arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia muy friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; abundantes raíces; fuerte reacción al HCl; límite claro y ondulado.
- Ahb1
37-87 cm : Color negro (10 YR 2/1) en húmedo; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares medios y fuertes; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; moderada cantidad de macroorganismos; abundantes raíces; fuerte reacción al HCl; límite gradual y ondulado.
- Ahb2
87-147 cm : Color negro (10 YR 2/1); textura franco-limosa; estructura en bloque subangulares, medios y fuertes; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; escasas raíces; fuerte reacción al HCl; límite claro y ondulado.
- C
147cm (+) : Cloro pardo amarillo (10 YR 5/4); textura franco limosa; estructura en bloques subangulares medios y fuertes; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; fuerte reacción al HCl.

Tabla B-8. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Hato Viejo (HV)

Profundidad (cm)	0-26	26-37	37-87	87-147	147 (+)
Horizontes	Ah	Cca	Ahb1	Ahb	C
Arena (%)	49,6	61,6	12,1	8,8	31,4
Limo (%)	25,0	30,1	70,3	74,4	53,1
Arcilla (%)	25,4	0,8	17,6	16,8	15,5
Clase textural	FAa	Fa	FL	FL	FL
Saturación de bases (%)	-	-	-	-	-
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	24,39	24,63	39,96	42,20	30,85
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	16,22	12,02	27,52	28,81	21,64
Ph 1:2	7,5	7,7	7,7	7,5	7,3
Cond. Eléctrica (dS/m)	2,330	2,150	4,120	4,300	1,250
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,35	1,35	1,34	1,34	1,33
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
K ⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
PSI (%)	-	-	-	-	-
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-	-	-
Mg meq/L	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
K ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
CO ₃ meq/L	-	-	-	-	-
HCO ₃ ⁻ meq/L	-	-	-	-	-
Cl meq/L	-	-	-	-	-
SO ₄ meq/L	-	-	-	-	-
Materia Orgánica (%)	1,4	0,8	2,4	2,2	0,6
CaCO ₃ (%)	2,8	4,8	1,9	0,2	0,4

Serie Las Matas (LM)

Typic Ustorthent.
Franca fina/fragmental, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón ócrico, con régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran entre las elevaciones de 450 a 460 m. Son suelos con drenaje bueno a algo excesivo, con relieve ligeramente ondulado y pendiente de 3-7%; están formados sobre materiales gruesos que tienen alto contenido de carbonato de calcio. La poca profundidad, la presencia de fragmentos gruesos en superficie y en el perfil, la baja retención de humedad, son los factores principales que limitan el uso de estos suelos. Presentan erosión laminar y ligeramente en surcos.

Descripción del perfil típico de la serie Las Matas (LM)

Calicata No.	:	XC-6
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Pasto natural
Fisiografía	:	Colinas pequeñas
Material parental	:	Materiales gruesos calcáreo
Pendiente	:	3-7%
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	Laminar y ligera en surcos
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	10 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Typic Ustorthent

Ah
0-16 cm

: Color pardo amarillento oscuro (10YR 3/4);
textura franca; estructura en bloques
subangulares, gruesos y moderados;
consistencia friable en húmedo, ligeramente
adhesiva y no plástica en mojado; presencia
de macroorganismos; abundantes raíces
finas; débil reacción al HCl; límite abrupto y
claro.

C
16 cm (+)

: Capa de gravas sueltas.

www.bdigital.ula.ve

Tabla B-9. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Las Matas (LM)

Profundidad (cm)	0-16	16 (+)			
Horizontes	Ah	C			
Arena (%)	46,7	-			
Limo (%)	34,8	-			
Arcilla (%)	20,3	-			
Clase textural	F	-			
Saturación de bases (%)	-	-			
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	36,26	-			
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	25,55	-			
Ph 1:2	6,9	-			
Cond. Eléctrica (dS/m)	1,870	-			
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,42	-			
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-			
Na ⁺ meq/100 gr	0,33	-			
K ⁺ meq/100 gr	0,68	-			
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	20,10	-			
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	6,43	-			
PSI (%)	-	-			
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-			
Mg meq/L	-	-			
Na ⁺ meq/L	-	-			
K ⁺ meq/L	-	-			
CO ₃ meq/L	-	-			
HCO ₃ meq/L	-	-			
Cl meq/L	-	-			
SO ₄ meq/L	-	-			
Materia Orgánica (%)	1,9	-			
CaCO ₃ (%)	0,1	-			

Serie Punta Caña (PC)

Cumullic Haplustoll.
Franca gruesa, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, sobre horizonte C; con régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran entre las elevaciones de 400 a 410 m. Son suelos con drenaje bueno a algo excesivo, relieve plano a ligeramente inclinado y pendiente de 0-3%; moderadamente profundos y con ligero contenido de piedras en superficies que limitan la labranza; además, presentan erosión laminar ligera. Estos suelos se han desarrollado a partir de sedimentos aluviales. Estos suelos son sometidos a inundaciones ocasionales.

