

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523
BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

0068

1. SUBJECT CLASSIFICATION	A. PRIMARY Agriculture	AP10-0000-G320
	B. SECONDARY Water resources and management--Dominican Republic	

2. TITLE AND SUBTITLE
Requerimientos hidricos de la region sudoriental de la Republica Dominicana

3. AUTHOR(S)
Hargreaves, G.H.; Alfaro, J.F.

4. DOCUMENT DATE 1973	5. NUMBER OF PAGES 27p.	6. ARC NUMBER ARC DR333.913.H279
--------------------------	----------------------------	-------------------------------------

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS
Utah State

8. SUPPLEMENTARY NOTES (*Sponsoring Organization, Publishers, Availability*)
(Presented at Symposium sobre Suelos de Sabana en el Tropico, Santo Domingo)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER PN-RAA-017	11. PRICE OF DOCUMENT
----------------------------------	-----------------------

12. DESCRIPTORS Dominican Republic Irrigation Water supply	13. PROJECT NUMBER
	14. CONTRACT NUMBER CSD-2167 Res.
	15. TYPE OF DOCUMENT

2,67

REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE LA REGION

Hydrological Requirements

SUDORIENTAL DE LA REPUBLICA DOMINICANA

*for the Southeast Region
of the Dominican Republic*

por

George Hargreaves y J.F. Alfaro

PROFESORES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA E IRRIGACION

DE UTAH STATE UNIVERSITY

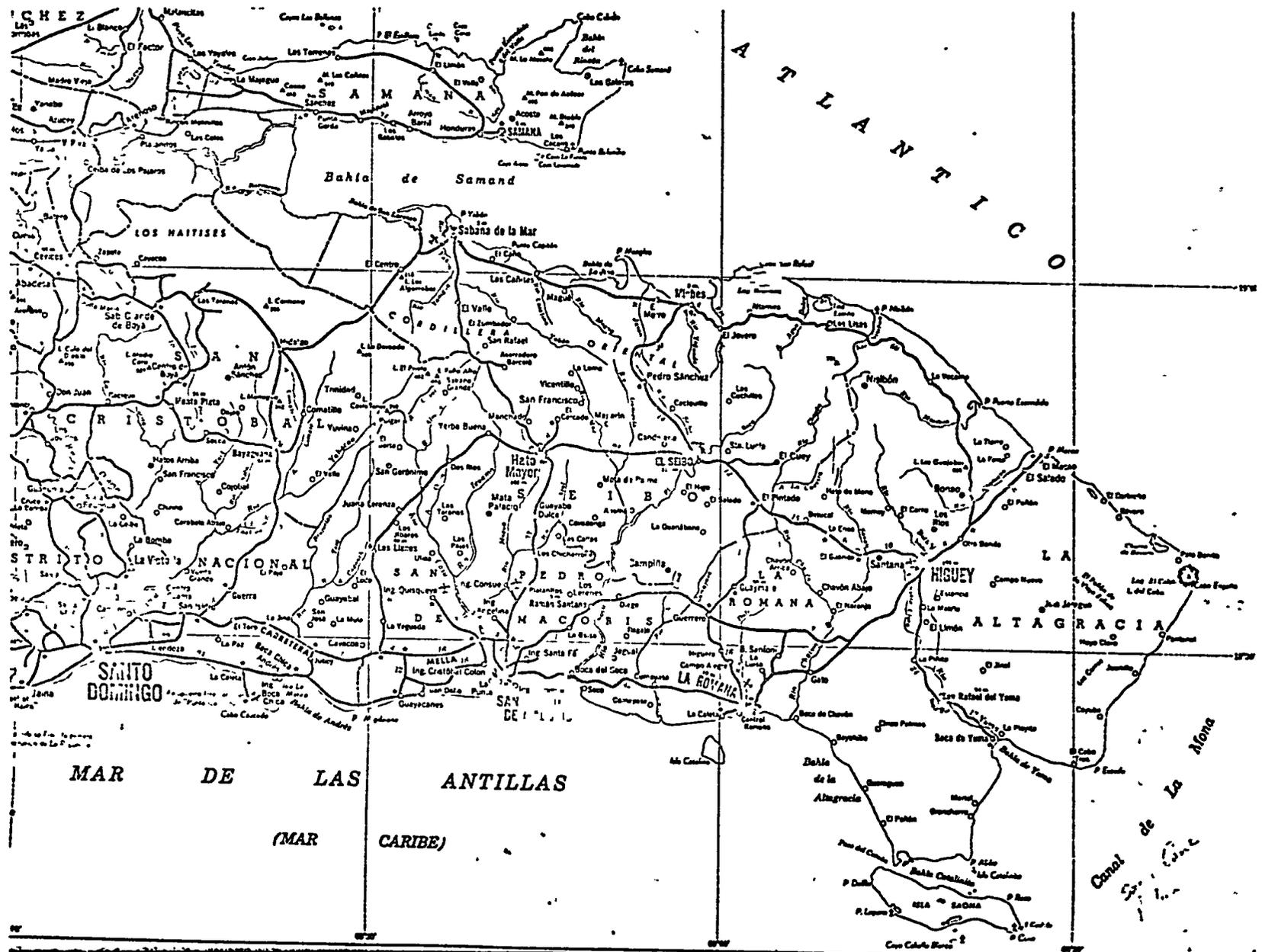
LOGAN, UTAH

TRABAJO PRESENTADO EN EL SIMPOSIUM

SOBRE SUELOS DE SABANA EN EL TROPICO

SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

22-26 de Enero de 1973



INTRODUCCION

La región Sudoriental de la República Dominicana comprende aproximadamente las dos terceras partes del territorio nacional. Esta región ofrece un potencial agrícola que merece consideración y estudio. La evaluación efectiva del potencial agrícola requiere un cuidadoso estudio en el cual se deben considerar los recursos clima, suelos y aguas. La evaluación del clima desde el punto de vista agrícola indicará los cultivos más apropiados y el requerimiento potencial de agua. El presente trabajo incluye la evaluación del clima en cuanto a las necesidades de riego.

