

**DESARROLLO DE UN MODELO DIGITAL PARA MANEJO
AGRONOMICO DE PALMA AFRICANA Var. Tenera IRHO
(*Elaeis guineensis* Jaqc.) VALENCIA – LOS RIOS. 2004**

Santiago Sghirla¹, Arturo Orquera²

RESUMEN

La finca Agrícola Palmera Zurita, se encuentra ubicada en Valencia, Los Ríos, a 130 msnm, se evaluó la Geomorfología, Suelos, Clima y Requerimientos del cultivo de palma africana; para con los parámetros y clases de cada una de las variables formar una matriz de ponderación y que el resultado de esta produzca un mapa Agrológico. Cabe destacar que se realizó un levantamiento topográfico de la finca con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y se tomaron 823 cotas con los que se realizó el modelo digital del terreno, para de esta manera identificar zonas de conflicto, es decir áreas bien utilizadas, áreas susceptibles y áreas sobre utilizadas. Es importante mencionar que dentro de las características químicas de suelo, se obtuvo un parámetro de fertilidad, el cual se evaluó con 20 muestras en campo que se extrapolaron con el modelo geoestadístico de Kriging, donde se determinó trece mapas (once nutrientes, materia orgánica y potencial hidrógeno). Los mapas de fertilidad se verificaron en campo y se validaron con la toma de cuatro muestras de comprobación. De los mapas se obtuvo buenos resultados con la comparación “t” de student, donde en 11 de los 13 mapas se aceptó la hipótesis alternativa planteada para la validación, la cual es que “los grupos de dato son similares”. Con el Modelo Digital de Terreno, se puede planificar el riego, la fertilización y labores como deshierbas y cosechas, ya que se dispone de la superficie de cada lote, superficie que afecta cada válvula de riego, del número y ubicación de cada una de las plantas.

SUMMARY

The Palmera Zurita agriculture property is located in the area of Valencia in the Province of Los Ríos at 130 meters above sea level. Geomorphology, soils, climate and African palm crop requirements were assessed in order to use the parameters and classes of each one of the variables to develop an assessment matrix and use the outcome to develop an agrological map. A 823 milestone topographical survey of the property was carried out using a geographical positioning system (GPS) with which a digital model was produced to identify conflict areas, that is, well-used areas, vulnerable areas and overused areas. Fertility was one of the soil chemical features that were studied, being assessed using 20 field samples that were extrapolated following the Kriging geo-statistical model to produce thirteen maps (eleven on soil nutrient distribution, one on organic matter distribution and one on the hydrogen potential distribution). The fertility maps were checked in the field and validated using four verification samples. The maps showed good results using a Student “t” comparison, through which the alternative hypothesis for validation (expressed as “the data groups are similar”) was accepted for 11 of the 13 maps. Irrigation, fertilization and tasks such as weeding and harvesting can be carried out using the field digital model, since the area of each plot, the area affected by each irrigation valve and the number and location of all plants are known.

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Casilla 24, Quito-Ecuador. Autor.

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Casilla 24, Quito-Ecuador. Director de Tesis.

INTRODUCCION

En el mundo han existido muchos adelantos tecnológicos en los que se puede mencionar a los Sistemas de Posicionamiento Global, el diseño auxiliado por computadora, los Sistemas de Información geográfica y otros implementos que permiten medir rendimientos y evaluar características físicas y químicas de los suelos en tiempo real, los cuales han contribuido al aumento de la producción mundial, pero quizás el cambio más significativo de finales de siglo sea la agricultura de precisión, que no es sino la automatización del Manejo Sitio Específico de los Cultivos, es decir realizar el manejo adecuado en el sitio adecuado, para así evitar dar el mismo tipo de manejo a un área heterogénea (3). Usando para esto ordenadores, sensores y otros equipos electrónicos. En Latinoamérica, Argentina viene encabezando investigaciones en esta materia, pero por ser un país ubicado en una zona templada, únicamente ha trabajado con maíz, trigo, cebada y otros cultivos aptos para esta zona, es por eso que llama mucho la atención que no se maneje estas tecnologías en zonas tropicales, siendo Costa Rica que se introdujo a estas tecnologías hace unos 5 años. Esto motivó a que el cultivo de Palma Africana que presenta una tendencia siempre creciente sea estudiado en un modelo digital, para que el Ecuador se introduzca de una vez en estas tecnologías que están al alcance de todos. Es necesario aclarar que este estudio es un elemento constitutivo de la Agricultura de Precisión, utiliza varias herramientas de última tecnología que se las describirá más adelante y pretende también contribuir al conocimiento de los beneficios de esta agricultura del futuro. Actualmente existen aproximadamente 207 000 mil hectáreas del cultivo de palma africana en el país (2). Este importante cultivo mueve interesantes inversiones, genera importantes puestos de trabajo e impulsa el desarrollo agropecuario del país (7). En América el Ecuador es el segundo productor de Palma Africana, el cuarto exportador de Aceite de Palma Africana y el segundo consumidor a nivel Industrial (10).