Descripción del perfil típico de la serie Punta Caña (PC)

Calicata No.	:	A-42
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Pasto natural
Fisiografía	:	Terrazas bajas
Material parental	:	Sedimentos aluviales
Pendiente	:	0-3%
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	Laminar ligera
Pedregosidad	:	Ligera
Fecha	:	15 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Cumullic Haplustoll

- Ap
0-21 cm : Color pardo oscuro (10 YR 3/3); textura franca; estructura disturbada; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y ligeramente plástica en mojado; presencia de macroorganismos; frecuentes raíces finas y medias; reacción débilmente ácida; límite claro y plano.
- Ahb1
21-41 cm : Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura franca; estructura en bloques angulares medios y moderados; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; presencia de macroorganismos, pocas raíces finas; reacción muy débilmente ácida; límite claro y plano.
- Ahb2
41-61 cm : Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares finos y débiles; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; presencia de macroorganismos; pocas raíces; reacción muy débilmente ácida; límite abrupto y plano.
- C
61-75 cm : Color pardo amarillo oscuro (10 YR 4/4); textura franco arenosa; estructura en bloque subangulares, finos y débiles; consistencia muy friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; pocas raíces; reacción muy débilmente ácida; límite abrupto y plano.
- R
75 cm (+) : Capa continua de piedras y gravas.

Tabla B-10. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Punta Caña (PC)

Profundidad (cm)	0-21	21-41	41-61	61-75	75 (+)
Horizontes	Ap	Ahb1	Ahb2	C	R
Arena (%)	33,2	38,0	65,0	67,4	-
Limo (%)	47,7	46,5	23,8	24,8	-
Arcilla (%)	18,7	15,5	11,2	7,8	-
Clase textural	F	F	Fa	Fa	-
Saturación de bases (%)	-	-	-	-	-
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	29,46	28,51	17,48	16,35	-
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	16,47	15,65	11,03	10,33	-
Ph 1:2	6,9	6,9	6,9	6,8	-
Cond. Eléctrica (dS/m)	1,000	2,000	2,110	2,210	-
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,40	1,40	1,35	1,36	-
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/100 gr	0,33	0,33	0,31	0,29	-
K ⁺ meq/100 gr	0,24	0,28	0,21	0,18	-
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	21,00	19,00	15,20	14,80	-
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	6,52	6,30	4,72	5,11	-
PSI (%)	-	-	-	-	-
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-	-	-
Mg meq/L	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
K ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
CO ₃ meq/L	-	-	-	-	-
HCO ₃ meq/L	-	-	-	-	-
Cl meq/L	-	-	-	-	-
SO ₄ meq/L	-	-	-	-	-
Materia Orgánica (%)	2,00	2,10	1,60	0,60	-
CaCO ₃ (%)	-	-	-	-	-

Serie La Javilla (LJ)

Fluventic Haplustoll.
Limosa fina, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, endopedón cámbico; con régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran en los 400 m.s.n.m. Son suelos bien drenados con relieve plano a ligeramente inclinado y pendiente de 1-3%; son profundos y moderadamente profundos, en pequeñas áreas, los cuales están interferidas por la presencia de capas de piedra y grava a 80 cm. de la superficie. Estos suelos son sometidos a inundaciones ocasionales.

Descripción del perfil típico de la La Javilla (LJ)

Calicata No.	:	A-16
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Pasto natural
Fisiografía	:	Terrazas bajas
Material parental	:	Materiales gruesos
Pendiente	:	1-3%
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	-
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	1 de julio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Fluventic Haplustoll

Ap : Color gris muy oscuro (10YR 3/1); textura franco-limosa; estructura disturbada; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; presencia de macroorganismos; abundantes raíces finas y medias; reacción débilmente alcalina; límite claro y plano.

Ah : Color gris muy oscuro (10 YR 5/3); textura franco-limosa; estructura en bloques angulares fuertes y gruesos; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; presencia de macroorganismos; frecuentes raíces finas y medias; reacción débilmente alcalina; límite gradual y plano.

Bs : Color pardo amarillo oscuro (10 YR 3/4); textura franco-limosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; presencia de macroorganismos; pocas raíces medias; reacción de débil a moderadamente alcalina; límite claro y plano.