La precipitación en gran parte de esta región es tal que una agricultura intensiva requiere sin lugar a dudas la aplicación de aguas utilizando técnicas de riego que incluyan además de un adecuado diseño de los sistemas, un adecuado plan de manejo del agua. La explotación de las aguas subterráneas deberá ser considerada en gran parte de la región. En las zonas de Bayaguana y Hato Mayor las lluvias parecen ser suficientes para una adecuada recarga de los acuíferos subterráneos.

El presente estudio ha sido preparado sin contar con una información detallada sobre las características y relaciones de los suelos y de los cultivos propios de la región. A medida que esta información mejora, los análisis referentes a las necesidades de riego pueden ser refinados e incluidos en el plan de manejo del recurso agua. La metodología aquí presentada es sin embargo adecuada para un análisis detallado y completo y puede muy bien ser utilizada en estudios futuros.

EL CLIMA

La proximidad del océano afecta el clima de la región, manteniendo

temperaturas uniformes con valores máximos y mínimos mensuales que oscilan entre dos grados del valor promedio mensual que es de veinte y seis a veinte y siete grados centígrados. La humedad relativa promedio es también estable con valores mensuales que oscilan entre ochenta a ochenta y cinco por ciento.

Las lluvias varían desde aproximadamente 950 a 1,800 milímetros al año; variación esta que depende de la localidad, con un promedio general para el área considerada de 1,300 milímetros anuales. Si se pudiese contar con toda esta lluvia y si la distribución de la misma fuese tal que coincidiéramos con los requerimientos de agua de los cultivos, habría muy poca necesidad de un riego suplemental. Sin embargo, en esta zona Sudoriental de la República Dominicana la precipitación es deficiente durante cinco a nueve meses del año según la localidad.

DEFINICION DE TERMINOS

Los términos aquí usados para describir las relaciones entre el agua y la planta han sido adaptados principalmente de la terminología desarrollada por Christiansen y Hargreaves, los cuales han sido presentados por Hargreaves (3).

Evapotranspiración Actual. ETA, es el agua transpirada por los cultivos y aquella evaporada del suelo y de las partes húmedas de las plantas. La evapotranspiración actual varía de acuerdo al clima, cultivo, disponibilidad de agua en el suelo, frecuencia y métodos de riego. Los factores de cultivo que afectan la evapotranspiración actual incluyen el porcentaje de cubierta vegetal, altura de planta, superficie foliar,

albedo y otras características del cultivo. En general, la evapotranspiración actual es limitada además de la disponibilidad de agua en el suelo en la zona vadicular del cultivo, por prácticas agrícolas que tiendan a disminuir la evaporación.

Evapotranspiración Potencial. ETP, es la cantidad de agua usada por un cultivo de crecimiento activo de poca altura que se encuentra cubriendo completamente la superficie del terreno y con continuo suministro de agua. La evapotranspiración potencial depende del clima y puede ser estimada de los parámetros climáticos de los cuales los más importantes son la radiación extraterrestre, temperatura, humedad relativa y duración del día. La energía disponible para la evapotranspiración depende de la radiación directa que llega a la superficie y de la energía que es transportada en la masa de aire. Aparte de la energía disponible, la evapotranspiración potencial es afectada por las condiciones que puedan afectar la difusión del vapor de agua. Los factores climáticos no son independientes sino que están interrelacionados de una manera compleja.

Precipitación Confiable. PD, es la precipitación que tiene una probabilidad específica de ocurrencia basada en análisis de datos tomados por un largo tiempo. En los estudios de irrigación se utiliza el 75% de probabilidad o la precipitación que puede ocurrir en tres años si se considera un período de cuatro años. Para ciertos cultivos o condiciones especiales se puede utilizar otro nivel de probabilidad, por ejemplo, bananas es un cultivo muy sensible a la falta de agua y en este caso un nivel de probabilidad mayor sería conveniente.

En este estudio se utilizó la precipitación confiable al nivel de

75% de probabilidad. La relación entre la precipitación confiable y la precipitación media mensual está dada por la siguiente relación empírica:

$$PD = -10 + 0.70 PM \quad [1]$$

en donde PM es la precipitación media mensual en milímetros.

La ecuación 1, es la mejor relación que representa la precipitación del Este de los EEUU, Ecuador, Colombia, Nicaragua y parte de Venezuela. Índice de Disponibilidad de Agua. MAI, es un índice que indica si la precipitación es adecuada para suministrar el requerimiento de agua de los cultivos agrícolas. Matemáticamente está dado por la relación entre la precipitación confiable y la evapotranspiración potencial calculada de acuerdo a la siguiente relación.

$$MAI = PD/ETP \quad [2]$$

Hargreaves (3) propuso la clarificación de las deficiencias de precipitación de la siguiente manera:

<u>MAI</u>	<u>Deficiencia</u>
0 - .33	Alta
.34 - .67	Moderada
.68 - 1.00	Baja
1.01 - 1.33	Ninguna
más de 1.34	Exceso de Agua

Déficit de Agua. ETDF, es la cantidad de agua no suministrada por la precipitación confiable para satisfacer la evapotranspiración potencial.

$$ETDF = ETP - PD \quad [3]$$

El déficit de agua puede también ser estimada de los parámetros

climáticos. Es un índice de requerimiento de riego pero debe ser considerado conjuntamente con otros factores tales como precipitación efectiva y capacidad de retención de agua del suelo.