OBJETIVOS

1. GENERAL

Desarrollar un modelo digital para caracterizar la finca “Agrícola Palmera Zurita” con cultivo de Palma Africana var. Tenera IRHO (*Elaeis guineensis Jacq*), bajo los conceptos de Agricultura de Precisión.

2. ESPECIFICOS

- a. Desarrollar un Modelo Digital de Terreno (M.D.T.) georreferenciado en un Sistema de Información Geográfico del I.G.M.
- b. Desarrollar un modelo digital climatológico.
- c. Elaborar un mapa de fertilidad del suelo con ayuda de una base de datos obtenida a partir de los análisis de suelos.
- d. Evaluar y validar los mapas de fertilidad del suelo de algunas muestras de verificación.
- e. Levantar y evaluar el sistema de riego existente.
- f. Establecer una propuesta para el manejo adecuado de la finca “Agrícola Palmera Zurita” ubicada en Valencia-Los Ríos.

MATERIALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El presente estudio se llevó a cabo en la finca Agrícola Palmera Zurita, ubicada en la parroquia Valencia, cantón Valencia en la provincia de Los Ríos. Se encuentra su punto central en la coordenada UTM X: 677400 E y Y: 9917600 S, Datum horizontal Provisional sudamericano del año 1956. A una altura sobre el nivel del mar de 130 msnm, con una temperatura promedio anual de 24.0 °C, una precipitación máxima de 546.8 mm y una mínima de 18.7 mm y una heliofanía de 646 horas luz en todo el año, es decir un promedio 1.8 horas luz diarias. Las características del suelo que se presentaron en el lugar del ensayo fueron: un pH 5.98 (ligeramente ácido), pertenece al Orden Andisol, Suborden Udands, Gran grupo Hapludands (14); además, materia orgánica en el orden de 4.44 % (Medio); porcentaje de nitrógeno total 0.22 (medio); fósforo 7.92 ppm (bajo), potasio 0.60 meq/100g (rico) y calcio 6.41 (rico), magnesio 1.52 meq/100g (rico), azufre 12.20 ppm (medio), boro 0.59 ppm (bajo), hierro 26.60 ppm (medio), manganeso 0.55 ppm (medio), cobre 0.85 ppm (bajo) y zinc 0.39 ppm (medio).

Los factores en estudio fueron la Geomorfología, Suelos, Clima, Requerimientos del cultivo y las cotas altitudinales con lo que se diseñó el Modelo Digital de Terreno.

Para la Geomorfología se determinó seis clases de pendientes, para Suelos (9) se determinó las características físicas donde se tiene los parámetros profundidad, textura, pedregosidad, drenaje, nivel freático y humedad gravimétrica, cada uno con sus respectivas clases; características químicas la salinidad y la fertilidad donde se evaluó Potencial Hidrógeno, Materia Orgánica, Nitrógeno Total, Fósforo, Potasio, Magnesio, Calcio, Azufre, Boro, Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc; características climáticas como el régimen de temperatura y régimen de humedad; inundabilidad. Se determinó algunos elementos del clima como la precipitación, temperatura y heliofanía que se comparó con los Requerimientos del cultivo; cada una de las variables con sus respectivos parámetros y clases dentro de un Modelo Digital de Terreno.

El Modelo Digital de Terreno se realizó a partir del levantamiento topográfico (1). Levantamiento que se lo hizo con un Sistema de Posicionamiento Global y un Altimetro barométrico para luego corregir con una fotografía aérea digitalizada del negativo la cual fue ortorectificada con los puntos de control IGM (7). La Geomorfología se determinó del Modelo Digital de Terreno, los Suelos se caracterizaron a partir de cinco calicatas en zonas heterogéneas y veinte barrenaciones donde se determinó las características físicas y químicas (8).

Al clima se lo determinó a partir de datos promedios de más de 15 años, utilizando el método estadístico de Thiessen para extrapolar los datos obtenidos en las estaciones INAMHI (7). Los Requerimientos del cultivo se los determinó con estudios de la zona de Quevedo (4), sitio de investigación más cercano al lugar de estudio (Estación INIAP PICHILINGUE).

Cada uno de los parámetros con sus respectivas clases se ponderó en una matriz para de esta manera tener un mapa agrológico de la finca Agrícola Palmera Zurita.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características de la finca

La finca Agrícola Palmera Zurita tiene una superficie de 170.21 ha, con un perímetro de 8 079.43 metros, y se encuentra dividida en 18 lotes, cuadro 1.

Cuadro 1. Superficie, número de plantas y año de transplante en cada uno de los Lotes de la finca Agrícola Palmera Zurita. Valencia-Los Ríos 2005.