C : Color pardo-oliva (2,5 Y 4/4); textura franco-limosa; sin estructura (masiva); consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; reacción moderadamente alcalina; límite abrupto y plano.

Ahb : Color gris muy oscuro (10 YR 3/1); textura franco-limosa; estructura en bloques angulares medios y fuertes; consistencia friable en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; reacción moderadamente alcalina.

Tabla B-11. Análisis de laboratorio de los suelos del sector La Javilla (LJ)

Profundidad (cm)	0-12	12-32	32-62	62-105	105-115 (+)
Horizontes	Ap	Ah	Bs	C	Ahb
Arena (%)	14,3	10,9	15,3	13,2	3,1
Limo (%)	63,5	64,2	61,4	68,1	68,0
Arcilla (%)	22,2	24,9	23,3	18,7	28,9
Clase textural	FL	FL	FL	FL	FL
Saturación de bases (%)	-	-	-	-	-
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	32,62	33,63	29,32	31,16	39,59
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	24,77	23,63	19,32	18,08	27,94
Ph 1:2	7,3	7,3	7,5	7,6	7,7
Cond. Eléctrica (dS/m)	0,530	1,650	2,380	2,320	2,270
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,40	1,42	1,42	1,41	1,40
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
K ⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-	-	-	-
PSI (%)	-	-	-	-	-
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-	-	-
Mg meq/L	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
K ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
CO ₃ meq/L	-	-	-	-	-
HCO ₃ meq/L	-	-	-	-	-
Cl meq/L	-	-	-	-	-
SO ₄ meq/L	-	-	-	-	-
Materia Orgánica (%)	3,2	2,6	1,0	0,9	2,3
CaCO ₃ (%)	37,6	35,4	39,2	41,3	18,6

Serie Yábano (YA)

Typic Argiustoll.
Limosa fina, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, endopedón argílico, régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran entre las elevaciones de 400 a 460 m. Son suelos bien drenados, moderadamente profundos a profundos, con relieve plano y ligeramente inclinado y pendientes de 1-3%. Estos suelos se han desarrollado sobre sedimentos calcáreos medios y finos. Presentan erosión laminar ligera y alto contenido de carbonato de calcio, en forma de concreciones, en el subsuelo.

Descripción del perfil típico de la serie Yábano (YA)

Calicata No.	:	XC-9
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Preparado para siembra
Fisiografía	:	Terrazas altas y bajas
Material parental	:	Sedimentos calcáreos finos y medios
Pendiente	:	1-3%
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	Láminar ligeras
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	10 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Typic Argiustoll

- Ah
0-23 cm : Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura franco-arcillo-limosa; estructura en bloques angulares, medios y moderados; consistencia firme en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; abundantes raíces finas; reacción muy débilmente alcalina; límite gradual y plano.
- Bt
23-50 cm : Color pardo amarillo (10 YR 5/6); textura arcillo-limosa; estructura en bloques subangulares medios y fuertes; consistencia firme en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; presencia de argilanes en las caras de los pedos; pocas raíces finas; escasas concreciones de carbonato de calcio; reacción débilmente alcalina; límite claro y plano.
- C1ca
50-64 cm : Color pardo oscuro (7,5 YR 3/4); textura franco-arcillo-limosa; estructura en bloques angulares medios y fuertes; consistencia firme en húmedo, adhesiva y plástica en mojado; algunos argilanes en las caras de los pedos, pocas raíces finas, moderada cantidad de carbonato de calcio, en concreciones y en la masa del suelo; reacción moderadamente alcalina; límite claro y plano.
- C2ca
64-125 cm (+) : Color pardo muy oscuro (10 YR 8/4); textura franco-limosa; estructura en bloque subangulares, finos y débiles; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; abundante carbonato de calcio en concreciones y en la masa del suelo; reacción moderadamente alcalina.

Tabla B-12. Análisis de laboratorio de los suelos del sector Yábano (YA)