Precipitación Efectiva. PEF, es la cantidad de lluvia que penetra al suelo y es retenida en la zona radicular para posterior aprovechamiento por el cultivo. La precipitación efectiva depende de la intensidad de lluvia, capacidad de infiltración de agua del suelo, tipo de cobertura vegetal y profundidad radicular del cultivo. Bajo ciertas circunstancias casi toda la precipitación puede considerarse como precipitación efectiva; bajo otras, gran parte de la lluvia se pierde por escorrentía o percolación profunda por debajo de la zona radicular. El manejo de los cultivos de los campos adyacentes producen variaciones considerables en la efectividad de la precipitación.

La Capacidad de Retención de Agua Aprovechable del Suelo. Es la cantidad de agua almacenada en el suelo entre el límite máximo de retención en un suelo bien drenado, y el límite mínimo por debajo del cual las plantas no pueden sobrevivir. Estos límites pueden estimarse por métodos convencionales de laboratorio o directamente en el campo determinado gravimétricamente el contenido de agua unos dos o tres días después del riego y cuando las plantas muestran síntomas de marchitez permanente,

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

Existen una variedad de métodos para estimar los requerimientos de agua por los cultivos. En la práctica, la exactitud y aplicación de estos métodos depende de la similitud de las condiciones climáticas del lugar con las condiciones bajo las cuales se desarrolló la meto-

dología. Pocos son los métodos que pueden usarse efectivamente en lugares en donde existe un gran rango de diferencias de presión de vapor, las cuales son afectadas principalmente por las diferencias en humedad relativa. El "Bureau of Reclamation" de los Estados Unidos recomienda el uso del método modificado de Jensen y Haire. Este método utiliza las variables climáticas primarias de radiación solar y temperatura, con ajustes para humedad relativa y elevación del lugar (2).

Los métodos de Blaney-Criddle y de Thornthwaite son ampliamente usados en muchos lugares. Ambos se basan en las temperaturas medias mensuales y horas de luz. Modificaciones de estos métodos en zonas de baja humedad relativa o bajo condiciones de humedad bien uniformes han dado buenos resultados. Sin embargo estos métodos no deben ser usados bajo condiciones de humedad relativa variable o por encima del sesenta y cinco por ciento (promedios de 24 horas).

En Pasaje, Ecuador se hizo un estudio comparativo de varios métodos, usando la evaporación medida de un tanque de evaporación clase A instalado en una estación meteorológica de primer orden. En este lugar existe muy poca radiación de convección de manera que la evaporación es un buen índice de la evapotranspiración potencial. El promedio mensual de períodos de 24 horas de humedad relativa varía entre el ochenta y uno al ochenta y ocho por ciento. El resultado de este estudio realizado por Hasan y Jone (4) se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1. Valores Mensuales Medidos y Computados de Evaporación y Evapotranspiración en Pulgadas, Basado en los Datos de 1965-1970 en Pasaje, Ecuador.

Mes	E_p	E_{po}	E_{ps}	E_{pc}	E_o	U	E_t
Enero	4.33	4.23	2.77	3.65	3.85	6.72	5.09
Febrero	4.30	4.17	2.67	3.47	3.62	6.07	4.33
Marzo	5.21	4.60	3.09	4.24	4.47	6.71	5.33
Abril	5.13	4.70	3.17	4.23	4.20	6.44	4.98
Mayo	4.26	3.76	2.62	3.56	3.60	6.44	5.12
Junio	3.18	2.94	1.93	2.64	2.87	5.97	4.46
Julio	2.70	2.49	1.67	2.23	2.70	6.03	4.48
Agosto	2.76	2.57	1.73	2.24	2.88	5.90	4.47
Septiembre	2.69	2.40	1.67	2.00	2.81	5.90	4.14
Octubre	2.35	2.37	1.58	1.88	2.77	6.18	4.40
Noviembre	2.86	2.91	1.89	2.11	2.88	6.09	4.16
Diciembre	3.85	4.17	2.49	2.91	3.41	6.48	4.61
TOTAL	43.62	41.31	27.28	35.16	40.06	74.93	55.57

En la Tabla 1, los símbolos utilizados son:

E_p = Evaporación de Tanque clase A

E_{po} = Evaporímetro de Piche al aire libre

E_{ps} = Evaporímetro de Piche protegido

E_{pc} = Método de Hargreaves (Evaporación)

E_o = Método de Penman (Evaporación)

U = Método de Blaney-Criddle (Evapotranspiración de bananas)

E_t = Método de Thornthwaite (Evapotranspiración potencial)

Las ecuaciones de regresión de los métodos estudiados con respecto a la evaporación medida por medio del tanque evaporímetro clase A, se presentan a continuación:

Método	Ecuación	Coefficiente de Correlación
Piche (aire libre)	$E_{po} = -8.021 + 1.131 E_p$	0.820
Piche (protejido)	$E_{ps} = -1.498 + 0.663 E_p$	0.840
Hargreaves	$E_{pc} = 11.229 + 0.549 E_p$	0.766
Penman	$E_o = 27.894 + 0.280 E_p$	0.620
Blaney-Criddle	$U = 73.135 + 0.044 E_p$	0.194
Thornthwaite	$E_t = 54.010 + 0.036 E_p$	0.115

A pesar de que el evaporímetro de Piche dió buenos resultados en esta localidad, su uso general no es recomendado debido a la susceptibilidad del evaporímetro de Piche a la velocidad del viento.

Es evidente al examinar este análisis y los coeficientes de correlación que los métodos de Blaney-Criddle y de Thornthwaite no dan resultados satisfactorios ya que un porcentaje muy bajo es pronosticado por los métodos (menos del 4% para el método de Blaney-Criddle y menos del 15% para el de Thornthwaite).

Se propone que la metodología para estimar los requerimientos de riego debe reunir las siguientes condiciones:

1. Dar resultados adecuados cuando son evaluados usando evapotranspiración medida y/o al tanque de evaporación clase A.
2. Poder ser utilizado con los datos disponibles en el área bajo estudio.
3. Ser suficientemente simple de manera que los cálculos se puedan adaptar tanto a la regla de cálculo como al uso de computadoras.
4. De fácil adaptación a otras regiones de distintas condiciones de clima.

Un método que reúne el criterio anterior para calcular la evapotranspiración potencial se presenta a continuación. La ecuación de este método resultó del mejoramiento de las ecuaciones de Christiansen y Hargreaves (1) y de Hargreaves (3). Esta relación es la siguiente:

$$ETP = 0.35 \times RT \times CT \times CH \times CD \quad [4]$$

en donde:

RT = Radiación Extraterrestre expresada como equivalente de evaporación en milímetros por día o en milímetros por mes. Estos valores para varias latitudes están dados en la Tabla 2.

$$CT = 0.40 + 0.024 TM \quad 4a$$

TM = Temperatura media en grados centígrados

$$CH = 0.05 + 1.58 (1.00 - HM)^{1/2} \quad 4b$$

HM = Humedad relativa media mensual expresada en decimal, leída a las 12:00, 18:00 y 24:00 horas Greenwich

TABLA 2. Valores Medios Mensuales de Radiación Extraterrestre Expresados como Equivalente de Evaporación en Milímetros por Día.

Latitud	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dec
Norte												
60	1.41	3.36	6.88	11.31	15.14	17.06	16.25	13.03	8.67	4.58	1.92	0.96
55	2.55	4.62	8.08	12.18	15.55	17.18	16.50	13.71	9.77	5.85	3.11	2.02
50	3.77	5.89	9.23	12.98	15.93	17.30	16.73	14.34	10.79	7.09	4.35	3.21
45	5.04	7.14	10.30	13.69	16.23	17.38	16.91	14.87	11.74	8.30	5.63	4.46
40	6.32	8.36	11.30	14.31	16.45	17.38	17.01	15.32	12.59	9.45	6.90	5.75
35	7.59	9.53	12.21	14.82	16.58	17.30	17.01	15.66	13.35	10.54	8.15	7.04
30	8.84	10.64	13.03	15.23	16.60	17.13	16.92	15.90	14.01	11.55	9.36	8.32
25	10.05	11.68	13.75	15.52	16.51	16.85	16.72	16.02	14.56	12.48	10.53	9.56
20	11.20	12.64	14.37	15.70	16.32	16.48	16.42	16.04	15.00	13.33	11.63	10.76
15	12.29	13.51	14.88	15.77	16.02	16.00	16.02	15.93	15.33	14.07	12.66	11.91
10	13.30	14.28	15.27	15.72	15.61	15.42	15.51	15.72	15.54	14.71	13.61	12.98
5	14.23	14.96	15.55	15.55	15.09	14.74	14.90	15.39	15.63	15.24	14.47	13.98
0	15.07	15.53	15.71	15.27	14.47	13.97	14.19	14.95	15.61	15.66	15.23	14.90

$$CD = DL/12.0$$

4c

DL = Promedio de horas de luz diaria.

La Ecuación 4, se estudió en varias localidades. El análisis comparativo utilizando datos de evapotranspiración potencial obtenidos directamente por medio de lisímetros, ETL, y los resultados obtenidos con la Ecuación 4, se presentan en la Tabla 3.

Para la localidad de Tal-Amara en el Líbano la evapotranspiración potencial estimada es el 80 por ciento de la evapotranspiración medida. Esto se debe a que el lisímetro se encontraba rodeado de campos no regados resultando en una transferencia de energía calorífica hacia el lisímetro y un consiguiente aumento de evapotranspiración en el mismo.

En las otras localidades la evapotranspiración potencial calculada por medio de la Ecuación 4, se aproxima bastante a la evapotranspiración medida.

Aplicación en cultivos. Los requerimientos de riego varían con los cultivos. La caña de azúcar por ejemplo, cuando alcanza una cobertura total requiere aproximadamente 1.25 veces la evapotranspiración potencial calculada por la Ecuación 4 para un óptimo desarrollo. Scott (5) relacionó valores de evapotranspiración a varios estados de desarrollo de la caña de azúcar en Hawaii. Una adaptación es la relación en donde se incluye la razón entre la evapotranspiración actual, ET_a , y la evapotranspiración calculada por la Ecuación 4 es la siguiente:

Edad de la Caña	ET_a/ETP
Meses	

0 - 2	0.50
-------	------

TABLA 3. Comparación de la Evapotranspiración Medida en Lisímetros, ETL, con los Valores de Evapotranspiración Calculada por Medio de la Ecuación 4.

Mes	Tal-Amara Lebanon		Abde Lebanon		TYR Lebanon		Davis California		Coshocton Ohio	
	ETL	ETP	ETL	ETP	ETL	ETP	ETL	ETP	ETL	ETP
Enero					40	46				
Febrero			38	41	44	51				
Marzo			63	70	67	88	87	81		
Abril	125	102	92	94	92	111	120	116		
Mayo	171	156	122	118	143	139	158	167	153	149
Junio	235	188	140	130	171	163	221	214	170	166
Julio	261	200	150	161	175	164	214	219	173	184
Agosto	223	178	142	136	169	143	166	168	149	149
Sept.	161	122	106	99	125	113	132	121	103	97
Oct.	100	76	74	74	79	82	94	78	65	58
Nov.			42	49	53	57				
Dec.					38	42				
TOTAL	1275	1022	969	972	1196	1199	1192	1164	813	803
ETL/ETP	1.25		1.00		1.00		1.02		1.01	

<u>Edad de la Caña</u> <u>Meses</u>	<u>ETA/ETP</u>
2 - 3	0.56
3 - 4	0.69
4 - 5	0.94
5 - 6	1.10
6 - 7	1.18
77	1.25

El tiempo requerido para alcanzar cobertura total depende de la variedad y modalidad de siembra. En el caso de reproducción vegetativa o soca la caña alcanzará una cobertura total más rápida debiéndose usar el factor de 1.25 dentro de dos o tres meses dependiendo de la disponibilidad de agua en el suelo para establecer un buen desarrollo.

En un estudio Scott (5), incluye un factor de disponibilidad F (agua disponible utilizable dividido por la ETP) relacionado con la producción de caña de azúcar en toneladas por acre por pulgada de agua utilizable. Los valores de esta relación son los siguientes:

<u>F</u> <u>%</u>	<u>Toneladas de Caña/Pulgada</u> <u>de Agua Utilizable</u>
45 - 75	0.84
80	0.82
85	0.81
90	0.79
95	0.77
100	0.74

Al multiplicar las toneladas de caña por el total de agua disponible utilizada, se obtendrá la producción que se debería obtener debido al agua.

La producción de caña es uniforme cuando el factor F oscile entre el 45 y 75 por ciento. La producción principia a disminuir notablemente a partir del 85 por ciento. Sin embargo, esta disminución depende del estado de desarrollo del cultivo. En general la caña se recupera bastante bien después de un período de sequía, pero si este período ocurre al principio del crecimiento la habilidad de recuperación será limitada afectando la producción.

Otros cultivos que pueden desarrollarse en el área bajo estudio varían en cuanto a los requerimientos de riego. Bananas por ejemplo requieren un continuo suministro de agua. Los tomates y otras verduras desarrollan bien durante la época seca en donde la precipitación es mínima necesitando riego. Cítricos desarrollan mejor con una continua disponibilidad de agua.

A continuación se presenta un sumario de coeficiente de cultivos (ETA/ETP) para varios cultivos que pueden desarrollarse en la región bajo estudio:

CULTIVOS	Coeficiente para multiplicarse por la ETP	
	Promedio para cobertura total	Promedio para todo el período de crecimiento
1) Frijoles, maíz, algodón soya, sorgo y tomates	1.15	0.90

CULTIVOS	Coeficiente para multiplicarse por la ETP	
	Promedio para cobertura total	Promedio para todo el período de crecimiento
2) Cítricos (naranjas, limón y toronja)	0.75	0.75
3) Pastos bajos	1.00	0.75
4) Caña de azúcar	1.25	1.00
5) Verduras de verano	1.15	0.85

ANALISIS DE DISPONIBILIDAD HIDRICA

Por medio de la Ecuación 4, y definiciones antes presentadas se realizó un análisis hídrico de la región utilizando computadoras electrónicas. El resultado del análisis está dado en la Tabla 4.

Los símbolos utilizados en la Tabla 4 son los siguientes:

COLUMNA No.	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	MO	Meses del año (numéricamente)
2	TM	Temperatura media mensual,
3	HM	Humedad relativa media mensual expresada en decimal. (Estimadas a excepción de Santo Domingo y Cabo Engaño)
4	W10	Velocidad media del viento en Km/hr a 10 metros de altura. (Estimadas a excepción de Santo Domingo y Cabo Engaño)

TABLA 4. Análisis de Disponibilidad Hídrica y Datos Climatológicos.

7 SANTO DOMINGO												
LAT 18 28 LONG 69 54 ELEV 14												
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	24.0	.84	116.7	359.	57.	.98	.68	.92	77.	30.	47.	.39
2	24.0	.82	116.3	363.	42.	.98	.72	.95	85.	19.	65.	.23
3	24.5	.80	116.1	453.	51.	.99	.76	.99	117.	26.	92.	.22
4	25.7	.82	116.0	475.	78.	1.02	.72	1.03	126.	45.	81.	.35
5	26.0	.84	9.7	506.	176.	1.02	.68	1.07	133.	113.	19.	.85
6	26.6	.86	8.6	493.	164.	1.04	.64	1.09	125.	105.	21.	.84
7	26.9	.86	9.1	509.	159.	1.05	.64	1.08	129.	101.	28.	.78
8	27.1	.85	8.8	500.	158.	1.05	.66	1.05	128.	101.	27.	.79
9	26.9	.86	8.3	456.	196.	1.05	.64	1.01	108.	127.	-19.	1.18
10	26.5	.87	8.4	473.	160.	1.04	.62	.96	92.	102.	-10.	1.11
11	25.6	.85	9.5	361.	122.	1.01	.66	.93	79.	75.	3.	.96
12	24.7	.85	9.8	346.	61.	.99	.66	.91	72.	33.	40.	.45
AVE	25.7	.84	9.4	437.	119.	1.02	.67	1.00	106.	73.	33.	.68
9 LA ROMANA												
LAT 18 25 LONG 68 38 ELEV 5												
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	24.0	.80	11.0	360.	40.	.98	.76	.92	85.	18.	67.	.21
2	24.3	.80	10.0	363.	39.	.98	.76	.95	90.	17.	72.	.19
3	24.9	.78	10.0	453.	30.	1.00	.79	.99	124.	11.	113.	.09
4	25.9	.80	10.0	475.	60.	1.02	.76	1.03	133.	32.	101.	.24
5	26.7	.84	9.0	507.	181.	1.04	.68	1.07	135.	117.	18.	.87
6	27.3	.84	9.0	493.	111.	1.06	.68	1.09	136.	68.	68.	.50
7	27.5	.82	9.0	509.	97.	1.06	.72	1.08	147.	58.	89.	.39
8	27.7	.82	9.0	500.	123.	1.06	.72	1.05	141.	76.	65.	.54
9	27.4	.84	8.0	457.	163.	1.06	.68	1.01	116.	104.	12.	.90
10	27.0	.84	8.0	474.	154.	1.05	.68	.96	102.	98.	4.	.96
11	25.1	.84	10.0	361.	111.	1.00	.68	.93	80.	68.	12.	.85
12	24.9	.84	10.0	347.	73.	1.00	.68	.91	75.	41.	34.	.55
AVE	26.1	.82	9.4	437.	98.	1.03	.72	1.00	114.	59.	55.	.52

TABLA 4. Continuación

10 SAN PEDRO DE MACORIS LAT 18 27 LONG 69 18 ELEV 4												
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	23.9	.78	11.0	359.	23.	.97	.79	.97	89.	6.	83.	.07
2	24.2	.80	10.0	363.	41.	.98	.76	.95	89.	19.	71.	.21
3	25.2	.76	10.0	453.	22.	1.00	.82	.99	130.	5.	125.	.04
4	25.0	.82	10.0	475.	84.	1.02	.72	1.03	127.	49.	78.	.38
5	25.9	.82	9.0	507.	131.	1.05	.77	1.07	143.	82.	61.	.57
6	27.0	.82	9.0	493.	92.	1.05	.72	1.09	142.	54.	88.	.38
7	27.4	.82	9.0	509.	107.	1.06	.72	1.08	147.	65.	82.	.44
8	27.7	.82	9.0	500.	94.	1.06	.77	1.05	141.	56.	85.	.40
9	27.3	.82	8.0	457.	132.	1.06	.72	1.01	123.	82.	40.	.67
10	26.9	.84	8.0	423.	164.	1.05	.68	.96	102.	105.	-3.	1.03
11	25.7	.82	10.0	361.	104.	1.02	.72	.93	86.	63.	23.	.73
12	24.5	.80	10.0	346.	35.	.99	.76	.91	32.	14.	68.	.18
AVE	26.1	.81	9.4	437.	86.	1.03	.74	1.00	117.	50.	67.	.43
16 CONSTANZA LAT 18 34 LONG 69 23 ELEV 1234												
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	15.5	.82	11.0	356.	52.	.77	.77	.97	64.	26.	37.	.42
2	15.8	.80	10.0	360.	47.	.78	.76	.95	70.	23.	47.	.33
3	16.8	.76	10.0	449.	36.	.80	.97	.99	103.	15.	88.	.15
4	17.7	.78	10.0	471.	77.	.82	.79	1.03	111.	44.	67.	.39
5	18.4	.82	9.0	503.	205.	.84	.72	1.07	114.	133.	-19.	1.17
6	18.8	.80	9.0	490.	129.	.85	.76	1.09	120.	80.	40.	.67
7	18.7	.78	9.0	505.	78.	.85	.79	1.08	129.	45.	84.	.35
8	19.2	.78	9.0	496.	84.	.86	.79	1.05	124.	49.	76.	.39
9	19.1	.80	8.0	453.	117.	.86	.76	1.01	104.	72.	32.	.69
10	18.7	.80	8.0	420.	118.	.85	.76	.96	91.	73.	18.	.80
11	17.6	.78	10.0	357.	68.	.82	.79	.93	75.	38.	38.	.50
12	16.4	.79	10.0	343.	58.	.79	.79	.91	68.	31.	38.	.45
AVE	17.7	.79	9.4	433.	89.	.83	.77	1.00	98.	52.	46.	.52

TABLA 4. Continuación

18		CARO ENGANO				LAT 18 36		LONG 68 17		ELEV	2		
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETOF	MAI	
1	24.9	.86	10.9	359.	58.	1.00	.64	.92	74.	31.	43.	.42	
2	25.1	.84	14.1	363.	41.	1.00	.68	.95	82.	19.	64.	.23	
3	25.0	.84	12.6	457.	33.	1.00	.68	.99	107.	13.	94.	.12	
4	25.3	.84	12.8	475.	57.	1.03	.68	1.03	121.	30.	91.	.25	
5	27.0	.86	11.8	507.	102.	1.05	.64	1.07	128.	61.	66.	.48	
6	27.3	.85	10.0	494.	104.	1.06	.66	1.09	132.	63.	69.	.48	
7	27.7	.84	11.5	510.	80.	1.06	.68	1.08	140.	46.	94.	.33	
8	27.9	.82	11.3	500.	74.	1.07	.72	1.05	142.	42.	100.	.29	
9	28.0	.83	9.9	457.	71.	1.07	.70	1.01	121.	40.	81.	.33	
10	27.5	.84	10.0	423.	108.	1.06	.68	.96	103.	66.	38.	.64	
11	26.9	.82	12.8	360.	111.	1.05	.72	.93	88.	68.	20.	.77	
12	26.0	.84	12.4	346.	84.	1.02	.68	.91	77.	49.	28.	.64	
AVE	26.6	.84	11.7	437.	77.	1.04	.68	1.00	110.	44.	66.	.41	

20		HIGUZY				LAT 18 37		LONG 68 42		ELEV	100		
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETOF	MAI	
1	23.9	.82	11.0	358.	76.	.97	.72	.92	81.	43.	37.	.54	
2	24.1	.80	10.0	362.	58.	.98	.76	.95	89.	31.	58.	.34	
3	25.1	.78	10.0	452.	44.	1.00	.79	.99	124.	21.	103.	.17	
4	26.2	.80	10.0	475.	94.	1.03	.76	1.03	134.	56.	78.	.42	
5	26.8	.82	9.0	507.	192.	1.04	.72	1.07	143.	124.	19.	.87	
6	27.6	.84	9.0	494.	120.	1.06	.68	1.09	137.	74.	63.	.54	
7	27.7	.84	9.0	510.	127.	1.06	.68	1.08	140.	79.	61.	.56	
8	28.1	.82	8.0	500.	102.	1.07	.72	1.05	143.	61.	81.	.43	
9	27.7	.84	8.0	456.	137.	1.06	.68	1.01	117.	86.	31.	.73	
10	27.0	.84	8.0	423.	133.	1.05	.68	.96	102.	83.	19.	.82	
11	26.1	.82	9.0	360.	128.	1.03	.72	.93	86.	80.	7.	.92	
12	25.0	.82	10.0	345.	90.	1.00	.72	.91	79.	53.	26.	.67	
AVE	26.3	.82	9.2	437.	108.	1.03	.72	1.00	115.	66.	49.	.58	

TABLA 4. Continuación

24		BAYAGUANA			LAT 18 45		LONG 69 38		ELEV 52			
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	24.6	.82	11.0	357.	57.	.99	.72	.97	82.	30.	52.	.37
2	25.5	.80	10.0	362.	66.	1.01	.76	.95	92.	36.	56.	.39
3	26.7	.78	10.0	453.	66.	1.04	.79	.99	129.	35.	93.	.28
4	27.5	.80	10.0	475.	125.	1.06	.76	1.04	138.	77.	61.	.56
5	27.7	.82	8.0	508.	278.	1.06	.72	1.07	146.	185.	-38.	1.26
6	28.1	.84	8.0	495.	227.	1.07	.68	1.09	139.	149.	-10.	1.07
7	28.2	.84	8.0	510.	215.	1.08	.68	1.08	142.	140.	2.	.99
8	28.2	.84	8.0	501.	224.	1.08	.68	1.05	135.	147.	-11.	1.08
9	27.7	.84	8.0	456.	195.	1.06	.68	1.01	117.	126.	-10.	1.08
10	26.9	.84	8.0	422.	195.	1.05	.68	.96	101.	126.	-25.	1.25
11	26.7	.80	9.0	359.	81.	1.04	.76	.93	92.	47.	45.	.51
12	25.7	.82	10.0	345.	55.	1.02	.72	.91	80.	28.	52.	.36
AVE	27.0	.82	9.0	437.	149.	1.05	.72	1.00	116.	94.	22.	.77
25		HATO MAYOR			LAT 18 46		LONG 69 15		ELEV 106			
MO	TM	HM	W10	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	24.5	.82	11.0	357.	37.	.99	.72	.97	82.	16.	66.	.19
2	24.8	.80	10.0	362.	71.	1.00	.76	.95	90.	40.	51.	.44
3	25.8	.78	10.0	452.	40.	1.02	.79	.99	126.	18.	109.	.14
4	26.5	.80	10.0	475.	95.	1.04	.76	1.04	135.	56.	78.	.42
5	27.5	.82	8.0	508.	236.	1.06	.72	1.07	146.	155.	-10.	1.07
6	28.0	.84	8.0	495.	223.	1.07	.68	1.09	138.	146.	-8.	1.06
7	28.2	.84	8.0	510.	213.	1.08	.68	1.08	142.	139.	3.	.98
8	28.5	.84	8.0	501.	182.	1.08	.68	1.05	136.	117.	19.	.86
9	28.1	.84	8.0	456.	210.	1.07	.68	1.01	118.	137.	-19.	1.16
10	27.5	.84	8.0	422.	192.	1.06	.68	.96	103.	124.	-22.	1.21
11	26.4	.82	9.0	359.	126.	1.03	.72	.93	87.	78.	8.	.90
12	25.2	.82	10.0	344.	50.	1.00	.72	.91	79.	25.	54.	.32
AVE	26.7	.82	9.0	437.	140.	1.04	.72	1.00	115.	88.	27.	.73

TABLA 4. Continuación

26 EL SFIRO LAT 18 46 LONG 69 2 ELEV 115												
MO	TM	HM	WIN	RMM	PREC	CT	CH	CD	ETP	PD	ETDF	MAI
1	24.3	.82	11.0	357.	45.	.98	.72	.92	81.	21.	60.	.26
2	24.8	.80	10.0	362.	67.	1.00	.76	.95	90.	37.	53.	.41
3	25.7	.78	10.0	452.	65.	1.02	.79	.99	126.	35.	90.	.28
4	26.6	.80	9.0	475.	116.	1.04	.76	1.04	135.	71.	64.	.53
5	27.4	.82	8.0	507.	190.	1.06	.72	1.07	145.	123.	22.	.85
6	27.5	.82	8.0	495.	124.	1.06	.72	1.09	144.	77.	68.	.53
7	28.1	.82	8.0	510.	112.	1.07	.72	1.08	150.	68.	81.	.46
8	28.0	.80	9.0	500.	82.	1.07	.76	1.05	149.	47.	102.	.32
9	27.8	.82	8.0	456.	133.	1.07	.72	1.01	124.	83.	41.	.67
10	27.2	.84	8.0	422.	152.	1.05	.68	.96	102.	96.	6.	.94
11	26.2	.82	8.0	359.	127.	1.03	.72	.93	86.	79.	7.	.92
12	24.8	.80	9.0	344.	74.	1.00	.76	.91	82.	42.	41.	.51
AVE	26.5	.81	8.8	437.	107.	1.04	.74	1.00	118.	65.	53.	.56