Lote	Superficie (ha)	Porcentaje de Ocupación (%)	Número de Plantas	Año de transplantes
1	6.69	3.93	876	2000
2	9.59	5.63	1 193	2000
3	6.52	3.83	789	2000
4	8.01	4.71	1 047	2000
5	2.77	1.63	408	2000
6	7.75	4.55	1 036	2000
7	12.41	7.29	1 515	2000
8	13.94	8.19	2 059	2000
9	12.37	7.27	1 739	2000
10	4.53	2.66	312	2000
11	3.08	1.81	489	1986
12	7.12	4.18	0	0
13	4.43	2.60	412	2000-2002
14	9.92	5.83	1 467	2002
15	14.78	8.68	2 056	2002
16	9.75	5.73	1 179	2002
17	12.37	7.27	1 496	2002
18	14.49	8.51	1 873	1988
Vías, construcciones y otros	9.70	5.70	0	
Suma	170.21	100.00	19 946	

Clases de Pendientes

La finca Agrícola Palmera Zurita presenta zonas con diferentes clases de pendientes, la primera que se encuentra en el rango de 0.0 a 5.0%, la segunda de 5.1 a 12.0 %, la tercera de 12.1 a 25.0 %, la cuarta de 25.1 a 50.0 %, la quinta de 50.1 a 70.0 % y la sexta de 70.1 a 100.0 %, las superficies pertenecientes a las distintas clases de pendientes se observan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Superficie ocupada por las diferentes clases de pendientes en la finca Agrícola Palmera Zurita. Valencia-Los Ríos 2005.

Clase de Pendiente	Superficie	Porcentaje de ocupación
	(ha)	(%)
0.0 a 5.0%	112.00	65.79
5.1 a 12.0 %	25.30	14.86
12.1 a 25.0 %	18.67	10.97
25.1 a 50.0 %	9.45	5.56
50.1 a 70.0 %	3.14	1.85
70.1 a 100.0 %	1.65	0.97

Clases Agrológicas

Para la determinación de las clases agrológicas se tomó en cuenta a la pendiente, el suelo y el clima de la zona, pero en relación al cultivo de palma africana, determinándose cinco clases agrológicas que se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clases Agrológicas de la de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

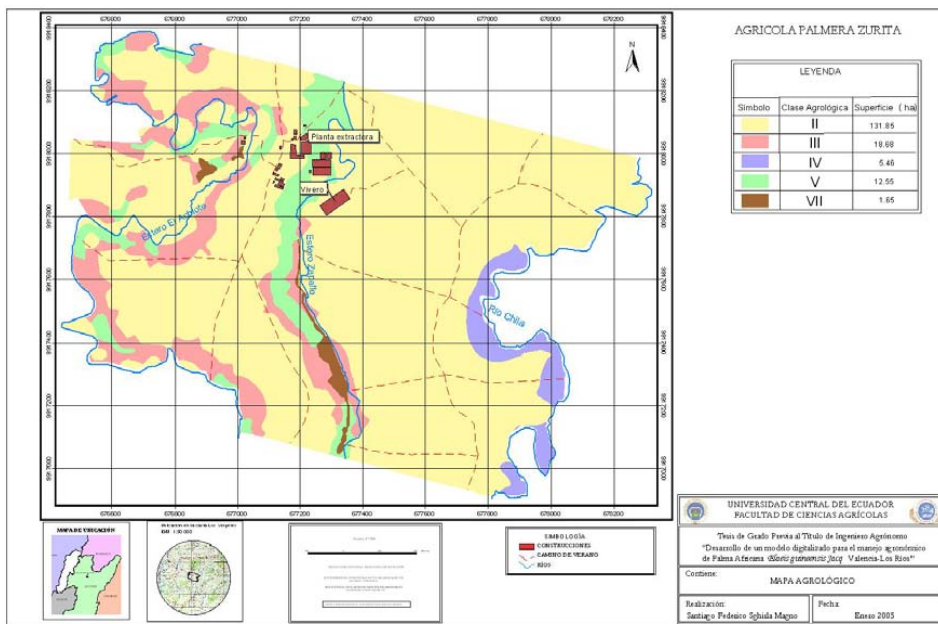
Clase	Aptitud	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
II	Cultivo de palma con métodos sencillos de manejo	131.85	77.47
III	Cultivo de palma con métodos de conservación de suelos	18.69	10.97
IV	Cultivo de palma con métodos especiales de drenaje y conservación de suelos	5.46	3.22
V	Bosques productores o pastos.	12.56	7.37
VII	Bosques protectores	1.65	0.97
Total		170,21	100,00

Los suelos de la clase agrológica II, cuadro 3 y mapa 1, no superan la pendiente de 12%, lo cual hace posible la mecanización si fuera necesario, tiene una profundidad mayor a 100 cm, textura media, son bien drenados, el nivel freático bajo, una retención de agua a capacidad de campo media con un rango de 18 a 26%, una fertilidad media, sin existir salinidad en el suelo, el régimen de humedad es údico, el régimen de temperatura isohipertermico, inundabilidad ocasional a ninguna, la precipitación de 2 411 mm por año, la temperatura 24.4 °C que es el óptimo de la palma africana y la heliofanía es baja con un dato de 646 horas sol. En la finca Palmera Zurita se presenta para la Clase Agrológica II una superficie de 131.85 ha, que son 77.47% de la superficie total de la finca.

La Clase Agrológica III, cuadro 3 y mapa 1 tiene como principal característica una pendiente mayor a 12% pero no sobrepasa el 25%. Son suelos profundos, de textura media, pedregosidad entre 5.1 a 15.0%, de drenaje bueno, nivel freático profundo. La retención de humedad a capacidad de campo está entre 18 a 26%, de fertilidad media y potencial hidrogeno entre 5.6 a 6.4, el cual es optimo para el cultivo; no presenta salinidad. El clima de suelo y clima atmosférico es igual que el de la Clase Agrológica II.

Para esta clase se debe utilizar labores de conservación de suelos como tener cuidado con las fuertes deshierbas, ya que puede producirse erosión y pérdida de la capa superficial del suelo.

La superficie de la Clase Agrológica III es de 16.68 ha, que corresponde al 10.97% de la superficie total de la finca Agrícola Palmera Zurita.



Mapa 1. Clases Agrológicas de la de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

La Clase Agrológica IV, cuadro 3 y mapa 1, a pesar de tener una pendiente que va de 0 a 12, no presenta una buena calidad para el cultivo, ya que tiene un ciclo de anegamiento, el cual es perjudicial para el cultivo. Esta clase, al igual que las anteriores, presenta una profundidad mayor a 100 cm, una textura media, pedregosidad de alrededor de 5.1 a 15.0%, es muy escasamente drenado, con un nivel freático superficial, una retención de humedad en capacidad de campo entre 18 a 26%, una fertilidad media a baja, potencial hidrogeno menor a 5.5, no presenta salinidad. El clima del suelo y atmosférico se lo observa en Clase Agrológica II.

Para la Clase Agrológica IV se recomienda hacer drenajes, para evitar que se afecten las plantas por el largo tiempo que permanece la tabla de agua en la superficie. En la finca agrícola Palmera Zurita la clase Agrológica IV tiene una superficie de 5.46 ha, lo cual ocupa el 3.22% del área total.

La Clase Agrológica V, cuadro 3 mapa 1, se caracteriza por pendientes que van de 25 a 70%, que se encuentran en los declives que van a los esteros, con suelos que van de 50 a 100 cm de profundidad, textura un tanto gruesa, pedregosidad de 5.1 a 15.0%, drenaje algo excesivo, el nivel freático es profundo en las partes altas y en las bajas llega a poco profundo, Retención de humedad entre 11 a 17 %, de fertilidad media y pH de 5.6 a 6.4. No presentan salinidad, el clima de suelo y clima atmosférico son iguales que los antes mencionados.

Se requiere un manejo con métodos de conservación de suelos, que pueden llegar a ser muy costosos como hacer terrazas. Esta Clase Agrológica se la recomienda para pastos o Bosques productores. La superficie de la clase es de 12.55 ha, lo cual representa el 7.37% de la finca Agrícola Palmera Zurita.

Para la Clase Agrológica VII, cuadro 3 mapa 1, se caracteriza por superficies con pendientes mayores al 70%, donde se ha perdido gran cantidad de suelo. Siendo éstos superficiales, de textura gruesa, con 15.1 a 40.0% de piedras, excesivamente drenado, nivel freático profundo, retención de humedad baja, fertilidad media a baja, pH menor a 5.5 y no presentan salinidad. Debido a que las pendientes son muy pronunciadas, es casi imposible cultivar, por lo tanto, es preferible destinarlo para bosque protector. El porcentaje de esta clase en la finca es de 0.97%, siendo su superficie de 1.65 ha.

Análisis de compatibilidad

El suelo es un sistema dinámico, el cual es susceptible y puede alterar fácilmente sus características tanto físicas como químicas al exportar los nutrientes. Es por ello que se realizó un análisis de compatibilidad para determinar las áreas bien utilizadas, áreas susceptibles y las sobre utilizadas que se observa la superficie y el porcentaje de ocupación en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de Compatibilidad de Uso, Superficie y Porcentaje, utilizados para la caracterización de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

Análisis de Compatibilidad de Uso (Conflictos de Uso)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Áreas bien utilizadas	133.52	78.44
Áreas que requieren manejo de conservación de suelos	24.14	14.18
Áreas sobre utilizadas	12.55	7.38
Total	170.21	100.00

Las **áreas bien utilizadas**, cuadro 4, son aquellas de la Clase Agrológica II y Clase Agrológica VII, áreas que son utilizadas de manera correcta, sin afectar el suelo. Las áreas de la Clase Agrológica VII son utilizadas como bosque protector, con especies nativas, las Clase Agrológica II tiene un buen manejo, únicamente se debe ajustar la fertilización.

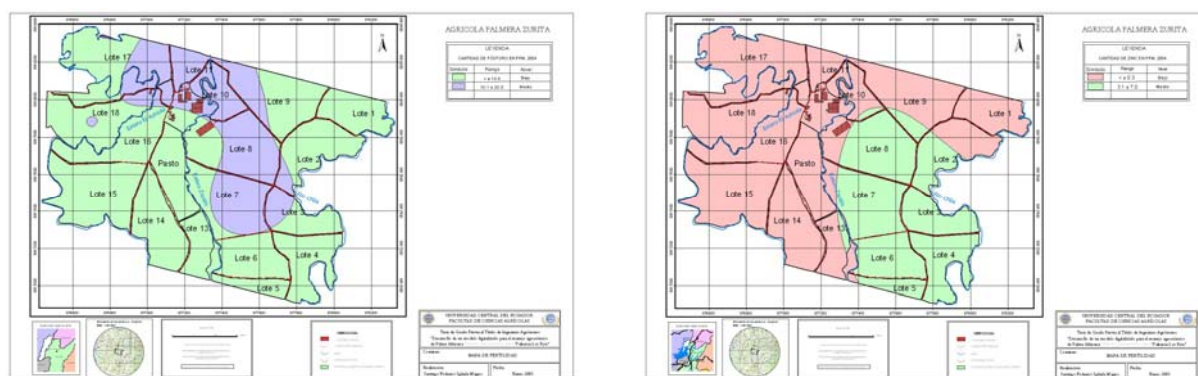
Las **áreas que requieren manejo de conservación de suelos**, cuadro 4, son áreas, correspondientes a pendientes entre 12 a 25% de la Clase Agrológica III y áreas que tienen un tiempo de anegamiento superior a 3 meses en el año, las cuales requieren prácticas de nivelación y se debe evitar la aplicación de herbicidas que dejen desnudo el campo o una labor de deshierba muy profunda, por que puede darse una erosión eólica importante. Para el caso de la Clase Agrológica IV se debe hacer drenajes para evacuar el exceso de agua, que afecta a las raíces, lava los nutrientes y transportan nemátodos.

Las **áreas sobre utilizadas**, cuadro 4, corresponden a la Clase Agrológica V, la cual tiene como principal característica la pendiente de 25 a 70%, estas pendientes producen una pérdida importante de la capa superior e suelo año a año. Pendientes mayores a 30% no son aptas para el cultivo de Palma Africana, hacerlo constituye una pérdida económica.

Análisis geoestadístico

Para determinar la fertilidad de los suelos de la finca Agrícola Palmera Zurito se tomó 20 barrenaciones en sitios donde se observó cambios fisiológicos drásticos en las plantas para analizar las diferencias, las muestras se enviaron a laboratorio y los resultados se extrapolaron con el método de Kriging (8). De las 20 muestras se realizó una estadística descriptiva, donde se observó que el mayor coeficiente de variación fue 65.01 % del nutriente azufre y para el nutriente fósforo se observó un coeficiente de variación de 49.42 %, esto se debe a que los no metales reaccionan distinto que los metales a las arcillas o a la materia orgánica. El nutriente boro tiene un coeficiente de variación de 37.37%, calcio 18.86 %, magnesio 11.01 %, materia orgánica 17.79 %, nitrógeno total 18.57 %, potasio 29.09 %, manganeso 21.46 %, cobre 21.46 %, zinc con 11.90 % de coeficiente de variación, el nutriente que tiene el menor coeficiente de variación es el hierro con 3.54 % seguido por el potencial hidrógeno con 4.74 %.

Se realizó también estadística descriptiva de: Saturación de Bases, la cual produjo un coeficiente de variación 12.21 %; Capacidad de Intercambio Catiónico con un coeficiente de variación de 12.24; Conductividad Eléctrica tomada en campo con un conductímetro de bolsillo, produjo un coeficiente de variación de 31.67 que es cercano al coeficiente de variación de 30.51 % de la Conductividad Eléctrica obtenida en laboratorio.



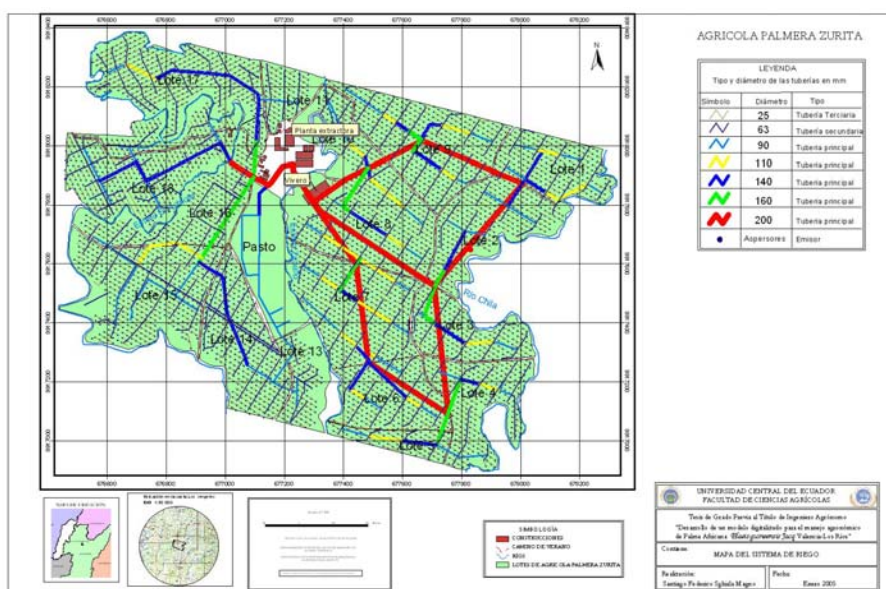
Mapa 2 y 3. Mapa de la distribución de los niveles de fósforo (izquierda) y zinc (derecha) de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

Análisis de la relación Ca-Mg-K

Para que exista un óptimo balance de la relación Ca-Mg-K, se recomienda que los valores deben estar en el orden de 70-20-10 (12), por lo cual de las 20 muestras se realizó el análisis de la relación, dando como resultado valores cercanos al balance óptimo de 70-20-10, encontrándose la muestra 1 con 66.2-23.9-9.8, la muestra 2 con una relación 80.2-14.8-5.1, la muestra 3 con 73.3-18.3-8.4, la muestra 4 con 73.1-17.9-9.0, la muestra 5 con 74.1-20.3-5.6, la muestra 6 con 74.6-17.5-7.8, la muestra 7 con 74.7-16.5-8.8, la muestra 8 con 76.8-16.5-6.8, la muestra 9 con 76.8-16.5-6.8, la muestra 10 con 69.7-20.8-9.5, la muestra 11 con 72.6-18.7-8.7, la muestra 12 con 76.9-17.1-6.0, la muestra 13 con 76.2-18.1-5.7, la muestra 14 con 76.0-16.8-7.2, la muestra 15 con 78.3-16.0-5.6, la muestra 16 con 80.3-14.6-5.1, la muestra 17 con 79.2-17.1-3.8, la muestra 18 con 78.4-16.1-5.5, la muestra 19 con 72.7-20.5-6.8 y la muestra 20 con 70.5-20.7-8.8.

Sistema de riego

El sistema de riego (15) en la plantación se maneja de distinta manera que las otras labores, ya que la plantación esta constituida en 18 lotes para las diferentes labores como deshierba, cosecha, aplicación de productos para controlar plagas y enfermedades; pero los planificadores del riego han dividido a la finca en 14 válvulas, las cuales afectan a distinta superficie y por tanto distinto número de plantas como se muestra en el cuadro 5 y mapa 4.



Mapa 4. Sistema de riego de la de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

Cuadro 5. Superficie, Número de plantas y número de aspersores, que son afectados por cada una de las válvulas de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

Válvulas	Superficie (ha)	Número de Plantas	Número de Aspersores
1	11.5	1 748.0	396.0
2	11.9	1 781.0	389.0
3	11.3	1 707.0	382.0
4	11.7	1 821.0	410.0
5	12.8	1 790.0	420.0
6	13.5	1 861.0	408.0
7	12.6	1 839.0	449.0
A	11.9	412.0	132.0
B	10.3	1 467.0	344.0
C	15.0	2 056.0	445.0
D	9.8	1 179.0	293.0
E	15.5	1 873.0	460.0
F	3.1	412.0	99.0
G	12.5	1 496.0	380.0
Suma	163.5	19 946.0	5 007.0

Análisis foliares

Por el alto costo de los análisis foliares se tomó cuatro muestras compuestas, la primera de los lotes 1, 2, 8 y 9; la segunda de los lotes 3, 4, 6 y 7; la tercera de los lotes 13, 14 y 15; la cuarta de los lotes 16 y 17. Los niveles de nutrientes que se observan en las hojas corresponden a los niveles edáficos, pero únicamente en los nutrientes cobre y zinc que deberían encontrarse bajos, se encuentran entre Adecuado y Excesivo; esto se debe a que se aplica fungicidas que dejan residuos de zinc y cobre sobre las hojas o pueden ingresar por los estomas, de la misma manera que los fertilizantes foliares.

Cuadro 6. Resultados de los Análisis foliares de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

N° Muestra	Datos del lote			(ppm)											
	Laboratorio	Identificación	Edad	Área	N	P	K	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B
Muestra 1	Lotes 1,2,8,9	4 años	38.34 ha	2.0 D	0.15 D	0.84 D	0.19 D	0.10 D	0	18 A	9 D	93 A	34 D	17 D	0
Muestra 2	Lotes 3,4,6,7	4 años	30.22 ha	2.0 D	0.13 D	1.12 A	0.25 A	0.10 D	0	23 E	10 D	144 A	77 D	20 D	0
Muestra 3	Lotes 13,14,15	2 años	24.24 ha	2.6 A	0.16 A	0.82 D	0.19 D	0.10 D	0	23 E	12 E	181 A	66 D	20 A	0
Muestra 4	Lotes 16,17	2 años	14 ha	2.5 A	0.12 D	0.86 D	0.22 D	0.10 D	0	19 E	9 E	119 A	49 D	19 A	0

Fuente: Análisis del Laboratorio de la Estación Experimental Tropical "PICHILINGUE".

D: deficiente, A: adecuado y E: excesivo.

Rendimiento de la finca

El cultivo de palma africana incrementa su rendimiento de año a año, produce desde que es transplantada al campo pero a los 6 años es económicamente rentable. Es por eso que los rendimientos de un año a otro varían mucho como se observa en el cuadro 7, donde el promedio en el 2003 es de 116.50 kg/ha/año y el promedio del 2004 es de 3 753.57 kg/ha/año, una variación que se produce por que las plantas se están acercando a la época de rentabilidad económica.

Cuadro 7. Rendimiento de la finca Agrícola Palmera Zurita Valencia-Los Ríos. 2005.

Lote	Año	Superficie	Número Plantas	Rendimiento		Rendimiento	
				2003	2004	2003	2004
		(ha)		(kg/ha/año)	(kg/ha/año)	(kg/pl/año)	(kg/pl/año)
1	2000	6.69	876.00	0.00	1 507.03	0.00	11.51
2	2000	9.59	1 193.00	187.28	2 263.71	1.51	18.20
3	2000	6.52	789.00	104.45	3 767.48	0.86	31.13
4	2000	8.01	1 047.00	98.63	2 135.33	0.75	16.34
5	2000	2.77	408.00	216.61	11 324.19	1.47	76.88
6	2000	7.75	1 036.00	256.26	6 647.74	1.92	49.73
7	2000	12.4	1 515.00	357.74	4 300.16	2.93	35.20
8	2000	13.96	2 059.00	455.59	7 572.92	3.09	51.34
9	2000	12.37	1 739.00	124.49	8 681.97	0.89	61.76
10	2000	4.53	312.00	0.00	4 734.22	0.00	68.74
11	1986	3.08	489.00	173.05	3 720.78	1.09	23.44
12	Pasto	7.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

13	2000-2002	4.43	412.00	0.00	2 121.90	0.00	22.82
14	2002	9.92	1 467.00	113.91	0.00	0.77	0.00
15	2002	14.78	2 056.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	2002	9.75	1 179.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	2002	12.37	1 496.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	1988	14.49	1 873.00	8.97	8 786.75	0.07	67.98
Suma		160.53	946.00	2 096.98	67 564.18	15.34	535.05
Prom			19	116.50	3 753.57	0.85	29.72

Fuente: Finca Agrícola Palmera Zurita (Jefe de Campo).

Verificación en campo y validación

Se utilizó en la investigación mapas de 11 nutrientes, materia orgánica y potencial hidrógeno, mapas que son el resultado de la interpolación de veinte muestras, es por ello que se realizó la verificación y validación de la información que arrojan los mapas. Para lo cual se tomó cuatro muestras en diferentes puntos del campo, y se comparó con los valores de mapa, tomando en cuenta la correlación de los valores y realizando una comprobación t (student), donde se planteó una hipótesis nula “los grupos de datos son diferentes” y una hipótesis alternativa “los grupos de datos son iguales”.

Se realizó una estadística descriptiva de las cuatro muestras, donde el potencial hidrógeno obtuvo un coeficiente de variación de 8.70 %, la materia orgánica 16.33 %, nitrógeno total 15.85 %, fósforo 41.69 %, potasio 35.71 %, calcio 34.75 %, magnesio 17.60 %, azufre 43.14 % y boro 43.14 %. En este caso también los no metales obtuvieron los coeficientes más altos, esto puede deberse a la dinámica de estos en el suelo.

Al comparar los valores de mapa con los valores de las muestras de verificación para azufre se obtuvo una correlación negativa de -0.32 que se determinó como no significativa y una comparación t 2.74, la cual es significativa, es decir que los grupos de datos son diferentes (hipótesis nula). Para el nutriente boro la correlación presentó un valor de 0.98 es decir altamente significativa, lo que asegura una alta correlación entre los datos de mapa y las muestras de campo; la comparación t produjo un valor de 1.00 el cual es no significativo, valor que asegura que los grupos de datos son similares (hipótesis alternativa). Al comparar los valores de calcio se obtuvo una correlación de 0.52, la cual es no significativa y una comparación t de 1.00 donde asegura que los grupos de datos son similares. El nutriente fósforo produjo una correlación de 0.16 que es no significativa y un valor “t” de 6.54 la cual es altamente significativa, es decir que los grupos de datos son diferentes.

La comparación para materia orgánica presenta una correlación de 0.68 que es no significativa y una comparación t de 0.43 que es no significativa, que asegura que los grupos de datos son similares. El nitrógeno total produjo un valor de correlación 0.82 y un valor “t” de 0.00, estos valores son no significativos. Para el caso del potencial hidrógeno, la correlación es de 0.711 y el valor “t” es 1.492, ambos valores son no significativos. El nutriente potasio produjo una correlación de -0.60, valor no significativo, y un valor “t” de 0.54, valor no significativo, el cual afirma que los valores de mapa y de campo son similares.

CONCLUSIONES

- Con un Sistema de Posicionamiento Global se puede hacer el levantamiento topográfico de una superficie de 170 ha a escala de 1:10 000, es decir, a un nivel detallado. El par estereoscópico de fotografías aéreas son necesarias por que con estas se rectifican zonas que son de difícil acceso. Con el suficiente número de valores de altura se puede elaborar un Modelo Digital del Terreno, el cual permite a su vez elaborar el mapa de pendientes.
- Con el nivel de detalle con el que se manejó el Estudio permite realizar un mapa Agrológico, el cual identifica las zonas aptas para el cultivo de Palma Africana.
- El mejor método para la elaboración de mapas de fertilidad extrapolando valores es el de Krignig, este método geoestadístico produjo los mejores resultados. En los análisis foliares se observa excesos de zinc y cobre, a pesar de que los valores edáficos son bajos, esto se debe a que el zinc y el cobre forman parte de fungicidas de uso común en las plantaciones de palma africana.
- El sistema de riego de la finca Agrícola Palmera Zurita es eficiente porque la presión se encuentra bien manejada, por lo que riega la misma cantidad de agua en los sitios cercanos así como los que se encuentran más distanciados de la fuente de empuje, sin embargo la cantidad de agua que dispone la finca (piscina de decantación), es insuficiente para la necesidad de riego.
- La fertilización para Palma Africana es muy costosa, razón por la cual no se aplica los niveles adecuados de fertilizante, pero se debe aplicar la mayor cantidad posible porque esto elevará los rendimientos.

RECOMENDACIONES

- Utilizar el método de levantamiento topográfico en fincas de diferente tamaño, ya que el acceso con GPS es más sencillo y la corrección en zonas problema es eficiente con el apoyo de fotografía aérea o imagen de satélite, para así conocer la superficie de la finca, ubicación de cada una de las plantas y dar un manejo adecuado.
- Realizar drenajes en la superficie correspondiente a la Clase Agrológica IV con 5.46 ha, para evitar daños de las raíces, pérdida de nutrientes o formación de NO_2 . Las áreas pertenecientes a la Clase Agrológica V, con una superficie de 12.55 ha, se recomienda cultivar las siguientes especies forestales: Caña Brava (*Guadua angustifolia* Kunt), Chapul (*Humiriastrum procerum*), Madero negro (*Gliricidia sepium*), Balsa (*Ochoma legopus*), Caucho (*Hevea brasiliensis*) o Teca (*Tectona grandis*) (9), ya que con estas especies se puede lograr una buena utilidad. Para la Clase Agrológica VII se recomienda que permanezca con vegetación natural, para que con un balance de nutrientes, materia orgánica y cobertura vegetal no se pierda la capa superficial que es muy susceptible. Es decir mantener el bosque protector.
- Elaborar mapas tomando en cuenta la toma de muestras según la topografía de la zona y utilizar el método geoestadístico de Kriging para la extrapolación de los datos. Realizar análisis foliares en la misma zona donde se muestree el suelo, para así determinar la

eficiencia del fertilizante o los desbalances nutricionales.

- Realizar la fertilización en la finca Agrícola Palmera Zurita en relación a la cantidad de nutrientes que se muestra en los mapas, ya que los mapas se acercan mucho a la realidad del campo, y al tomar en cuenta el requerimiento del cultivo y el número y ubicación de las plantas que se dispone en el modelo digital se puede realizar una buena planificación del fertirriego.
- Realizar análisis de Molibdeno, el cual no se lo tomó en cuenta en este estudio, para determinar la cantidad de este nutriente esencial en el cultivo de Palma Africana.

BIBLIOGRAFIA

1. Barrera, P. 2003. Generalidades de la topografía. (<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpZkpFkVVVuEatoYyM.php>) 2004-03-11.
2. Bejarano, G. 1969. La Palma Africana. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Sociedad editora comercial e industrial, Quito.
3. Braganchini, M.; Méndez, A.; *et al.* 2001. Agricultura de Precisión y Manejo Sitio Específico del Cultivo de Soja. Evaluación de dos espaciamientos entre hileras en soja de 2da sobre trigo. Manfredi. AAPRESID. 81 91 p.
4. Carrillo, M.; Espinosa, J.; Mite, E. 2001. Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en la zona de Quevedo. (http://www.inpofos.com/articulosinteres/sector_palma_africana) 2004-06-19.
5. Gonzales, A. Maldonado, E. 1986. Memoria explicativa del mapa de suelos del Ecuador. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Fertisa. Quito. 39 p.
6. La Palma Africana (http://www.arbolesornamentales.com/Elaeis_guineensis.htm) 2004-08-21.
7. Los sistemas de información geográfica. (<http://raneus.humboldt.org.co/sig/queesunsig.html>) 2004-02-18.
8. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1973. Identificación y nomenclatura de los horizontes del suelo. Departamento de regionalización. Quito. 116 p.
9. Montagnini, F. Reyes, C. 1986. Sistemas Agroforestales. Organización para los estudios tropicales e Instituto Interamericano de Cooperación con la Agricultura. 2ed. Brasil. 622 p.
10. Octavio, R. 2002. Ecuador-Oleaginosas y Aceites. Informe Ejecutivo. (http://www.sica.gov.ec/cadenaagroindustrial/oleaginosas_y_aceites.htm) 2004-08-06.
11. Padilla, W. 2003. Fertilización de suelos y nutrición de plantas. Clínica agrícola. Quito. 256 p.
12. Pérez, J. 1984. Topografía Aplicada, Bogota, Universidad Santo Thomas. 478 p.
13. Vivar, L. 1995. Manuel técnico de riego. Gradimar. Loja. 467 p.
14. United States of America Department of Agriculture, 1975, Soil Taxonomy. Washington DC. 749 p.