Profundidad (cm)	0-10	10-27	27-90	90-107	107-155 (+)
Horizontes	Ap	Ah	Bt	C1ca	C2ca
Arena (%)	36,1	36,8	32,7	28,1	57,4
Limo (%)	51,6	38,9	33,9	48,6	38,4
Arcilla (%)	23,8	24,3	33,4	23,3	4,3
Clase textural	F	F	FA	F	Fa
Saturación de bases (%)	-	-	-	-	-
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	36,48	28,01	31,23	29,43	18,24
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	22,43	15,68	21,27	19,50	9,72
Ph 1:2	6,6	6,8	6,8	7,9	7,8
Cond. Eléctrica (dS/m)	2,120	1,110	1,220	2,220	2,310
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,43	1,44	1,45	1,43	1,41
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/100 gr	0,26	0,26	0,30	-	-
K ⁺ meq/100 gr	0,35	0,32	0,34	-	-
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	15,90	15,50	16,70	-	-
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	3,65	4,57	10,15	-	-
PSI (%)	-	-	-	-	-
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-	-	-
Mg meq/L	-	-	-	-	-
Na ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
K ⁺ meq/L	-	-	-	-	-
CO ₃ meq/L	-	-	-	-	-
HCO ₃ meq/L	-	-	-	-	-
Cl meq/L	-	-	-	-	-
SO ₄ meq/L	-	-	-	-	-
Materia Orgánica (%)	2,1	1,9	0,5	0,1	0,1
CaCO ₃ (%)	0,00	0,00	0,00	36,50	13,80

Serie La Peña (LP)

Typic Haplustoll.
limosa fina, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, endopedón cámbico; régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran en elevaciones de 400 a 460 m. Son suelos bien drenados, moderadamente profundos a profundos, con alto contenido de carbonato de calcio en el horizonte C; presentan relieve plano a suavemente inclinado, con pendiente de 1-3%.

Descripción del perfil típico de la serie La Peña (LP)

Calicata No.	:	A-44
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Preparado para siembra
Fisiografía	:	Terrazas altas y bajas
Material parental	:	Material calcáreo
Pendiente	:	1-3%
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	-
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	12 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Typic Haplustoll

- Ah
0-23 cm : Color negro (10YR 2/1); textura franco-arcillo-
limosa; estructura en bloques angulares,
gruesos y moderados y moderados;
consistencia firme en húmedo, adhesiva y
plástica en mojado; presencia de
macroorganismos; abundantes raíces finas;
reacción muy débilmente ácida; límite claro y
plano.
- Bs1
23-46 cm : Color pardo amarillo (10 YR 3/4); textura
arcillo-limosa; estructura en bloques
angulares medios y moderados; consistencia
firme en húmedo, adhesiva y plástica en
mojado; reacción muy débilmente alcalina;
límite claro y plano.
- Bs2
46-64 cm : Color pardo amarillo oscuro (10 YR 3/3);
textura franco-arcillo-limosa; estructura en
bloques angulares finos, medios y
moderados; consistencia friable en húmedo,
ligeramente adhesiva y plástica en mojado;
reacción débilmente alcalina; límite claro y
plano.
- C
64-110 cm (+) : Color pardo amarillo (10 YR 2/1); textura
franco-limosa a franco arcillosa; estructura en
bloque subangulares, medios y moderados;
consistencia friable en húmedo, adhesiva y
ligeramente plástica en mojado; reacción
moderadamente alcalina.

Tabla B-13. Análisis de laboratorio de los suelos del sector La Peña (LP)

Profundidad (cm)	0-23	23-46	46-64	64-110	
Horizontes	Ap	Bs1	Bs2	C	
Arena (%)	11,1	16,3	15,7	26,9	
Limo (%)	70,1	68,8	55,7	46,1	
Arcilla (%)	35,1	33,2	28,0	27,0	
Clase textural	FAL	FAL	FAL	FA / F	
Saturación de bases (%)	-	-	-	-	
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	33,68	32,28	29,31	26,78	
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	22,09	22,36	19,56	1,05	
Ph 1:2	6,8	7,0	7,4	8,1	
Cond. Eléctrica (dS/m)	1,330	1,210	2,210	4,230	
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,43	1,42	1,43	1,44	
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-	-	-	
Na ⁺ meq/100 gr	0,43	0,47	0,42	-	
K ⁺ meq/100 gr	0,95	0,56	0,46	-	
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	24,0	22,0	22,0	-	
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	7,47	6,82	3,67	-	
PSI (%)	-	-	-	-	
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-	-	-	
Mg meq/L	-	-	-	-	
Na ⁺ meq/L	-	-	-	-	
K ⁺ meq/L	-	-	-	-	
CO ₃ meq/L	-	-	-	-	
HCO ₃ meq/L	-	-	-	-	
Cl meq/L	-	-	-	-	
SO ₄ meq/L	-	-	-	-	
Materia Orgánica (%)	3,1	0,9	0,7	0,3	
CaCO ₃ (%)	-	-	-	17,2	

Serie San Juan (SJ)

Fluventic Haplustoll.
Franca gruesa, mixta, isohipertérmica.

Los suelos de esta unidad presentan epipedón mólico, decrecimiento irregular del carbono orgánico; régimen de humedad ústico.