COLUMNA No.	SIMBOLO	DESCRIPCION
5	RMM	Radiación extraterrestre mensual para la latitud y temperatura media. Expresada en equivalente de evaporación en milímetros
6	PREC	Precipitación media mensual en milímetros
7	CT	Coefficiente mensual de temperatura. Ecuación 4a
8	CH	Coefficiente mensual de humedad relativa. Ecuación 4b
9	CD	Coefficiente mensual de horas de luz diaria. Ecuación 4c
10	ETP	Evapotranspiración potencial calculada. Ecuación 4
11	PD	Precipitación confiable calculada al 75% de probabilidad. Ecuación 1
12	ETDF	Déficit de evapotranspiración. (ETP - PD)
13	MAI	Índice de disponibilidad de agua. Ecuación 2

En general climas con un índice de disponibilidad de agua (MAI) de 0.34 permiten frecuentemente obtener una producción económica. Esta producción aumentará notablemente si el índice de disponibilidad se hace mayor. Con valores bajos de índice de disponibilidad ciertas prácticas agrícolas tal como la aplicación de fertilizantes no se justifican ya que el agua es el principal factor limitante de la producción. Una práctica adecuada sería el mantener el valor del índice de disponibilidad de agua por encima de 0.70 por medio del riego.

En la Tabla 4, se encuentra el análisis de disponibilidad hídrica

para nueve localidades en la región Sudoriental de la República Dominicana. Como resúmen de este análisis se preparó la Tabla 5, la que muestra el número de meses en que el agua de lluvia es deficiente, adecuada o en exceso, en las localidades estudiadas.

TABLA 5. Número de Meses en que el Agua es Deficiente, Adecuada o en Exceso de Acuerdo a la ETP de Varias Localidades

LOCALIDAD	DEFICIENCIA			Adecuada	Exceso
	Alta	Moderada	Baja		
Santo Domingo	2	3	5	2	0
La Romana	4	4	4	0	0
San Pedro de Macoris	4	5	2	1	0
Constanza	2	7	2	1	0
Cabo Engaño	6	5	1	0	0
Higuey	1	7	4	0	0
Bayaguana	1	5	1	5	0
Hato Mayor	3	2	3	4	0
El Seibo	3	6	3	0	0

Si consideramos que la campaña de riego comprende aquellos meses del año en que la deficiencia hídrica es alta y moderada el riego se practicaría durante cinco a nueve meses dependiendo del cultivo y del agua considerada.

CONCLUSIONES

El presente trabajo estudia el clima de la región Sudoriental de la República Dominicana desde el punto de vista de las necesidades hídricas de la región con el objeto de determinar si existe la necesidad de suplementar el agua de lluvia por medio del riego.

En esta región de la República Dominicana el estudio indica que sería conveniente regar durante cinco a nueve meses del año, dependiendo de localidad dentro de la región y del cultivo. En el caso específico de la caña de azúcar el riego no sería necesario unas cuantas semanas antes de la cosecha, lo mismo que en el período de madurez y en la cosecha misma.

Es conveniente mencionar que un estudio más completo y detenido es recomendable. Los suelos y las condiciones económicas no han sido evaluadas en este estudio. Futuro desarrollo de la región deberá basarse en un estudio cuidadoso de estos recursos y de la capacidad de los agricultores en financiar y manejar un nuevo tipo de agricultura más sofisticada como es la agricultura bajo riego.

También sería necesario un estudio económico comparativo de el desarrollo de las aguas subterráneas y superficiales y del uso de distintos métodos de riego.

RECONOCIMIENTO

La metodología para la "precipitación confiable" e "índice de disponibilidad de agua" fue desarrollada en cooperación con Jerald E. Christiansen, Profesor Emeritus del Departamento de Ingeniería Agrícola e Irrigación de Utah State University.

La investigación que condujo al desarrollo de las ecuaciones usadas fue financiada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo el Contrato AID/csd-2167, y efectuada en Utah State University.

REFERENCIAS

1. Christiansen, J.E., and Hargreaves, G.H., "Irrigation Requirements from Evaporation," Question 23; Seventh Congress on Irrigation and Drainage; International Commission on Irrigation and Drainage. Mexico City, 1969; pages 23.569-23.596.
2. Gibbs, Albert E., "Current Design Capacity Procedure Used by the USBR," Age of Changing Priorities for Land and Water, Irrigation and Drainage Specialty Conference; American Society of Civil Engineers. Spokane, Washington, September 26-28, 1972; pages 331-337.
3. Hargreaves, George H., "Criteria for Evaluating Water Deficiencies," Age of Changing Priorities for Land and Water, Irrigation and Drainage Specialty Conference; American Society of Civil Engineers. Spokane, Washington, September 26-28, 1972; pages 273-290.
4. Hasan, M. Rizal and Jones, Peris S., "Measured and Predicted Evaporation at Pasaje, Ecuador," Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 98 No. IR3; September, 1972; pages 511-516.
5. Scott, Phil, "A Plantation Method of Determination of the Value of Water," Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, XIV Congress. October 22 - November 5, 1971; New Orleans, Louisiana; pages 859-864.