

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS Y REQUERIMIENTO HÍDRICO DEL
CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca* spp) EN LAS FINCA BANANERA DE
“TROJAS - A” EN OLANCHITO, YORO**

POR:

JORGE LUIS MARTINEZ ZUNIGA

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE**

INGENIERO AGRONOMO



CATACAMA, OLANCHO

HONDURAS

DICIEMBRE, 2013

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS Y REQUERIMIENTO HÍDRICO DEL
CULTIVO DE BANANO (*Musa paradisiaca* spp) EN LAS FINCA BANANERA DE
“TROJAS - A” EN OLANCHITO, YORO

POR:

JORGE LUIS MARTINEZ ZUNIGA

M.Sc. ESMELYM PADILLA

Asesor Principal

CARACTERIZACIÓN
PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

AL DIOS TODO PODEROSO: creador de todo lo existente a nuestro alrededor, por darme todo lo necesario, para poder culminar con mi carrera universitaria.

A MIS PADRES: *Alirio Manuel Martínez Puerto*, de su mano. *Linda Ruth Zuniga*, En la estela de mi corazón

A MIS HERMANOS: *Manuel Alirio Martínez; Mirtha Sarahi Martínez* a mi novia *Lucí Mejía Turcio*. Por el apoyo incondicional durante todos mis estudios.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a **DIOS TODO PODEROSO**, por iluminarme en cada situación de mi vida durante estos cuatro años que hoy reflejan el fruto y que es producto de nuestra perseverancia y dedicación.

A MIS AMADOS PADRES Linda Zuniga y Alirio Martínez, que dedico este y todos los logros alcanzados ya que me dieron la oportunidad de ser quien soy con su amor, dedicación, esfuerzo y disciplina que hizo de mí quien soy ahora.

A Ms.c ESMELYM OBED PADILLA por el apoyo brindado en el desarrollo de éste trabajo así como la formación académica brindada.

A Ms.c JUAN ALBERTO CHAVARRIA por la colaboración en el desarrollo del trabajo de investigación

Ing. JORGE ALBERTO MEDINA por su colaboración en el desarrollo del trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional de Agricultura por permitirme realizar mis estudios superiores como lo es la Ingeniería agronómica.

Al **Ing. Jesús Zapata**, Gerente General y a **Oscar Castellano** administrador de la Zona Tabla de Standard Fruit de Honduras por todo su apoyo para la realización de mi trabajo de investigación y por su apoyo y amistad

CONTENIDO

	Pag.
DEDICATORIA	ii
AGREDICIMIENTO.....	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Situación de disponibilidad de agua	3
3.2 Requerimiento Hídrico del cultivo de Banano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	5
3.3 Uso eficiente de agua por las plantas cultivadas	6
3.4. Estudios de estrés hídrico en otros cultivos	7
3.5 Generalidades	8
3.5.1 Origen y Distribución	9
3.6 Aspecto Botánico	9
3.6.1 Raíces.....	9
3.7 Mapeo de Suelo	10
3.7.1 Mapa de temático.....	10
3.7.2 Mapa de usos Potencial	10
3.8 CropWat.....	11
3.8.2 Estructura del programa.....	11

IV	MATERIALES Y MÉTODO.....	12
4.1	Descripción del área de estudio	12
4.2	Equipos y Materiales	12
4.3	Selección de los sitios	14
4.4	Marcado y definición de transectos	14
4.5	Extracción de la muestras	14
4.6	Preparación de la muestra	15
4.7	Identificación de los suelos de referencia	15
4.8	Cálculo de los requerimientos hídricos.....	16
4.9	Etapas de redacción y edición	16
4.10	Variables evaluadas	16
4.10.1	A nivel de campo	16
4.10.2	A nivel de laboratorio	17
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
5.1	Selección y descripción del perfil del suelo en los sitios representativos	19
5.2	Identificación de los suelos de referencia	20
5.3	Calculo de requerimiento de riego sin incluir el suelo	22
5.4	Calculo de requerimiento de riego incluyendo el suelo.....	22
VI	CONCLUSIONES	26
VII	RECOMENDACIONES	27
VI	BIBLIOGRAFIA	28
	ANEXOS.....	32

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción para la variable pendiente.....	16
Cuadro 2. Descripción de las clases de suelo.....	18
Cuadro 3. Características físicas del suelo en los 7 sitios representativos de la zona de cultivo de banano de Trojas “A”, Olanchito, Yoro, determinación <i>in situ</i>	19
Cuadro 4. Características químicas del suelo en los 7 sitios representativos de la zona de cultivo de banano de Trojas “A”, Olanchito, Yoro, determinación <i>in situ</i>	20
Cuadro 5. Variables utilizadas por el programa CropWat para calcular requerimiento hídricos según el tipo de suelo en Trojas A, Olanchito, Honduras.....	21
Cuadro 6. Características físicas y potencial productivo estimado de los suelos de referencia para el cultivo de banano en la localidad de Trojas A, Olanchito, Honduras.	21
Cuadro 7. Características químicas de los suelos de referencia para el cultivo de Banano en la localidad de Trojas A, Olanchito, Honduras	22
Cuadro 8. Requerimiento hídrico del cultivo de banano en la localidad de “Trojas – A”, Olanchito, Honduras (calculado con el uso del programa CropWat)	23

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Bosquejo general de la finca “Trojas A” representado cada uno de los sitios muestreados.....	33
Anexo 2. Datos climatológica con base al registro diario disponible en último periodo de 10 años en la estación climatológica de Coyoles, Central.	34
Anexo 3. Mapa de capacidad de uso de “Trojas A” representado las clases de suelo con el respectivo colores.....	35
Anexo 4. Estación de riego “Trojas A”	36
Anexo 5. Muestras de suelo	37
Anexo 6. Revisión del sistema de riego	38

Martínez JL. Caracterización de los suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano (*Musa paradisiaca* spp) en las fincas bananeras de “Trojas A” en Olanchito, Yoro. Caracterización Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olanchito, Honduras. Pag. 38

RESUMEN

El objetivo primordial de este trabajo fue mejorar las estrategias de uso de agua de riego para el cultivo de banano (*Musa paradisiaca* spp). Los siete sitios seleccionados se dividieron en transectos perpendiculares de 50m para el muestreo de suelo y estimación de los requerimientos hídricos del cultivo. De esta manera, se recolectó un total de 156 muestras en todo el estudio. Cada una de las muestras fueron analizadas físicas y químicamente obteniendo así los datos necesarios para ser analizados por el software CropWat (Versión 2011). El análisis de los resultados mostraron que los suelos presentan condiciones de profundidad de hasta 1.20m, buen drenaje, ausencia de salinidad, pH neutros y suelos muy porosos favorables para el desarrollo adecuado de banano. Agregando, según el sistema bicategorico de interpretación de clases y sub clases de suelo para banano propuesto por la Standar Fruit de Honduras, se lograron identificar tres distintas clases de suelos y varias sub-clases en los siete sitios. La clase II representó un 19.23%, la clase III un 33.33% y la clase IV representó el 47.44%. Así mismo, los resultados mostraron que los suelos de clase II tienen mayor capacidad de retener la precipitación efectiva disminuyendo drásticamente los requerimientos de riego a 0.51mm para los meses de Junio, Julio y Agosto. En cambio, el suelo clase IV tiene la capacidad de retener 263.62mm de agua efectiva disponible para el cultivo, así aumentando, 183.38 mm de agua para suplir las necesidades hídricas del cultivo en los meses de Junio, Julio y Agosto. Los resultados de este trabajo revelan que el software CropWat; es un programa útil para medir los requerimientos hídricos de los cultivos de acuerdo al tipo de suelo.

Palabras Claves: CropWat, Cultivo de Banano, Requerimiento Hídrico

I. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa paradisiaca* Spp.) se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo. En término de valor bruto de producción, el banano es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo y es el cultivo de mayor exportación en nuestro país.

El cultivo de banano requiere suelos profundos, con texturas francas y estructuras que permitan un buen drenaje, con valores de pH ligeramente ácido a levemente alcalinos y sin altos contenidos de carbonato de calcio. Es una planta con alta tasa de crecimiento, y con débil fuerza de penetración en el suelo, pobre capacidad de extraer agua, alto consumo de agua; posee baja resistencia a la sequía y rápida respuesta fisiológica al déficit de agua. Debido a estos factores, requieren un abundante y constante consumo de agua para una producción óptima.

Es necesario determinar la cantidad y el momento de aplicación del agua, considerando factores tales como: la etapa fenológica del cultivo, el tipo de suelo y el patrón de distribución de las lluvias. Un obstáculo para mejorar el uso del agua es que la información referente al clima, en parte de la región, está incompleta y no se utiliza de manera sistemática en las recomendaciones de riego; además, no se reportan estudios de caracterización de suelos que permitan estimar la cantidad de agua que retienen y la que se pierde por infiltración.

II. OBJETIVO

2.1 General

- Caracterizar los suelos de la finca bananera de “Trojas A” y relación al potencial hídricos requeridos del cultivo de Banano (*Musa paradisiaca* spp.)

2.2 Específicos

- Describir los diferentes tipos de suelos en la finca bananeras Trojas A
- Determinar la cantidad de agua que pueden retener los diferentes tipos de suelos
- Elaborar un mapa con las características hídricas de cada unidad cartográfica orientadas al cultivo de banano

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Situación de disponibilidad de agua

El agua es la fuente de vida tanto para los humanos como para las plantas, y representa un alto porcentaje de su constitución. Sin embargo, muy poca es utilizada para el consumo del hombre, debido a que el 97% es agua de mar y tiene sal, el 2% es hielo y está en los polos, y sólo el 1% de toda el agua del planeta es dulce y superfinamente accesible encontrándose en ríos, lagos y mantos subterráneos (Lean y Henrichsen, 1994, citado por Rojas 2005).

A nivel global, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua con el 65%, no solo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse, sino porque los sistemas de riego son ineficientes. Le siguen el sector industrial, que requiere de 25%, y el consumo doméstico, comercial y otros servicios urbanos municipales que requieren el 10%. Para el 2025, los países africanos y asiáticos, entre los que destaca la India, presentan una vulnerabilidad alta a la escasez de agua. (Rojas, 2005).

Sumando a la deforestación progresiva en las cuencas, el mal manejo dado por el hombre a los recursos naturales ha contribuido a que las cuencas hidrográficas, que son la fuente del líquido, se alteren y las reservas de agua se disminuyan (Rojas, 2005).

El índice de escases es el resultado del cociente entre la demanda y la oferta. Las cuenca hidrográficas del Valle del Aguan en general presenta un índice de escases que varía de medio-alto a alto, con mayor incidencia en la valoración alta, pues en el 2010 la zona del Valle del Aguan de Olanchito Yoro, presento un déficit en el balance o balance positivo menor a 6 gal/min. Para el año 2020 se incrementará el número con déficit del 21% mayor al total del déficit que actualmente se tiene.

Los sistemas de agua potable de Olanchito Agalteca presento un total en déficit positivo de 812 Galones /Minutos del balance entre la producción y demanda (BPD) del 2010, pero según la estimación para el 2020 el BPD presentará un déficit negativo de -45 galones/minuto (Corporación Municipalidad Olanchito, 2010). Por tal motivo, el estudio concluye que es necesario emprender acciones que contribuyan a mejorar el estado de las cuencas con planes de reforestación y protección de áreas de bosque en donde nacen los ríos.

Con este propósito, se deberán coordinar proyectos, que se enfocaran en la acciones de protección de las cuencas en mayor riesgo, que entregan agua al parte del casco urbano del municipio de Olanchito, Yoro (Corporación Municipalidad Olanchito, 2010).

Debido a los impactos que se han venido analizando. Se debe tomar gran importancia al uso racional de agua. En tal medida que se deberá revisar aspectos que van desde la adopción de tecnología y mejores prácticas, hasta la aplicación de indicadores de gestión. También ha recomendado acciones para el inmediato, mediano y largo plazo, así como también un plan de contingencia para mitigar los efectos generados por el fenómeno de El Niño.

Esto planes se deberán enfocar en forma específica a los principales rubros de producción del valle, para mitigar los gatos de agua de forma específica, sin disminuir los índices de producción por hectáreas (Corporación Municipal Olanchito, 2010)

Sánchez *et al.* (2000) menciona que la sequía es la falta o insuficiencia de precipitación durante un periodo de tiempo prolongado, que provoca un desequilibrio hidrológico considerable y, por tanto, restricciones en el suministro de agua. Existen cuatro tipo básicos de sequía: la sequía permanente, en la que imposible una agricultura de alto rendimiento sin riego continuo, la sequía estacional, que se presenta donde hay estaciones anuales lluviosas y secas bien definidas y que se debe ajustar la siembra, de tal manera que los cultivos desarrollen durante la estación lluviosa; la sequía impredecible, que se refiere a un fallo anormal en la precipitación; y la sequía no aparente, que ocurre cuando las altas temperaturas y fuertes vientos se inducen tasas de elevadas de evaporación y transpiración. En el valle del

Rio Aguan se puede observar una muy bien marcada la temporada de lluvia y de sequía que lo define como sequia estacional.

3.2 Requerimiento Hídrico del cultivo de Banano (*Musa paradisiaca*)

El agua suministrada en el riego al cultivo se utiliza en los diferentes procesos metabólicos y se almacena en los tejidos de la planta. Parte del agua se regresa a la atmosfera, producto de la evaporación de la superficie del suelo o de la misma vegetación, la cual se trasforma en vapor (Taiz y Zeiger, 2002).

Otra parte del agua también regresa a la atmosfera, producto de la transpiración de la planta, proceso en el cual el agua presente en los tejidos se vaporiza y sale a través de los estomas, la evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos separados y a través de la planta por traspiración (Alle, 2006). Las estomas se cierran total o parcialmente ante altas temperaturas, alta radiación, escases de agua o conductividad eléctrica muy alta en la solución de agua del suelo (Taiz y Zeiger, 2002).

La eficiencia en el uso de agua se define con la relación CO_2 fijado vs. H_2O transportada. Las modificaciones bioquímicas para una mayor eficiencia en el uso están relacionadas con el aumento en la cantidad y eficiencia de acción de la anhidrasa carbónica (AC), y con la acción de un sistema de bombeo del CO_2 fijado conseguido a través de la acción de la fosfoenolpiruvatocarboxilasa (PEPc) y ATPasas a membrana (Taiz y Zeiger, 2002).

El cultivo del banano pertenece al grupo de plantas de tipo C_3 , en la cual los primeros productos de la fotosíntesis tienen cadenas de tres átomos de carbono. En las plantas C_4 , el CO_2 es fijado en dos compartimientos diferentes en el mesófilo el CO_2 es fijado en dos compartimientos diferentes en el meso filo el CO_2 es fijado como HCO_3 por la AC, para ser tomado a continuación por la PEPc, que incorpora el carbono en un ácido C_4 (Taiz y Zeiger, 2002). A pesar que las plantas C_4 son capaces de mantener tasas alta de asimilación de CO_2 en presencia de baja concentración intercelular de dicho gas. Las plantas C_4 no son capaces

de tolerar el estrés hídrico severo que las C_3 , es decir, que la adaptación de las plantas C_3 están encaminadas al uso eficiente del agua, no a la tolerancia al estrés hídrico.

Las plantas del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) presentan succulencia de tejido celular, la cual disminuye drásticamente la relación área/volumen de los órganos fotosintéticos, lo que le permite el cierre estomático diurno que limita fuertemente la pérdida de agua combinado con apertura nocturna, que si son adaptaciones para tolerar el estrés hídrico severo (Taiz y Zeiger, 2002)

Para producir una tonelada de papa se requiere 500 m^3 de agua, mientras que en trigo, maíz y arroz se requiere aproximadamente 900, 1400 y $2,000\text{ m}^3$ de agua, respectivamente estos cultivos (Stewart y Howell, 2003).

3.3 Uso eficiente de agua por las plantas cultivadas

Las plantas están expuestas a condiciones ambientales cambiantes que determinan repuestas complejas que influyen en el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos. Las condiciones de sequía y salinidad en los suelos son las mayores causas de estrés en los cultivos y ocasionan pérdidas económicas en la agricultura mundial. Tanto la sequía como la salinidad resultan en estrés osmótico, que inhibe el crecimiento y causa perturbaciones a nivel metabólico (Rodríguez, 2006).

El reconocimiento de los mecanismos bioquímicos y fisiológicos involucrados en la osmorregulación ante estrés osmóticos permite implementar nuevas estrategias para el manejo y mejoramiento de los cultivos en condiciones de estrés hídrico y salino. El transporte de agua por las acuaporinas, que son proteínas transmembranales que están formadas por un haz de seis hélices que dejan una pequeña abertura en sus interior por la que pueden pasar moléculas de agua al interior de las células, y el cierre estomático son mecanismo reconocidos en las plantas para adaptarse y tolerar cambios en el potencial hídrico.

La osmorregulación proporciona a las plantas capacidad para tolerar condiciones de escasez de y salinidad elevada, con la expresión de mecanismo adaptativos que evitan disminución de la fotosíntesis, alteraciones en la translocación y distribución de foto asimilados y pérdidas en rendimiento, hechos significativos en el funcionamiento normal de la planta y la productividad de los cultivos (Rodríguez, 2006)

Una de las formas de estudiar la eficiencia del uso del agua es asociarla con características de tipo morfológico, fisiológico o marcadores bioquímico que puedan hacer más fácil, económico y rápido el proceso de mejoramiento. Algunos estudio han puesto en evidencia que el suministro insuficiente de agua en ciertas etapas fenológicas, afecta negativamente parámetros de producción, como: el peso de racimo, números de manos en el racimo, el peso de las manos y el número de manos en el racimo (Costa *et al.*, 2009).

Aunque en las región de la investigación la precipitación pluvial es errática, otras condiciones ambientales favorecen el cultivo cuando se le aplica riego; sin embargo, el rendimiento promedio de 22.5Ton ha es considerado bajo. Pérez *et al.* (2007) señala que el manejo inadecuado del agua de riego es un factor que limita la productividad de las huertas.

3.4. Estudios de estrés hídrico en otros cultivos

El reto que se tiene en arroz y en general en los cultivos es aumentar la eficiencia del uso del agua y, al mismo tiempo, mantener o incrementar el rendimiento de grano. Si el uso eficiente del agua se define como la producción de grano por unidad de cantidad de agua de riego, sería posible aumentar el uso eficiente del agua sin comprometer el rendimiento de grano a través de la optimización del índice de cosecha. Se ha demostrado que el índice de cosecha es un factor variable en la producción agrícola, y que en muchas situaciones están estrechamente relacionados con el uso eficiente del agua y el rendimiento de grano en los cereales. La forma de optimizar este índice de cosecha es mejorando la arquitectura de la planta, la capacidad de los órganos vegetativos para movilizar asimilados y la habilidad de los granos para aceptarlos y almacenarlos (Yang y Zhang, 2010)

Para algunas plantas, la disposición de sus hojas en relación con un plano vertical está relacionada con el consumo de agua. Así, el pasto azul *Poa pratensis*L., después de haber clasificado 61 materiales en alto y bajo consumo de agua aplicando el análisis de agua aplicando el análisis de conglomerados, se encontró que los cultivares que tiene en el ángulo de la hoja una orientación en un 17% más horizontal estaban asociados con el menor consumo de agua (Ebdon *et al.* 1998)

Ramírez y Kelly (1998) estudio el efecto de la sequía en frijol, encontraron que, de los componentes del rendimiento, las características que más se afectaron fueron el número de vaina y el número de semillas, mientras que el tamaño de la semilla fue el más estable

Koehler *et al.* (1982) encontró en Hawái que durante un periodo de estrés se reduce la elongación de los tallos del cultivar H 62-4671. Situación similar se encontró en el valle del río de Cauca, cuando la variedad CC 85-92 se sometió a déficit hídrico en la etapa de rápido crecimiento; la población y la altura de los tallos disminuyeron en comparación con el testigo (Cruz 2008)

Jiang *et al.* (2011) mencionan que la línea Lo 964 de maíz fue menos sensible al estrés por sequía, la cual se caracteriza por poseer un fuerte sistemas radical lateral y una lata relación raíz/parte aérea.

3.5 Generalidades

El banano es una planta monocotiledónea del género *Musa* (Familia: *Musaceae*, orden: *Zingiberales*). Es una herbácea gigante, con pseudotallo aéreo no lignificado que puede alcanzar más de 3 metros de altura (Champion, 1986; Stover y Simonds ,1987 y Soto, 1992). Su centro de origen se ubica en el sur-este asiático (India a Polinesia) y su centro de distribución, se ubica en Malasia o Indonesia.

Este es el cuarto cultivo más importante de los países en desarrollo, como una producción aproximada a las 100 millones de toneladas métricas, se siembra en todo el trópico húmedo y en los subtropical de las Américas, África y Asia (Stover y Simonds, 1987 y Robinson, 1996)

3.5.1 Origen y Distribución

El banano considerado como una planta herbácea con pseudotallo aéreo, pertenece a la familia de las musáceas, es originario del sudeste asiático y su cultivo se desarrolló simultáneamente en Malasia y en las Islas Indonesias (Soto, 1998). Orellana, *et al*, (2008), indican que la distribución del banano en el mundo empezó desde Asia y África. Además se sabe que fue introducido desde las Islas Canarias hacia América, en la Isla de Santo Domingo en el año 1516, desde allí se propago a otras islas y posteriormente al continente.

Soto (1998) manifiesta que la distribución en nuestro continente empezó por República Dominicana, de ahí se trasladó a Panamá y posteriormente a Colombia, Ecuador y los demás países tropicales de Sudamérica.

3.6 Aspecto Botánico

3.6.1 Raíces

Adventicias, blancas o amarillentas de 5 a 10 mm de diámetro y hasta 2 metros y más de longitud. En conjunto poseen forma de cordón y aparecen en grupos de 3 o 4. El número de raíces guarda estrecha relación con el tamaño del tallo.

Gravandes (1973) estableció que el control adecuado de la humedad en el suelo es la clave del éxito en la agricultura bajo riego y puesto que este recurso es costoso, los agricultores tienen que aprender a usarla eficientemente para obtener los máximos rendimientos

Trochoulías (1973), en experiencias realizadas con la variedad 'Giant Cavendish' en suelos arcillosos, y probando diferentes porcentajes de humedad del agua aprovechable (90, 80, 60 y 30), encontró que el número de racimos, su peso, el número de "dedos", "manes" y longitud de los "dedos" se incrementaban significativamente cuando el contenido de humedad en el suelo era del 90% del agua aprovechable.

Arcscott, Bhangoo y Karon (1965) observaron que la aplicación de láminas de riego de 66 mm cada siete días, incrementaba notablemente el peso de los racimos; igualmente, se observaron que la evapotranspiración en el cultivo se reducía cuando el contenido de humedad en el suelo descendía del 67% al 50% del agua aprovechable.

3.7 Mapeo de Suelo

3.7.1 Mapa de temático

Un mapa temático o de propósito particular es aquel cuyo objetivo es localizar características o fenómenos particulares. El contenido puede abarcar diversos aspectos: desde información histórica, política o económica, hasta fenómenos naturales como el clima, la vegetación, geológicos u otros.

El mapa base utilizado en la elaboración de los mapas temáticos es el topográficos o de propósito general simplificado (Ministerio de Fomento, 2008)

3.7.2 Mapa de usos Potencial

Un mapa de uso potencial es aquel cuyo objetivo es localizar, caracterizar la capacidad natural que poseen las tierras para producir o mantener una cobertura vegetal. Esta capacidad natural se puede ver limitada por la presencia de procesos erosivos severos y muy severos, por la profundidad efectiva, por grado de pendiente, por las características químicas y físicas

de cada suelo, por niveles freáticos fluctuantes, por el régimen de lluvias, entre otras (CAVC, 1997)

3.8 CropWat

CropWat (crop= Cultivo; wat= agua) Es un programa que utiliza el método de la FAO Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ET). Los cultivos y el calendario de riego (Ricardo Trezza, 2010) .Puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de los cultivos y sus requerimientos de riego en base a datos climatológicos y de cultivo ya sean para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos.

Para el cálculo de requerimientos de agua del cultivo (RAC), CropWat requiere de datos de evapotranspiración (ETo). CropWat permite al usuario ingresar valores de ETo, o ingresar datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, lo cual permite al programa calcular la ETo aplicando la ecuación de Penman-Monteith (Ricardo Trezza, 2010).

También son necesarios los datos de precipitación, y son utilizados por CropWat para calcular la precipitación efectiva como datos de entrada para el cálculo de los RAC y la programación de riego (Ricardo Trezza, 2010).

3.8.2 Estructura del programa

El programa CropWat se organiza en ocho módulos diferentes, de los cuales 5 son módulos de datos de entrada y 3 son módulos de cálculos. Estos módulos son accesibles a través del menú principal pero se puede acceder más fácilmente a través de la barra de módulos que está permanentemente visible en la parte izquierda de la ventana principal. (FAO, 2011)

Los módulos de entrada de datos de CropWat son los siguientes:

1. Clima/ETo
2. Precipitación
3. Cultivo
4. Suelo
5. Patrón de cultivos

Los módulos de cálculos de CropWat son:

6. RAC – para cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos
7. Programación – Para cálculo de los calendarios de riego
8. Esquema para el cálculo del régimen de la oferta de agua sobre la base de un patrón de cultivo.

IV MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del área de estudio

La finca “Trojas A” es un lugar totalmente cultivado por banano (*Musa paradisiaca* spp), tiene una área total de 722 Ha. Esta se encuentra ubicada en el municipio de Olanchito, Yoro en zona norte de Honduras, en una de las principales regiones productoras de banano del país. Según las coordenadas geográficas este sitio se encuentra ubicado a 15°26'58.95'' latitud Norte y 86°39'52.05 latitud Oeste; su altitud es 150 msnm, precipitación anual promedio es 1,500 mm/año, cual el 90% de las lluvias se concentra en el periodo de Junio hasta noviembre y Diciembre.

La temperatura máxima anual es de 30 °C, mientras que la mínima anual fluctúa entre los 20 °C; con respecto a humedad relativa según el promedio anual es de 78%; la evapotranspiración calculada (utilizando la ecuación de Penman-Monteith) es de 3.61 mm día⁻¹; la velocidad del viento, 7 km/día, con 7 horas de insolación y la radiación solar media anual es de 19 MJ/m²/día. El clima está clasificado como AS, Cálido con verano seco,

4.2 Equipos y Materiales

4.2.1 Equipos

Estacas, cordel grueso o cuerda, cuaderno, cinta métrica, etiquetas, brújula, mapa de finca, machete, barreno, pala o palín, cuchillo, Balde, bolsa plásticas limpias, marcadores, Etiquetas o hojas para identificar la muestra.

4.3 Selección de los sitios

En la selección del sitio se usó varia información cuales fueron: la observación de paramentos relación al potencial de producción y datos de estudios previamente realizados. Mediante esta manera se pudo identificar y seleccionar 7 sitios representativos de la región. En cada uno esos sitios se extrajeron las muestras de suelo de cada uno de los transectos marcados, cada muestra ayudo a caracterizar el perfil del suelo correspondiente al sitio que esté represento

4.4 Marcado y definición de transectos

Después que se definió las áreas a muestrear se prosiguió al marcado y el trazado de transectos. El marcado se hizo a través de transectos perpendiculares de tres por nueve kilómetros en el área de estudios, hasta cubrir el área completamente, esto formo rectángulos que dividió el área en varios transectos, y dentro de cada uno de los transecto elegido para extraer la muestra, se marcó con estacas una cuadrículado de 50 por 50 metros para definir el lugar de extracción de muestra. En cada estaca colocada se perforó con el barrero y se extrajo las muestras con el propósito de medir las características físicas y químicas del suelo y determinar los tipos de suelos en cada una de los 7 sitios.

4.5 Extracción de la muestras

Una vez definido el lugar y trazado del terreno se prosiguió a la extracción de las muestras. La extracciones se hizo con barreno, antes de introducir el barreno dentro del suelo se limpió el lugar elegido tratando de quitar material como ser: fertilizante, cales, estiércol y/u otro sustancia que contamine la muestra. Una vez introducido el barreno se extrajo cuidadosamente evitando dañar la muestra para realizar los análisis respectivos.

Luego, se describió, in situ, las siguientes caracterizaran físicas de cada uno de las muestras: Profundidad, textura al tacto, color en húmedo, estructura, pH, conductividad eléctrica, humedad del suelo disponible, tasa máxima de infiltración, profundidad radicular y reacción

al HCL 1 N. Después de la descripción física se tomó una pequeña muestra y se colocó dentro de un balde previamente esterilizado para luego hacer los llevarlos al laboratorio y hacer análisis químicos repetitivos del sitio

4.6 Preparación de la muestra

Una vez hecha la descripción de campo. Se preparó todo el suelo extraído que fue colocado dentro de los baldes. Para ello, se me mezcló bien el suelo evitando contaminarlas. Tras ser mezcladas homogéneamente, si la cantidad de la muestra tomada era demasiado grande, se reducía el total de la muestra a un Kilogramo. Luego, el suelo era colocada dentro de una doble bolsa plástica, se colocaba la descripción del sitio y se introducía la etiquetaba entre bolsa y bolsa para sellarla de manera segura.

4.7 Identificación de los suelos de referencia

Luego de la descripción de campo, se tomaron las muestras de cada uno de los 7 siete sitios y se determinara mediante análisis en laboratorio los tipos de suelos de referencia. Una vez tomada las muestras del campo, se secó al aire, bajo sombra y se tamizó a través de una tamiz de 2 mm antes de empezar los siguientes análisis de laboratorio: conductividad eléctrica (Chavira y Castellanos, 1987), pH en una porción de 1:1 suelo/agua (Schnotzetr, 1982), contenido de materia orgánica, análisis gravimétrico, análisis de titulaciones conductimétriales, textura del suelo mediante el método de Boyuco y el contenido de carbonato de calcio (Enríquez, 1987).

Los análisis se realizaron para determinar el tipo de suelo correspondiente a los sitios. La clasificación final del suelo se interpretara mediante las claves de interpretación de suelo para el cultivo de banano de la empresa de “Standard Fruit de Honduras”.

4.8 Cálculo de los requerimientos hídricos

Para calcular los requerimientos hídricos del cultivo se utilizara el software CropWat 8.0 versión para Windows (CropWat, 2002). Para cada tipo de suelo de referencia se ingresara al programa los datos de las variables climatológicas y variables relativas al cultivo. Se tomó la información climatológica con base al registro diario disponible en el último periodo de 10 años en la estación climatológica de Coyoles, Central proporcionada por el Servicio Meteorológico Standar Fruit de Honduras ANEXO 1

4.9 Etapa de redacción y edición

En esta etapa se analizan e interpretan los resultados de los análisis tanto de campo como de laboratorio y se elaboran los diferentes mapas por cada una de las características evaluadas. Además de los mapas representativos de las propiedades se elabora un mapa de uso actual y uno de capacidad de uso. Esta etapa culmina con la redacción y sustentación del informe final.

4.10 Variables evaluadas

4.10.1 A nivel de campo

- **Pendiente:** Esta variable medirá utilizando el clinómetro del GPS tomado el promedio para las zonas homogéneas. Las pendientes serán evaluadas y agrupadas como se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción para la variable pendiente.

Pendiente	Definición
< 7%	Ligera
7-15 %	Moderada
15-20 %	Fuerte
20-25 %	Muy fuerte
25-30 %	Abrupta
> 30 %	Muy abrupta

- **Profundidad del suelo y profundidad efectiva:** Para evaluar estas variables se construyó una calicata por cada zona homogénea. La profundidad del perfil consistirá en medir desde la superficie del suelo hasta el material parental y la profundidad efectiva desde la superficie hasta donde se encuentra obstáculos para el desarrollo radicular. Para ello se hará uso de cintas métricas.
- **Color:** Esta variable también se determinó por cada una de las zonas homogéneas, tomando una muestra del horizonte superficial y evaluándolo con la tabla Munsell.

4.10.2 A nivel de laboratorio

- **Densidad aparente (DA):** Esta propiedad física se determinó usando el método de cilindro. Se realizara tres repeticiones por zona homogénea obtener resultados estadísticamente representativo. La densidad aparente se determinara de manera indirecta mediante la fórmula.

$$DA = \text{Masa del suelo} / \text{Volumen del Cilindro}$$
- **Concentración de Nutriente** Los elementos nutricionales se determinaran de acuerdo a los métodos siguientes:
 - Método de Micro Kjeldall: Nitrógeno Total
 - Método del suelo Volumen del Cilindro
- **PH:** Esta variable se determinara haciendo uso de pH metro o potenciómetro
- **Textura:** Esta variable se determinará según la metodología de la pipeta de Robinson.
- **Capacidad de uso del suelo:** La inclusión de la capacidad del suelo en el procedimiento de evaluación significa que el representa áreas con algún riego de erosión cuando la tierra se utiliza de acuerdo con su capacidad. La erosión en áreas

puede atribuirse a un mal manejo del suelo mientras que cuando tiene lugar en tierras cuyo uso está en discordancia con la clasificación de su capacidad agrologica, se atribuye al mal uso del suelo. Para determinar las clases de suelo se utilizan los parámetros descrito en el cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de las clases de suelo.

Clase	Características
I	Profundidad efectiva >120; Pendiente % 3 a 7%; Textura Franco, Franco limoso y Franco arena media fina; pH 5 a 6.3; % Saturación de bases 60-100; Estructura Granular o bloques angular o sub angular; Consistencia Muy friable, friable; Grava Fina <15%; Drenaje Bien drenado; Clase hidrológica B; Densidad aparente 1.3 a 1.6; Resistencia a la penetración <1.65
II	Profundidad efectiva 90cm; Pendiente % 7 a 12%; Textura Franco arcillo limosa, Franco arcillosa, Franco arcilloso arenoso, Franco arcilloso fina y arena franca muy fina; pH 5 a 6.3; % Saturación de bases 30-60; Estructura Todos los clases I y prismático muy fino, fino y medio; Consistencia Firme, muy friable firme; Grava Fina de 15-30% media < 15%; Drenaje Moderadamente bien drenado; Clase Hidrológica B y C2; Densidad Aparente 1.2 a 1.6; Resistencia a penetración 1.66 a 1.72
III	Profundidad efectiva 50cm; Pendiente % 7 a 12; Textura Arcillo limoso, Arcillo arenoso, arena franca fina, Franca arena media; pH 4.5 a 5; % Saturación de bases <30 o > 100; Estructura primas y bloques gruesos, primas medios y masiva; Consistencia Muy firme; Grava Fina de 30 a 60%; Drenaje Algunas veces pobremente drenado; Clase Hidrológica A y C1; Densidad Aparente <1.3 o >1.6; Resistencia a la penetración 1.72 a 2.0.
IV	Profundidad Efectiva <60cm; Pendiente % >15; Textura Arena > 45%, arena, gris gleizado pH <4.5 a >6.3; Estructura Masiva, prismas muy gruesos o láminas de todo tamaño; Consistencia Extremadamente firme, no enmendable; Grava Fina >60%; Drenaje pobre y muy pobremente drenado; Clase Hidrológica D; Densidad aparente <1.2 o >1.6; Resistencia a la penetración >20.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Selección y descripción del perfil del suelo en los sitios representativos

En el cuadro 3 se describe las características físicas representativo a cada uno de los 7 sitios. En el anexo 4 se encuentra el bosquejo general representado el lugar de la selección de los sitios. Este representa solamente 40 cm de profundidad del perfil.

Dando una idea general del terreno, el suelo es complemente plano, con pendientes menores a 1%, suelos profundo, con abundante porosidad, valores de pH favorables al cultivo y sin problemas de salinidad (cuadro 4).

Cuadro 3. Características físicas del suelo en los 7 sitios representativos de la zona de cultivo de banano de Trojas “A”, Olanchito, Yoro, determinación *in situ*.

Sitio	Profundidad Total (m)	Textura al Tacto	Estructura	Color en Húmedo
1	>0.90m	FAL	Prisma fino	10YR-2/2
2	>0.90m	FA	Bloques Angular	10YR-2/4
3	>0.60m	aFmf	Sub-angular	10YR-4/4
4	<0.90m	AL	Sin Estructura	10YR-2/1
5	<0.90m	AL	Sin Estructura	10YR-2/1
6	<0,60	aFf	Prisma medio	10YR-3/4
7	<0.60	aFm	Prisma grueso	10YR-5/4

*Aa= Arcillo arenoso; aFmf= Arena franca muy fina; aFf= Arena franca fina; aFm= Arena franca media; AL= Arcillo Limoso; FA= Franco Arcilloso

Cuadro 4. Características químicas del suelo en los 7 sitios representativos de la zona de cultivo de banano de Trojas “A”, Olanchito, Yoro, determinación *in situ*.

Sitio	C.E. (dSm-1)	pH	Reacción al HCL
1	0.5	7.5	Nula
2	0.5	6.0	Nula
3	0.3	7.0	Nula
4	0.5	6.0	Débil
5	0.6	6.0	Nula
6	0.5	7.3	Nula
7	0.8	5.8	Nula

5.2 Identificación de los suelos de referencia

La identificación de los suelos de referencia fue determinada e identificada mediante la caracterización de cada uno de los siete sitios de muestreo. La caracterización se hizo mediante muestre total de la zona. Para esto se tomó una pequeña porción de suelo de cada uno de los muestreos, se mezclaron las pequeñas porciones una con otra hasta tener una muestra homogénea de cada uno de los siete sitios y así luego hacer los análisis respectivos para identificar el suelo de referencia al sitio que corresponde.

Se identificaron un total de 3 clases de suelos, definido como suelo de referencia. Estos suelos fueron agrupados según su variación edáfica para el cultivo de banano propuesta por el sistema bicatagórico Standar Fruit de Honduras. Los suelos de referencia se encuentran descritos en el cuadro 6-7.

Cuadro 5. Variables utilizadas por el programa CropWat para calcular requerimiento hídricos según el tipo de suelo en Trojas A, Olanchito, Honduras.

Variables Climáticas	Variables del Suelo		
Temperatura (máxima y mínima)	Etapa Fenológicas	Coefficiente de Uso consuntivo(kc)	Profundidad de raíz
Precipitación	Inicial (120)	1,00	40 cm
Humedad Relativa	Desarrollo (60 días)	1,15	40 cm
Velocidad del viento	Media (180)	1,20	40 cm
Evaporación	Fin de temporada	1,10	40 cm
Horas de insolación	(5 Días)		

Los suelos con productividad alta incluyen a los suelos clases II y III que representa el mayor porcentaje de la superficie total donde se cultiva el banano; los suelos con productividad baja corresponden a los suelos clases IV que representa un porcentaje muy bajo del área total (cuadro 8).

Cuadro 6. Características físicas y potencial productivo estimado de los suelos de referencia para el cultivo de banano en la localidad de Trojas A, Olanchito, Honduras.

Tipo de suelo	Textura		Resistencia a penetración (Kg cm)		Retención de Humedad (mm)	Potencial Productivo	Porcentaje cultivado con banano
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-60 cm			
Clase III	AL	Aa	3.70	3.5	44	Bajo	47.44
Clase II	F	AL	0.78	2.41	52	Medio	19.23
Clase IV	Aa	aFm	1.0	1.0	36	Muy bajo	33.33

*AL= Arcillo Limoso; Aa= Arcillo arenoso; F= Franco; aFm= Arena Franca media

Cuadro 7. Características químicas de los suelos de referencia para el cultivo de Banano en la localidad de Trojas A, Olanchito, Honduras

Tipo de Suelo	pH		C.E (dS m ⁻¹)		Reacción al HCl 1N		Materia Orgánica (%)	
	0 30cm	30 70cm	0 30cm	30 70cm	0 30cm	30 70cm	0 30cm	30 70cm
Clase III	7.24	7.58	0.615	0.439	Media	Fuerte	1.64	0.67
Clase II	7.44	6.88	1.15	0.506	Débil	No	2.08	0.91
Clase IV	7.47	7.97	0.566	0.397	Media	Media	1.27	0.32

5.3 Cálculo de requerimiento de riego sin incluir el suelo

El cálculo de requerimiento de riego, según el programa CropWat, considero variables climatológicas efectuando el balance hídrico con la precipitación efectiva; cálculo de la evapotranspiración potencial, según Monteih; y los valores de Kc correspondientes a las fases fenológicas del cultivo. El estudio se llevó a cabo durante la fecha 16 junio de 2013 al 16 Agosto de 2013. Durante esta fecha en esta zona la precipitación es más elevada con respecto a los otros meses y se encontró que, que para esos 3 meses el requerimiento hídrico del cultivo de banano en esta zona fue de 451.3 mm. En cambio, la precipitación pluvial efectiva para esos meses fue 344.4mm. En consecuencia, el déficit de humedad o requerimiento de agua de riego fue 106.9, cual tuvo que ser cubierto por el riego.

5.4 Cálculo de requerimiento de riego incluyendo el suelo

Los valores de precipitación pluvial y de evapotranspiración para la zona de estudio varia altamente, Disminuyendo la precipitación y aumentando la evapotranspiración en el verano y viceversa para la época lluviosa. Sin embargo, la precipitación efectiva varió en función al tipo de suelo y en consecuencia, el requerimiento de lámina de riego.

De acuerdo a los análisis de la efectividad del agua de lluvia en los distintos tipos de suelos se pudo estimar pérdidas desde 49.4% para el suelo clase IV hasta el 14.3% para el suelo

clase III de la precipitación pluvial total. Esto se debe a la variedad entre los factores de la capacidad total de retención de humedad y la textura del suelo, los cuales influyen en el escurrimiento e infiltración.

Cuadro 8. Requerimiento hídrico del cultivo de banano en la localidad de “Trojas – A”, Olanchito, Honduras (calculado con el uso del programa CropWat)

Tipo de suelo	Precipitación pluvial (mm)		Evapotranspiración	Requerimiento de riego
	Total	Efectiva	(mm)	(mm)
Clase III	521	352.71	447	94.29
Clase II	521	446.49	447	0,51
Clase IV	521	263,62	447	183,38

El cultivo de banano en Trojas - A, Olanchito, Honduras es favorecido por algunas condiciones de los suelos como: profundidad, buen drenaje, ausencia de salinidad, pH neutros y suelos muy porosos. Estas características son favorables para el desarrollo de las raíces (Robinson, 1995). Sin embargo, algunas características (como la estructura de bloques sub-angulares y las texturas arenosas y arcillosas) limitan la capacidad del suelo para proporcionar suficientes humedad al cultivo, debido a poca capacidad de retener el agua.

Por otra parte, la mayoría de los suelos tiene pendientes pocas profundas ($\leq 1\%$), condición que nos permite controlar el drenaje evitando mucho las escorrentías por pendiente; aunque esos canales de drenaje donde corren el agua de riego para ser distribuida por las bombas a toda la finca, ocasionan el arrastre de partículas de suelo acelerando el proceso de erosión de esos sitio y convirtiendo los suelos arenosos.

Este es un de los factores que a provoca que los suelos cercanos a los canales se degeneren haciendo caer los suelos de clases II a clases III o clases IV. Produciendo que los sitios cercanos a los canales sean más arenosas y menor retención de agua disponible para la planta. Lo anterior puede ser uno de los factores responsables del bajo rendimiento en dichas zonas y al mayor requerimiento de agua.

En esta investigación se estima la lámina de riego en promedio necesaria para suplementar los requerimientos hídricos de la planta de banano en los suelos clase II, III, IV durante el periodo de estudio. El método de estimación se basó en el dato de precipitación pluvial (521 mm) equivalente a los meses de Junio, Julio y Agosto, la cantidad de precipitación efectiva cuales fueron: 352.71 mm de agua para suelo clase III; 446.49 mm para suelo clase II y 263.62 mm de agua para el clase IV, en la cantidad de precipitación requerida 447 mm de agua para los 3 meses.

Con base en esta información climáticas, se mostró que durante el ciclo que se hizo este estudio, la precipitación fue insuficiente para cubrir la demanda hídrica y se recomienda aplicar una lámina de 183.89 mm distribuida en 3 meses de la etapa de producción del cultivo para el suelo clase IV, cual obtuvo la menor capacidad de retención de precipitación logrando solamente retener 263.62 mm de agua de un total de 521mm total (cuadro 7). Sin embargo, esto no fue ningún problema para el suelo clase II, cual solo requirió una lámina de riego de tan solo 0.51mm para los mismos 3 meses.

La fluctuación del rendimiento entre años puede deberse al impacto de la variabilidad del patrón anual de precipitación pluvial, sin embargo, los registros climatológicos de 10 años en la región de Olanchito, Yoro, también muestra que aproximadamente la mayor precipitación se muestra entre los meses de Junio a Agosto, siendo la fecha del periodo de estudio. Algunos estudios han demostrado que el suministro insuficiente de agua en ciertas etapas de desarrollo afecta negativamente a la producción cuales son: Peso del racimo, numero de manos y el número de dedos por racimo (Costa *et al.*, 2009).

Particularmente esta etapa donde interviene la floración y crecimiento de fruto es la etapa donde la planta demanda de más agua y en dicha zona este periodo se mantiene constante durante todo el año debido a las diferencias entre parición de las plantas en un mismo lote, cual se ve muy afectado en las épocas de sequias debido al mal suministro de agua, como consecuencia a la bajo promedio de producción.

Aunque el procedimiento anterior constituye una guía preliminar aceptable, no se consideran la influencia de los diferentes tipos de suelos en las condiciones de humedad para el cultivo. En este trabajo, al incorporar los datos relativos a las características de los suelos al programa, el cálculo de requerimiento de riego se incrementó desde 0 mm requerimiento de agua hasta 183.38 mm para cada uno de los 3 meses del estudio (Cuadro 7).

Los datos climatológicos tienen aplicaciones generales para diferentes estudios y el análisis de los mismos permite diseñar escenarios posibles de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia en la precipitación. Se puede lograr deducir de acuerdo a los datos climatológicos que los meses de Junio, Julio y Agosto tiene una probabilidad muy alta de frecuencias de lluvia con respecto a los otros meses, Febrero-Marzo y Abril, la cual tiene una muy baja probabilidad de lluvia.

Los datos climatológicos contrastados con los diferentes tipos de suelos en el programa CropWat permiten calcular el déficit hídrico en los diferentes escenarios y adaptarlos a los requerimientos hídricos, evitando el riego de sufrir estrés hídricos, cual podría bajar la productividad.

Aun bajo escenarios en los que la lluvia es apropiada para el cultivo, hay una gran limitante debido a la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y con la frecuencia e intensidad con que se presenta la precipitación. En la región de estudio, son comunes los eventos de 50mm o más en 24 horas, cual propicia que el agua se pierda por escorrentías y se infiltre sin ser aprovechada por la planta.

La información climatológica y de suelos, en conjunto con el programa CropWat (FAO, 2011), de acuerdo con los resultados de estudio, constituye una herramienta para efectuar ajuste en los programas de riegos, o en otras palabras, cambiar las láminas de riego y frecuencia de riego en huertas donde se desea determinar con buena precisión un programa de riego.

VI CONCLUSIONES

Se identificaron 3 clases predominante de suelos, de acuerdo a 156 observaciones en 7 siete sitios diferentes se pudo encontrar un porcentaje de 19.23% suelos clases II, 47.44% suelos clases III y 33.33% suelos clases IV, siendo diferentes los requerimientos hídricos para cada clase.

Los requerimientos hídricos según la clase de suelo son diferente he independiente a la precipitación total. El suelo clase IV, requiero 183.38mm de agua extras a la precipitación efectiva para cubrir las necesidades del cultivo. Sin embargo, el suelo clases II tan solo requirió 0.51mm de agua para cubrir las necesidades.

Según el estudio y los análisis de los resultados, la distribución y cantidad de agua proporcionada al cultivo de banano no está siendo irrigada correctamente, debido a la alta variabilidad entre las características suelos que hacen fluctuar los requerimientos hídricos de la planta.

VII RECOMENDACIONES

Proporcionar la cantidad de agua adecuada para el cultivo de acuerdo a la clase de suelo predominante en cada una de las zonas.

Trazar los sistemas de riego de acuerdo a grupos de clases de suelo para aprovechar las ventajas de retención de agua y disminuir la frecuencia de riego.

Realizar estudios de comportamientos de productividad y calidad de frutos de la planta de banano de acuerdo a la cantidad de agua calculada por el programa CropWat para cada una de las clases de suelo.

VI BIBLIOGRAFIA

Allen, R.G. Evapotranspiración del cultivo: guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAP. 298 pag.

Arscoot, T., M. Bhangoo and M. Karon. 1965. Irrigation investigation of the Giant cavendish banana. Tropical Agriculture. Trinidad 42:139-144.

Costa, S. C.; Alves, A.; Sediya, G. Ch.; De Araujo, V.; Vinicius, T.; De Oliveira, M. Y. y Vania, F. 2009. Behavior of parameters index of production of the banana Pacovan submitted to different irrigation levels and rates of potassium in the Chapada do Apodi - Limoeiro do Norte-ce. CAATINAGA. Vol. 22 (4) 46-52 pag.

Corporación municipal. 2010. Diagnóstico de la condiciones Del sector agua y saneamiento en el municipio. Olanchito, Honduras. Diagnóstico. 59 pag.

CropWat for Windows version 4.2. 2002. Martin Smith, Derek Clarke and Kahled El-Askarii. *Food and Agriculture Organization, Rome, Italy; SouthHampton University, UK., National Water Research Center. Cairo, Egypt.*

Cruz, V. J. Torres, J.S; Besosa, T.R. y Rojas, L.R. 2008. Resultados preliminares acerca de la función de respuesta de la caña de azúcar al agua. Carta trimestral, vol 30, no. 1-2, 12-16 pag.

Champion, J. 1968. El plátano. Trad. F Palomeque. 1 ed. Barcelona, España. Editorial BLUME. 15, 17-18p.

Chavira, R. y Castellanos J. Z. 1987. Sales solubles. En: Aguilar, A. S.; Etchevers, J. D. y Castellanos, J. Z. (Eds.). *Análisis químicos para evaluar la fertilidad del suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. De México. Pp. 109-124.

Ebdon, J.S y Petrovic, A.M. 1998 Morphological and growth characteristics of low and high-water use in Kentucky bluegrass cultivars. *CropScience*. Enero-Febrero. Vol. 38. No. 3-4. 12-16 pag.

Enríquez, R. S. 1987. Carbonatos. En: Aguilar, A. S.; Etchevers, J. D. y Castellanos, J. Z. (Eds.). *Análisis químicos para evaluar la fertilidad del suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. de México. Pp. 124-131.

Gravades, S. 1973. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Ed. LimusaWiley SA. México. 351 p.

Jiang, T, Fountain, J. Davis, G. Kemeraït, R. Scully, B. Lee, R.D. y Guo, B. 2011. Root morphology and gene expression analysis in response to drought stress in maize (*Zea Mays*). *Plant molecular biologyreporter*. 1-10 pag.

Koehler, P.H; Moore, P.H; Jones, C.A; De la Cruz, A. y Maretzki, A. 1982. Response of drip-Irrigated sugarcane to drought stress. *Agronomy Journal*. Vol. 74, 906-911 pag.

Ministerio de Fomento, 2008, Instituto geográfico Nacional. Madrid, España. En línea www.Fomento.es. 21 pag.

Orellana, H.1 200. *Vademécum Agrícola*. Manual de Cultivos, Cultivo de Banano. Edifarm. Ecuador. pp. 56, 57.

Pérez, O. 2004. Descripción de los suelos de referencia para planeación de la investigación y transferencia de tecnología en la llanura costera de Tecomán, Colima. Libro Científico No.1. Campo Experimental Tecomán, Colima CIRPAC. INIFAP. México.

Ramirez Vallejo, P. y Kelly, J. 1992. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*. Vol. 99. 127-136 pag.

Robinson, J. C. 1995. System of cultivation and management. En: *Banana and Plantains*. Gowen, S. (Ed.) London: Chapman & Hall, pp. 15-65.

Rodríguez, P. 2006. Implicaciones fisiológicas de la osmorregulación en plantas. *Agronomía Colombiana*. Vol. 24. No. 1. Pag. 28-37.

Rojas C. 2005. Planeación urbana y regional: un enfoque hacia la sustentabilidad. (en línea) Plaza y Valdez, México D.F. ISBN 970-722. 351 p. (citado 8 de Octubre de 2013). Disponible en:
<http://books.google.com.co/books?id=CWkrE8RVM4QC&printsec=frontcove>

Trezza R. 2010. CropWat para Windows. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 29 Pag.

Sanchez D. y Aguirreolea J. 2000. Transporte de agua y balance hídrico en la planta, Cap 4 en fundamentos de Fisiología Vegetal, por Joaquin Azcon y Manuel Talón. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana. 45-64 pag.

Schnitzetr, M. 1982. Organic matter characterization. En: Methods of Soil Analysis Part 2. Page, A. L.; Sparks, D. L.; Helmke, P. A. y Loeppert, R. H. (Eds.). 2nd. Ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, Wi. Pp. 581-594.

Stewart, B.A y Howell, T.A. 2003. Encyclopedia of water science. 1079 pag.

Stover, R.H. & Simmonds N.W. 1987. Bananas. Willey & Sons, New York.

Soto, M. 1998. Bananos, Cultivo y Comercialización. Editorial LIL, S.A. Segunda Edición. Costa Rica. pp. 56 – 61, 136 – 168, 230 – 294.

Taiz, L y Zeiger, E. 2002. Plant physiology. 3th edición. Sinauer associates. 690 pag.

TROCHOULIAS, T. The yield response of banana to supplementary watering. Australia Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13(63):470-472. 1973.

Yang, j y Zhang, j. 2010. Crop management techniques to enhance harvest index in rice. Journal of Experimental Botany. Vol. 61, no. 12, 3177-3189 pag.

ANEXOS

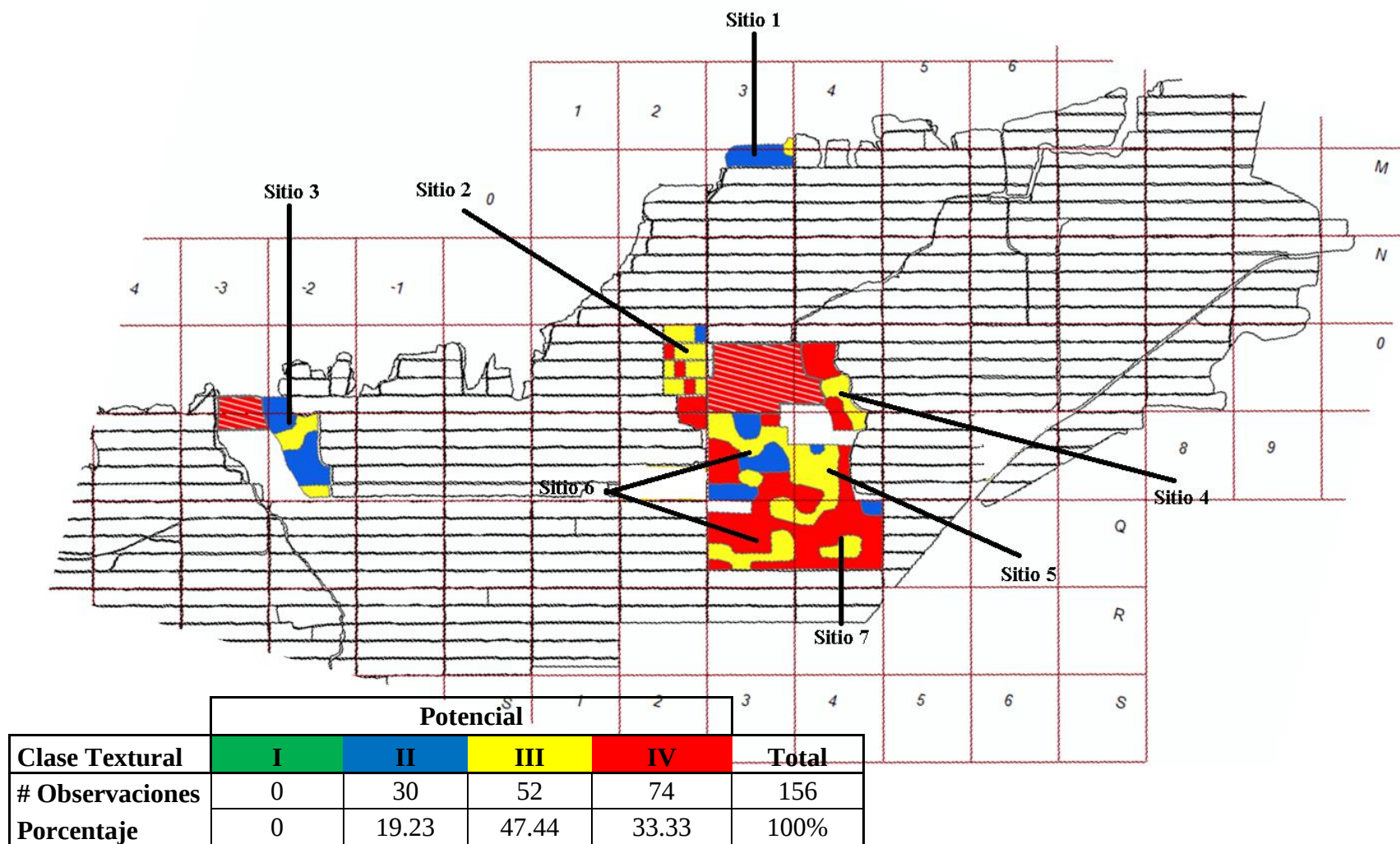
Anexo 1. Bosquejo general de la finca “Trojas A” representado cada uno de los sitios muestreados.



Anexo 2. Datos climatológica con base al registro diario disponible en último periodo de 10 años en la estación climatológica de Coyoles, Central.

Mes	Temperatura Max °C	Temperatura Min °C	Humedad %	Viento Km/dia	Insolación horas	Radiación MJ/m2/dia	Eto mm/dia
Junio	33.5	19	78	8	10.2	24.8	4.93
Julio	30.9	17.5	78	10	9.6	23.9	4.53
Agosto	30.3	18.4	79	7	8.5	22.4	4.17
Promedio	31.56	18.3	78.33	8.33	9.43	23.7	4.54

Anexo 3. Mapa de capacidad de uso de “Trojas A” representado las clases de suelo con el respectivo colores.



Anexo 4. Estación de riego “Trojas A”



Anexo 5. Muestras de suelo



Anexo 6. Revisión del sistema de riego