Rango de características

Estos suelos se encuentran en elevaciones aproximadas de 400 m. Son suelos profundos y bien drenados, presentan relieve plano, con pendiente de 0-3%. Se han formado a partir de sedimentos medios, con bajo contenido de carbonato de calcio; presentan erosión laminar ligera; no presentan limitaciones importantes para su uso, por lo tanto pueden ser utilizados para la producción de una amplia gama de cultivos en forma intensiva.

Descripción del perfil típico de la serie San Juan (SJ)

Calicata No.	:	B-32
Localización	:	Magueyal
Vegetación y/o cultivos	:	Preparado para siembra
Fisiografía	:	Terrazas bajas
Material parental	:	Sedimentos medios
Pendiente	:	0-3%
Drenaje	:	Bien drenado
Erosión	:	-
Pedregosidad	:	-
Fecha	:	14 de junio, 1984.
Clasificación taxonómica	:	Fluventic Haplustoll

- Ap : Color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); textura franco-limosa; estructura en bloques subangulares grandes y débiles; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; presencia de macroorganismos; moderadas raíces finas; reacción débilmente alcalina; límite claro y plano.
- Ah : Color gris muy oscuro (10 YR 3/1); textura franco-limosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; presencia de macroorganismos; raíces escasas y finas; reacción débilmente alcalina; límite abrupto y ondulado.
- 2C1 : Color pardo oscuro (10 YR 3/3); textura franco-arenosa; sin estructura, grano simple; consistencia en húmedo muy friable, ligeramente plástica y no adhesiva; raíces escasas y finas; reacción débilmente alcalina; límite abrupto y ondulado.
- Ahb1 : Color grisáceo oscuro (10 YR 3/2); textura franco arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia friable en húmedo, no adhesiva y no plástica en mojado; raíces escasas y finas; reacción débilmente alcalina; límite abrupto y ondulado.
- 2C2 : Color rojo (2,5 YR 3/2); textura franco-arenosa; sin estructura (grano simple); consistencia en húmedo muy friable, en mojado no plástica y no adhesiva; raíces escasas, gruesas y medias; reacción débilmente alcalina; límite abrupto y ondulado.

Ahb2
105-117 cm

: Color pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2); textura franca; estructura en bloques subangulares, medios y moderados; consistencia friable en húmedo, no adhesiva y no plástica en mojado; raíces escasas y finas; reacción débilmente alcalina; límite abrupto y ondulado.

2C3
117-131 cm

: Color pardo grisáceo oscuro (2,5 YR 4/2); textura franco-arenosa; sin estructura (grano simple); consistencia en húmedo friable, en mojado no plástica y no adhesiva; raíces finas y escasas; reacción alcalina; límite abrupto y ondulado.

Ahb3
131-160 cm (+)

: Color pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2); textura franco-limosa; estructura en bloques subangulares, medios y moderados; consistencia friable en húmedo, ligeramente adhesiva y plástica en mojado; raíces escasas y finas; reacción alcalina.

www.bdigital.ula.ve

Tabla B-14. Análisis de laboratorio de los suelos del sector San Juan (SJ)

Profundidad (cm)	0-13	13-45			
Horizontes	Ap	Ah			
Arena (%)	23,8	31,5			
Limo (%)	67,1	61,3			
Arcilla (%)	9,1	7,2			
Clase textural	FL	FL			
Saturación de bases (%)	-	-			
Humedad a 0,3 atm. (%) (vol)	33,95	30,34			
Humedad a 15 atm. (%) (vol)	21,66	1,15			
Ph 1:2	7,5	7,5			
Cond. Eléctrica (dS/m)	3,790	5,190			
Densidad aparente (gr/cm ³)	1,43	1,43			
BASES INTERCAMBIABLES					
CIC meq/100 gr	-	-			
Na ⁺ meq/100 gr	-	-			
K ⁺ meq/100 gr	-	-			
Ca ⁺⁺ meq/100 gr	-	-			
Mg ⁺⁺ meq/100 gr	-	-			
PSI (%)	-	-			
SALES SOLUBLES					
Ca ⁺⁺ meq/L	-	-			
Mg meq/L	-	-			
Na ⁺ meq/L	-	-			
K ⁺ meq/L	-	-			
CO ₃ meq/L	-	-			
HCO ₃ meq/L	-	-			
Cl meq/L	-	-			
SO ₄ meq/L	-	-			
Materia Orgánica (%)	2,90	2,50			
CaCO ₃ (%)	1,80	0,50			

APENDICE C

MAPA DE SECTORES DE RIEGO

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve