

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA RADICULAR DE CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum* L.) EN RIEGO POR GOTEO Y GRAVEDAD-
PARAMONGA”**

Presentado por:

GUADALUPE, BENDEZÚ PEÑA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

Lima –Perú

2014

RESÚMEN

La presente investigación titulado “Sistema radicular de caña de azúcar (*saccharumofficinarum l.*), con riego por goteo y gravedad – Paramonga”, fue desarrollado en la Empresa Agroindustrial Paramonga, la cual se encuentra ubicada geográficamente en la costa norte del Perú, sus campos de caña de azúcar son irrigados por captaciones del río Fortaleza y Pativilca, presentando durante el año marcada escasez desde Julio a Diciembre y abundancia desde Enero a Junio.

Los campos de la empresa se dividen en tres administraciones; administración I: Otopongo, administración II: El Milagro y la administración III: Cerro Blanco.

La investigación se realizó en seis campos sembrados con la variedad Mex.73-523, perteneciente a la administración III: Cerro Blanco, divididos de manera proporcional bajo los sistemas de riego por goteo y gravedad. Las muestras corresponderán a un cuartel de cada campo seleccionado.

Se realizó el estudio de la distribución de la raíces en el perfil del suelo. Los muestreos se efectuaron en cañas plantas desde los 4 hasta 11 meses de edad.

Los resultados muestran que las raíces se desarrollan hasta 120 centímetros de profundidad, con aproximadamente el 85 % de éstas en los primeros 30 centímetros con el sistema de riego por goteo y un 55 % con el sistema de riego por gravedad. El desarrollo radicular está influenciado por el tipo de sistema de riego, tanto gravedad como goteo, aplicaciones abundantes de agua, causan un desarrollo radicular profundo, en cambio aplicaciones ligeras de agua inducen a un desarrollo superficial.

El objetivo fue determinar la distribución y concentración del sistema radicular a diferentes profundidades del perfil del suelo, para cada método de riego.

ABSTRACT

This research entitled "root system of sugarcane (*saccharumofficinarum* l.) With drip irrigation and gravity - Paramonga" was developed in AgroindustrialParamonga, which is geographically located on the north coast of Peru, their sugar cane fields are irrigated by deposits of Fortaleza and Pativilca river, presenting during severe shortage from July to December and from January to June abundance.

The fields of the company are divided into three administrations; Administration I: Otopongo Administration II: The Miracle and Administration III: Cerro Blanco.

The research was conducted in six seeded with variety Mex.73-523, pertaining to the administration III areas: Cerro Blanco, divided proportionally under drip irrigation systems and gravity. The samples correspond to a quarter of each selected field.

The study of the distribution of the roots in the soil profile was performed. Sampling was conducted in reeds plants from 4-11 months old.

The results show that the roots grow up to 120 feet deep, with about 85% of them in the first 30 cm with drip irrigation system and 55% with gravity irrigation system. Root development is influenced by the type of irrigation system, both gravity drip heavy applications of water, causing a deep root development, however slight water applications induce a surface development.

The objective was to determine the distribution and concentration of the root system at different depths in the soil profile for each irrigation method.

F06.
B458
T

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	3
2.2 TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	3
2.3 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	5
2.3.1 MORFOLOGÍA EXTERNA	5
2.3.1.1. EL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	5
2.3.1.2. LA RAÍZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	9
2.3.2 MORFOLOGÍA INTERNA	12
2.3.2.1. LA RAÍZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	12
2.4 TIPOS DE SISTEMAS RADICALES	14
2.4.1 FUNCIONES DEL SISTEMA RADICAL	14
2.4.2 FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL SISTEMA RADICAL	15
2.5 CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	17
2.5.1 PROPAGACIÓN	17
2.5.2 PERIODO VEGETATIVO.....	17
2.6 RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA.....	20
2.6.1 ABSORCIÓN DEL AGUA POR LAS RAÍCES	20
2.6.2 LA ZONA DE ABSORCIÓN.....	20
2.6.3 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	21
2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD MEX 73-523.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 MATERIALES:.....	23
3.1.1 FASE CAMPO.....	23
3.1.2 FASE LABORATORIO Y GABINETE.....	23
3.2 METODOLOGÍA.....	24
3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO	24
3.3 EVALUACIONES.....	28
3.3.1 SELECCIÓN DEL ÁREA.....	28
3.3.2 EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD RADICULAR	30
3.3.3 MEDIDA DE LA BIOMETRÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	34
3.3.4 MEDIDA DE VOLÚMENES DE AGUA APLICADO (m ³)	37
3.3.5 MEDIDA DE LA GEOREFERENCIACIÓN DE LA PLANTA (GPS):	37
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39

436/5

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	40
4.1 CAMPO: MANZUETO	40
4.2 CAMPO: DON PEPE.....	43
4.3 CAMPO: CANAVAL	46
4.4 CAMPO: PORVENIR	50
4.5 CAMPO: ALAMEDA	54
4.6 CAMPO: ESTACADA	58
4.7 PESO DE RAÍCES.....	62
a. RIEGO POR GOTEO	63
b. RIEGO POR GRAVEDAD.....	65
4.8 BIOMETRÍA DE LA PLANTA	67
a. RIEGO POR GOTEO	67
b. RIEGO POR GRAVEDAD.....	74
V. CONCLUSIONES	81
VI. RECOMENDACIONES	82
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
VIII. ANEXOS.....	86

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS DIFERENTES ESPECIES DEL GÉNERO <i>SACCHARUM</i>	4
Cuadro N° 2: REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN VARIOS PAÍSES	22
Cuadro N° 3: TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN “PARAMONGA”	27
Cuadro N° 4: CARACTERISTICAS DE LOS CAMPOS DE INVESTIGACIÓN	29
Cuadro N° 5: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS.....	29
Cuadro N° 6: FECHAS DE EVALUACIÓN POR CADA CAMPO	31
Cuadro N° 7: EVALUACIONES - CAMPO MANZUETO	41
Cuadro N° 8: EVALUACIONES – CAMPO DON PEPE.....	44
Cuadro N° 9: EVALUACIONES - CAMPO CANAVAL.....	47
Cuadro N° 10: EVALUACIONES - CAMPO PORVENIR.....	51
Cuadro N° 11: EVALUACIONES - CAMPO ALAMEDA.....	55
Cuadro N° 12: EVALUACIONES - CAMPO ESTACADA	59
Cuadro N° 13: PESO TOTAL DE RAÍCES POR CADA EVALUACIÓN	62
Cuadro N° 14: PORCENTAJE DE RAÍCES POR CADA EVALUACIÓN	62
Cuadro N° 15: PORCENTAJE DE RAÍCES POR CADA EVALUACIÓN	63

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Partes principales del tallo de la caña de azúcar	9
Figura N° 2: Sistema radicular de la Caña de azúcar	10
Figura N° 3: Distribución de las raíces de la caña de azúcar	12
Figura N° 4: Corte longitudinal de una raíz de caña de azúcar	13
Figura N° 5: Estructura de la raíz con los pelos absorbentes para explicar la absorción de agua	14
Figura N° 6A: Aproximadamente a 20 cm del centro de la cepa	32
Figura N° 7: Altura de la Canopia	35
Figura N° 8: Altura del tallo	35
Figura N° 9: Número de tallos	35
Figura N° 10: Entrenudos	36
Figura N° 11: Diámetro de la caña	36
Figura N° 12A: Georeferencia del Cultivo (GPS)	38
Figura N° 13: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Manzuelo ..	42
Figura N° 14: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Manzuelo	42
Figura N° 15: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Manzuelo ..	43
Figura N° 16: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Don Pepe ..	45
Figura N° 17: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Don Pepe	45
Figura N° 18: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Don Pepe ..	46
Figura N° 19: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Canaval	48
Figura N° 20: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Canaval	49
Figura N° 21: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Canaval	49
Figura N° 22: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Porvenir	52
Figura N° 23: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Porvenir	53
Figura N° 24: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Porvenir	53
Figura N° 25: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Alameda ...	56
Figura N° 26: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Alameda	57
Figura N° 27: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Alameda ...	57
Figura N° 28: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Estacada	60
Figura N° 29: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Estacada	61
Figura N° 30: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Estacada	61
Figura N° 31: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Manzuelo	64
Figura N° 32: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Don Pepe	64
Figura N° 33: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Canaval	65
Figura N° 34: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Porvenir	66
Figura N° 35: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Alameda	66
Figura N° 36: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Estacada	67
Figura N° 37: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Manzuelo	68
Figura N° 38: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Manzuelo	68
Figura N° 39: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Manzuelo	69
Figura N° 40: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Manzuelo	69

Figura N° 41: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Manzuetto.....	69
Figura N° 42: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Don Pepe.....	70
Figura N° 43: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Don Pepe.....	70
Figura N° 44: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Don Pepe.....	71
Figura N° 45: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Don Pepe.....	71
Figura N° 46: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Don Pepe.....	71
Figura N° 47: Densidad vs Longitud del Tallo. Campo: Canaval.....	72
Figura N° 48: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo.....	72
Figura N° 49: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Canaval.....	73
Figura N° 50: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Canaval.....	73
Figura N° 51: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Canaval.....	73
Figura N° 52: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Porvenir.....	74
Figura N° 53: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Porvenir.....	75
Figura N° 54: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Porvenir.....	75
Figura N° 55: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Porvenir.....	75
Figura N° 56: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Porvenir.....	76
Figura N° 57: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Alameda.....	77
Figura N° 58: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Alameda.....	77
Figura N° 59: Peso Radicular vs Altura de Canopia. Campo: Alameda.....	77
Figura N° 60: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Alameda.....	78
Figura N° 61: Peso Radicular vs Número de Tallos.....	78
Figura N° 62: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Estacada.....	79
Figura N° 63: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo.....	79
Figura N° 64: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Estacada.....	80
Figura N° 65: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Estacada.....	80
Figura N° 66: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo Estacada.....	80

INDICE DE MAPAS

Mapa N° 1: MAPA DE UBICACIÓN	26
Mapa N° 2: CAMPO MANZUETO	87
Mapa N° 3: CAMPO DON PEPE.....	88
Mapa N° 4: CAMPO CANAVAL	89
Mapa N° 5: CAMPO PORVENIR.....	90
Mapa N° 6: CAMPO ALAMEDA	91
Mapa N° 7: CAMPO ESTACADA.....	92

I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Las raíces juegan un rol fundamental en la producción de los cultivos. En condiciones naturales la provisión de agua y nutrimentos a la planta depende en gran medida de la posibilidad y capacidad de absorción de las raíces. La disponibilidad de los nutrimentos depende a su vez de las reservas del medio, su dinámica en el suelo y la colonización que hagan de éste las raíces de la planta. El crecimiento del sistema radical está estrechamente ligado a la provisión de carbohidratos de la parte aérea; por lo tanto, todo factor que actúe sobre ésta última también incidirá en el crecimiento y funcionamiento de la parte subterránea.

Numerosas propiedades del suelo, de índole física, química y biológica (afectadas por el manejo), junto con las características climáticas y el componente genético del vegetal, están involucradas en los procesos que regulan el comportamiento radical y de la parte aérea. Por ende, sus interrelaciones impactarán la respuesta final en la producción de los cultivos.

Pocos estudios en caña de azúcar han evaluado el sistema radical del cultivo, a pesar de su importancia, esto se debe principalmente a la dificultad de la evaluación y a la alta variabilidad de los resultados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la distribución y concentración del sistema radicular de la caña de azúcar mediante los métodos de riego por goteo y gravedad.

1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Evaluar el crecimiento y el peso radicular de la caña de azúcar en las diferentes edades, por el sistema de riego por goteo y gravedad.

Establecer la relación entre el peso radicular y la biometría de la caña de azúcar por el sistema de riego por goteo y gravedad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es una planta tropical que pertenece a la misma tribu (Andropogoneae) que la del maíz, sorgo y la maleza *Sorghum halepense* (L.) Pers.

Su origen sigue siendo un tema polémico y controvertido. (Irvine, 1991) indicó que la caña de azúcar que se cultiva actualmente es un híbrido complejo de dos o más de las cinco especies del género *Saccharum*: *S. barberi* Jeswiet, *S. officinarum* L., *robustum* Brandes & Jesw. ex Grassl, *S. sinense* Roxb. y *S. spontaneum*. Muchas formas de estas especies hibridizan, originando un género muy diverso.

(Alexander, 1973) e (Irvine, 1991) señalaron que las evidencias indican que el género *Saccharum* se desarrolló en el área de Birmania, China e India, en el Asia Meridional. Las especies *S. spontaneum*, *S. sinense* y *S. barberi*, son típicas de esta región. Las dos últimas son relativamente jugosas y fueron utilizadas en los comienzos del cultivo y procesamiento de la caña de azúcar en India y China.

Según (Artschwager y Brandes, 1958), cuando las distintas especies se llevaron a otras áreas, el *S. robustum* se desarrolló en las islas del sureste de Indonesia, posiblemente por cruzamiento de aquellas con *Miscanthus*, originándose la especie *S. officinarum* en el área de Nueva Guinea.

Las especies dulces, blandas y jugosas se propagaban para masticarse y las que tenían un contenido de fibra (*S. robustum*) se utilizaban para las construcciones.

2.2 TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Según Martín et al. (1987), las plantas de caña de azúcar, fueron clasificadas por Linneo en 1753 como *Saccharum officinarum* y posteriormente diversos autores intentaron su sistematización. La clasificación propuesta por Jeswiet es la más conocida. En 1925 sugirió dividir al género *Saccharum* en cinco especies, cuyas características principales se presentan en el **Cuadro 1**.

Posteriormente, Grassl (1968) afirmó que se reconocen solamente cuatro especies pertenecientes al género *Saccharum*: *S. officinarum*, considerada como la especie tipo del género y conocida como caña noble; *S. robustum*, considerada un ancestro silvestre de la anterior; *S. spontaneum*, también considerada como un ancestro silvestre, más lejano y primitivo y *S. barberi*, que es un grupo cultivado cuyo origen es aún discutido.

Cuadro N° 1: CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS DIFERENTES ESPECIES DEL GÉNERO *SACCHARUM*

Especie	Contenido sacarosa	Contenido fibra	Maduración	Adaptabilidad	Tallos	Hojas
<i>S.spontaneum</i>	Muy bajo	Muy alto	Temprana	Tropical y subtropical	Delgados	Muy estrechas
<i>S.sinense</i>	Medio	Alto	Semitemprana	Tropical y subtropical	Largos y delgados	Largas y estrechas
<i>S.barberi</i>	Medio	Alto	Semitemprana	Tropical	Medios y delgados	Cortas y estrechas
<i>S.robustum</i>	Bajo	Muy alto	Variable	Tropical	Muy largos y gruesos	Anchas y medias
<i>S.officinarum</i>	Alto	Bajo	Variable	Tropical y subtropical	Largos y gruesos	Largas y anchas

Fuente: Husz (1972), Martín et al. (1987).

Botta(1978) sugirió el siguiente esquema como clasificación taxonómica de la caña de azúcar:

Reino: Eukaryota

Subreino: Cormobionta

División: Magnoliophytina

Clase: Liliatae

Orden: Poale

Familia: Poaceace (Gramineae)

Tribu: Andropogonoidea

Género: Saccharum

Especies: *S. officinarum* L.

S. robustum Jesw.

S. spontaneum L.

S. barberi Jesw.

2.3 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Trata sobre la estructura de las plantas. Su conocimiento permite diferenciar y reconocer las especies o variedades existentes. (Helfgott, 1997) indicó que el conocimiento de la morfología permite diferenciar y reconocer las especies o variedades existentes. Este conocimiento es útil, ya que permite distinguir la constitución externa e interna de una especie y conocer cuál de sus órganos tiene la mayor importancia agroeconómica.

Las partes básicas de una planta que determinan su forma son: la raíz, el tallo, la hoja y la flor. Todas cumplen una función específica y están estrechamente relacionadas entre sí. Las estructuras externas e internas varían entre las partes, inciden en el normal funcionamiento y desarrollo de la planta y son la base para su clasificación botánica (Amaya, 1995).

2.3.1 MORFOLOGÍA EXTERNA

La morfología externa describe la forma, disposición y relaciones entre los diversos órganos de la planta, tales como las raíces, los tallos, las hojas y las flores. La anatomía estudia la estructura de los órganos, incluyendo los detalles microscópicos de los tejidos (Histología) y de las células (Citología).

En la literatura científica peruana, la descripción de la morfología externa de las variedades de caña de azúcar es escasa, destacando el trabajo de (Tello, 1975). La falta de información ha creado confusión y dudas sobre la identificación de las variedades (Helfgott, 1997)

Carbonell et al. (1995) publicaron un manual de evaluaciones morfológicas que permiten la identificación de los cultivares sembrados en el Perú. El manual mencionado ha servido de base para la información que se presenta a continuación.

2.3.1.1. EL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar desarrolla dos tipos de tallos: el subterráneo que es de tipo determinado y el aéreo, que es el que almacena los azúcares, principalmente sacarosa.

El tallo se desarrolla a partir de las yemas de otro tallo mediante propagación asexual. Ésta se realiza por medio de trozos de tallo llamados estacas, que tienen una o más yemas cada una. Las yemas se desarrollan y dan origen a un tallo primario cuyas yemas a su vez producirán tallos secundarios. Este proceso se repite

para formar nuevas generaciones de tallos hasta que las condiciones del medio lo impidan.

La base de los tallos es rica en sacarosa mientras que la punta o ápice del mismo es pobre en dicha sustancia. En la parte terminal del tallo se encuentra el meristemo apical rodeado por los primordios foliares en diferentes grados de desarrollo.

El número, diámetro, color y hábito de crecimiento del tallo dependen principalmente de las variedades. La longitud de los tallos depende, en gran parte, de las condiciones ambientales de la zona donde crece y del manejo que se le brinde al cultivo.

La cepa está constituida por una aglomeración de tallos, el primero de los cuales se origina de una yema de la semilla vegetativa (estaca). Los demás tallos se originan a partir de las yemas subterráneas, tanto del primer tallo, como de los tallos secundarios.

Los brotes tardíos son llamados macollos. Son débiles y no tienen valor para la molienda. Este tipo de tallos aparecen con frecuencia cuando las yemas basales de los tallos principales quedan expuestas a una mayor acción de la luz, como ocurre cuando se presenta volcamiento. El número de macollos depende también de las variedades y puede considerarse como excesivo (>5 /cepa), mediano (5 /cepa) y normal (<5 /cepa).

Entrenudo

Es la porción del tallo localizada entre dos nudos. Cada entrenudo puede tener diferente longitud, diámetro, forma y color. Los entrenudos pueden presentar bandas cerosas, ranuras corchosas, ranuras de crecimiento y el canal de la yema.

Longitud

Bajo las condiciones climáticas y de manejo en el Perú, los entrenudos desarrollados a partir de las yemas, son muy cortos en la base y luego aumentan de longitud, paulatinamente. Alcanzan un máximo durante los periodos de gran crecimiento y finalmente, disminuyen en forma gradual hasta el ápice, donde nuevamente son cortos.

La longitud durante las etapas de crecimiento exponencial, está definida, tanto por las características de la variedad, como por los factores del medio ambiente. Los periodos intensos de sequía, de temperaturas bajas o de carencia de nutrientes, resultan en la formación de entrenudos más cortos.

Los entrenudos se consideran como cortos, cuando son menores de 10 cm; medianos, cuando tienen 10-15 cm y largos, cuando son mayores de 15 cm.

Diámetro

Son más gruesos a partir del nivel del suelo y luego van disminuyendo en grosor. Las variaciones en el diámetro se definen según criterios similares a los descritos para longitud. Cabe destacar que el grosor en la parte basal tiene relación con la tendencia al acamado.

El diámetro de los entrenudos puede ser mediano, cuando tienen 2-3 cm o grueso, cuando es mayor de 3 cm.

Forma

Los entrenudos pueden presentar formas muy variadas: cilíndrica, barril, carrete, conoidal, obconoidal y cóncava-convexa.

Color

Las variedades de caña de azúcar presentan tallos de gran diversidad de colores y combinaciones de colores. Además, la disposición de los mismos puede variar, desde color entero, hasta moteados y vistosas cintas. En general, ello depende de gran medida, del medio ambiente en el que se desarrollan.

Los colores se deben a dos pigmentos básicos y a sus mezclas. El color verde es proporcionado por el pigmento clorofila, que se encuentra en tejidos profundos. El color rojo y sus diversos matices se deben al pigmento antocianina, presente en las células epidérmicas del tallo. Además, existen otros dos pigmentos que son las xantofilas, de color amarillo y los carotenos, de color naranja.

Cuando se describe el color, se debe señalar la combinación visible: verde-amarillento, amarillento, verde claro, morado claro, morado alternado con amarillo, etc.

Banda cerosa

Su presencia se indica como: desarrollada, si cubre más de la mitad del entrenudo; mediadamente desarrollada, cuando cubre menos de la mitad de los entrenudos y pobremente desarrollada si sólo cubre un área semejante a la banda radicular.

Ranuras corchosas

Se consideran como ausentes cuando la superficie del entrenudo es lisa: incipientes cuando son pequeñas y superficiales y profundas cuando presentan rayas que coalescentes forman verdaderos parches corchosos.

Ranuras de crecimiento

Son hendiduras longitudinales no deseables porque permiten la entrada de patógenos e insectos. Pueden estar ausentes, ser incipientes o superficiales y profundas cuando son muy pronunciadas.

Canal de la yema

Es una depresión presente en algunas variedades. Se extiende desde la yema y puede llegar hasta el extremo superior del entrenudo. Puede ser ancho o angosto, largo o corto y profundo o superficial.

Nudo

Es una porción dura del tallo que separa dos entrenudos vecinos. Presenta la yema, la cicatriz foliar y la banda radicular, llamada también zona radicular o de primordios que puede ser ancha, mediana o angosta.

Yema

Es la estructura que dará origen a los nuevos brotes o tallos. Está cubierta por el profilo que es una escama protectora asimétrica que cubre a la yema en forma de capucha. Las partes del profilo son: ala membranosa, zona central, polo germinal, juntura que separa el ala del centro, margen o unión de los lados de la zona central y el apéndice.

Las yemas presentan formas muy variadas: ovoide, ob-ovada, redondeada, triangular, romboidea, pentagonal, rectangular, etc.

En algunas variedades, las yemas son completamente glabras y en otras presentan pubescencia, vellosidades o pelos. A estos se le asignarán diferentes números según su ubicación en el profilo anterior o posterior. Esta característica es importante en la identificación y clasificación de los cultivares.

En la **Figura 1** se muestra las partes principales del tallo de la caña: entrenudo, nudo, banda radicular, cicatriz foliar, yema, canal de la yema, ranura o fisura de crecimiento, anillo de crecimiento (meristemo) y zona o banda cerosa.

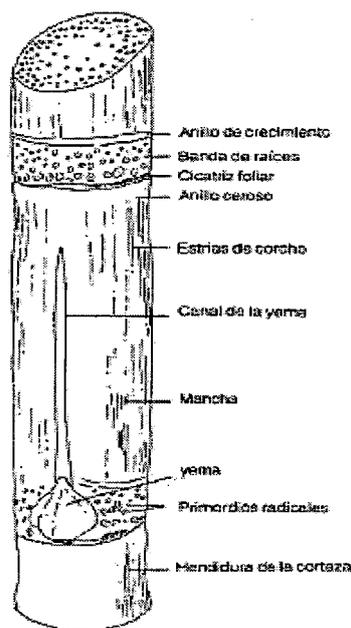


Figura N° 1: Partes principales del tallo de la caña de azúcar

Fuente: (Artschwager y Brandes, 1958)

2.3.1.2. LA RAÍZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El sistema radicular sirve para el anclaje de la planta además de ser el medio para la absorción de nutrientes y del agua del suelo.

La caña de azúcar presenta dos tipos de sistema radicular (**Figura 2**). El primero, que es temporal, se conoce como adventicio y se forma a partir de la banda radicular de la estaca. Son raíces delgadas, muy ramificadas y su periodo de vida dura hasta el momento en que aparecen las raíces en los nuevos brotes o tallos. Tienen como función absorber agua para facilitar la hidrólisis de los carbohidratos contenidos en el entrenudo. El segundo tipo, que es definitivo, se denomina permanente y se origina a partir de la banda radicular de los brotes o tallos. Sirve de sostén a la planta y permite la absorción de agua y nutrientes.

Las raíces permanentes pueden ser superficiales, de sostén y profundas. Las raíces superficiales son difíciles de distinguir de las de sostén y su distribución horizontal en el suelo puede alcanzar hasta 2 m. (**Figura 3**)

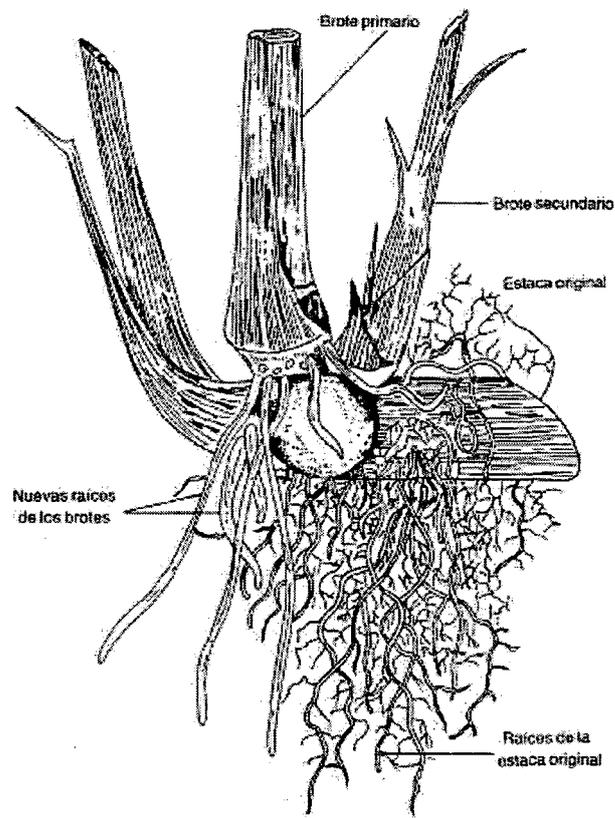


Figura N° 2: Sistema radicular de la Caña de azúcar

Fuente: (Humbert, 1974).

La cantidad, longitud y edad de las raíces permanentes dependen de las variedades. Sin embargo, hay factores tales como el tipo de suelo y la humedad que afectan a estas características. Por ejemplo, en suelos compactos y pobres, las raíces son más gruesas, cortas y poco ramificadas. En suelos con drenaje deficiente, el sistema radicular está en la parte superficial, en contraste con suelos de buen drenaje y con suministro normal de agua, que permiten un desarrollo más profundo. En general las raíces se desarrollan donde las condiciones de humedad son apropiadas y se mueven como para buscar el agua.

Martin et al. (1987) reportaron que en Cuba, el mayor porcentaje del sistema radicular se encontraba en los primeros 30 cm del suelo. Sin embargo, Paz-Vergara et al. (1980) determinaron que, bajo las condiciones de la costa norte del Perú, el 85 % de las raíces de los cultivares H32-8560 y H57-5174, estaba en los primeros 60 cm del suelo.

De otro lado, Subirós (2000) y Romero (2009) mencionaron que el sistema radical es de tipo fibroso, conocido en la industria azucarera latinoamericana como cepa. Se extiende hasta 80 cm de profundidad cuando los suelos son profundos, el 80 % de la misma se encuentra regularmente en los primeros 35 cm del suelo. La raíz es una parte esencial de

la planta, especialmente necesario en plantaciones cosechadas mecánicamente, ya que la cosechadora remueve las raíces cuando éstas son muy superficiales y cuando están asociadas con suelo arenoso.

Muchos investigadores relacionan las características físicas del suelo, mediante valores de textura o densidad aparente, con el desarrollo radicular. Veihmeyer y Hendrickson (1948), indicaron que las raíces no penetran en suelos con densidades aparentes mayores de 1,9 gr/cm³. Para suelos arcillosos, los valores críticos son aún menores. Para la caña de azúcar Baver citado por Gómez y Pinto (1970), informó restricciones en el crecimiento en el sistema radicular por presencia de capas endurecidas de suelo. Trowse y Humbert (1960), indicaron que las tasas de crecimiento de las raíces varían con la densidad y que a densidades aparentes mayores de 1,46 gr/cm³, la penetración se reduce fuertemente. En suelos con valores por encima de 1,52 gr/cm³, la penetración es nula. Los mismos autores no encontraron diferencias en el desarrollo radicular, para valores de densidad aparente críticos, a diferentes niveles de humedad.

(Gómez y Pinto, 1970), en suelos con cultivos de caña de azúcar, encontraron valores de densidad aparente de 1,7 a 1,8 gr/cm³ en áreas de pobre crecimiento. (Botta y Volf, 1978) al estudiar la morfología del sistema radicular de las variedades B-4362 y C-8758, bajo condiciones normales de cultivo en Cuba, señalaron que más del 70% de las raíces se encuentran en los primeros 30 centímetros de profundidad, cerca del 20% en los siguientes 30 cm de profundidad y el porcentaje restante por debajo de los 60 cm, alcanzando profundidades de hasta 180 cm, (Neumnan, 1978), menciona que las raíces se enciende en gran proporción en los primeros 60 cm, en condiciones de suelo y humedad penetran muy profundamente, llegando hasta 120 cm o más.

Para la programación de riego en caña de azúcar en México, (Gonzales y Ortiz, 1969), indicaron que el cultivo desarrolla cerca del 90% de sus raíces en los primeros 60 cm de profundidad, con el 60% en los primeros 30 cm. (Baran et al., 1974) informaron que el desarrollo radicular en los horizontes más bajos del suelo, era mayor cuando la cosecha era irrigada menos frecuentemente.

(Barreto, 1977), para suelos con niveles freáticos por debajo de 80 cm de profundidad; densidades aparentes comprendidas entre 1,38 y 1,56 gr/cm³ y niveles de salinidad menores de 7 mmhos/cm, se encontró que aproximadamente el 60% de las raíces se desarrollan en los primeros 30 cm, con un 80% en los primeros 60 cm, casi el 95% hasta los 90 cm de profundidad.

(Eppink y Bazán, 1974), estudiando los efectos de los niveles freáticos estáticos en el desarrollo radicular de la H32-8560, encontraron que la posición del nivel freático determina su distribución radicular y que éstas muestran una variación dinámica a través del perfil, adaptándose a las condiciones que suelen presentarse en el suelo. Los mismos autores anotan que cuando la planta se encuentra en condiciones desfavorables de humedad, el sistema radicular se desarrolla de tal manera que gran parte de las raíces se encuentran por debajo de los 60 cm. en condiciones normales, aproximadamente el 70

por ciento de las raíces se encuentra en los primeros 60 cm, cerca del 90 por ciento hasta los 90 cm y casi la totalidad en los 120 cm de profundidad.

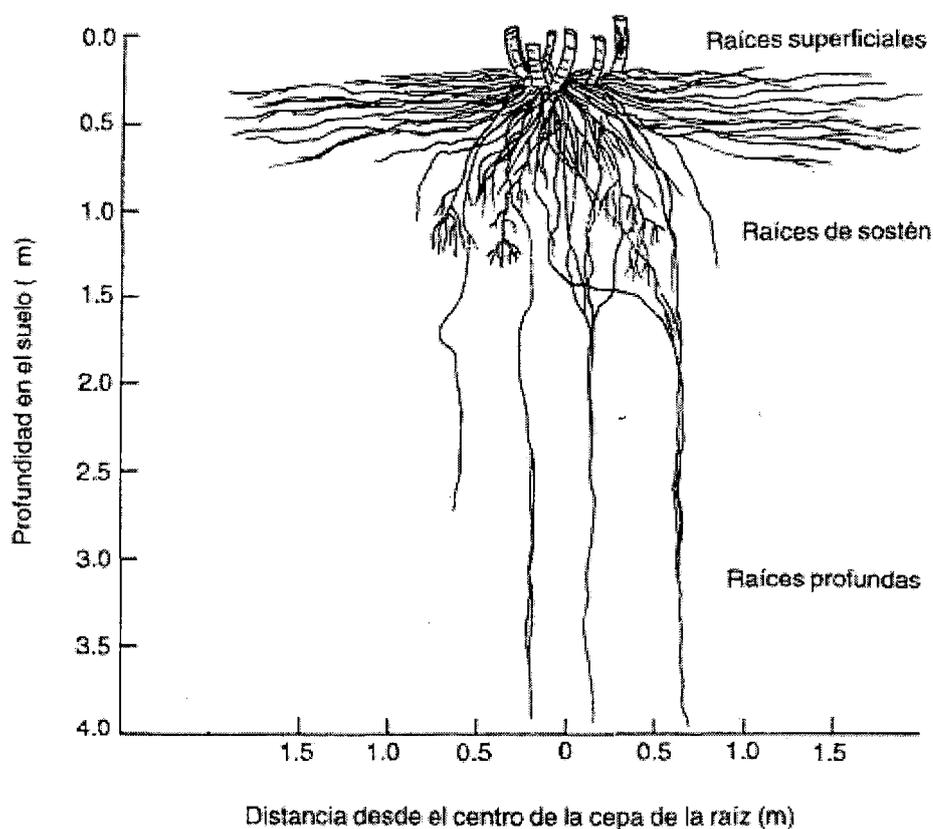


Figura N° 3: Distribución de las raíces de la caña de azúcar

Fuente: (Blackburn, 1991).

2.3.2 MORFOLOGÍA INTERNA

2.3.2.1. LA RAÍZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR

En una sección longitudinal de raíz de caña de azúcar observada con microscopio, se nota que está formada por la epidermis, la corteza y el tejido vascular (cilindro central). En el extremo de la raíz se encuentra el punto de crecimiento protegido por la cofia, que le permite penetrar a través del suelo. (Figura 4).

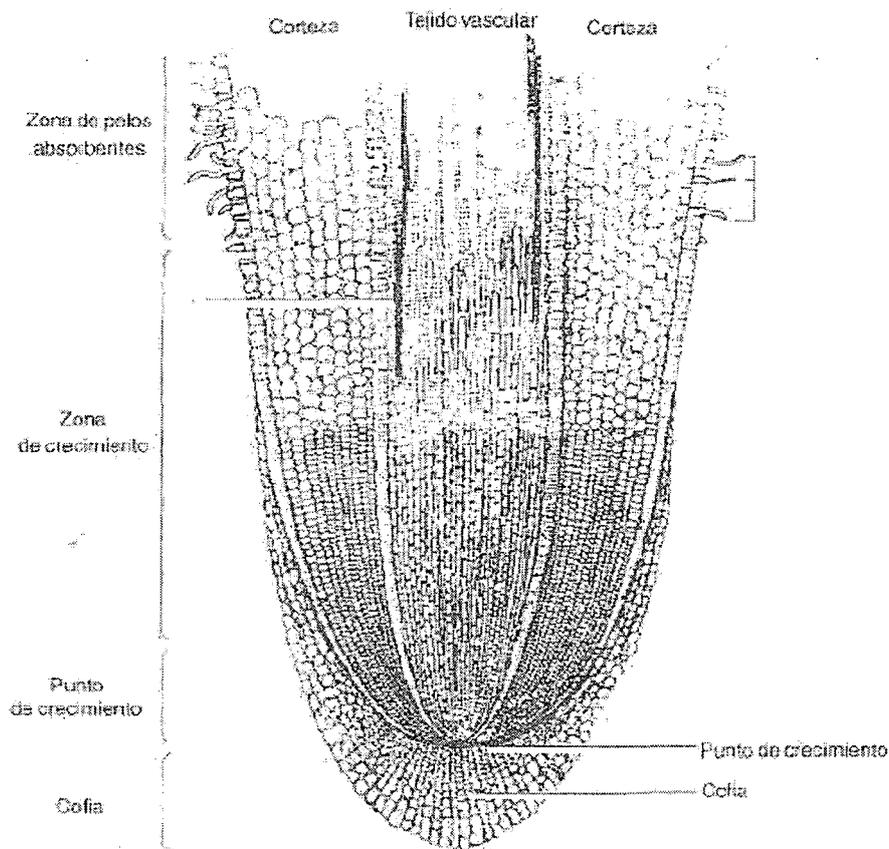


Figura N° 4: Corte longitudinal de una raíz de caña de azúcar

Fuente: (Julien et. al., 1989).

La epidermis está formada por células con paredes muy delgadas a partir de las cuales se originan los pelos absorbentes que son unicelulares. **(Figura 5)**

La corteza está formada por células parenquimatosas de paredes delgadas. El tamaño de las células y de los espacios intercelulares es menor hacia el interior que hacia el exterior de la corteza. La capa más interna de la corteza está constituida por una hilera de células, denominada endodermis. Estas células están suberificadas (Banda de *Caspari*) en las paredes radiales y transversales siendo una barrera para la translocación de los nutrientes inorgánicos.

El tejido vascular se distribuye internamente en forma radial en grupos alternos de células del floema y el xilema. En la etapa inicial del desarrollo de la raíz se puede observar el periciclo que es una capa especial de células parenquimáticas, que se encuentra entre la endodermis y el cilindro central.

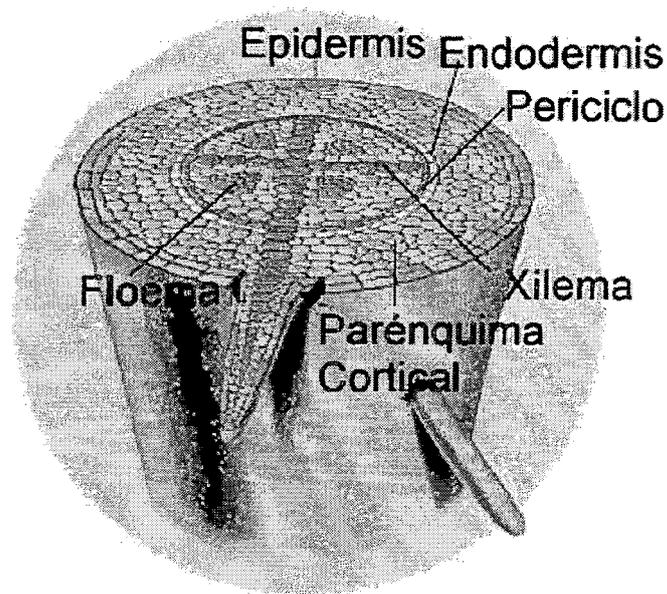


Figura N° 5: Estructura de la raíz con los pelos absorbentes para explicar la absorción de agua

Fuente: (Cruz,2010)

2.4 TIPOS DE SISTEMAS RADICALES

(Villegas, 2010), hay dos tipos de sistemas radicales. El sistema fibroso, denominado también fasciculado u homorrizo no presenta una raíz dominante, compuesto por numerosas raíces que presenta forma similar. La raíz proveniente de la radícula embrionaria se atrofia y es reemplazada por numerosas raíces que se originan en la parte basal del tallo. Pueden ser raíces adventicias o adventivas. No presenta crecimiento secundario en grosor y es característico de las monocotiledóneas, como la caña de azúcar.

El sistema pivotante, denominado también axonomorfo, alorrizo o *tap root*. Es un sistema con una raíz dominante cuyo origen lo constituye la radícula del embrión. Presenta una raíz principal y numerosas laterales. Es característico de las dicotiledóneas (Villegas, 2010).

2.4.1 FUNCIONES DEL SISTEMA RADICAL

(Villegas, 2010), las funciones de las raíces se pueden ver desde diferentes perspectivas:

- Red de absorción de agua y nutrimentos.

- Estructuras mecánicas que soportan las plantas, consolidan el suelo, construyen canales, rompen rocas, etc.
- Conductos hidráulicos que redistribuyen el agua del suelo y los nutrimentos.
- Bombas de carbono que alimentan a los organismos del suelo y contribuyen a aumentar el contenido de materia orgánica.
- Órganos de almacenamiento.
- Fábricas químicas que cambian el pH del suelo, filtran toxinas, concentran elementos raros, etc.
- Red de sensores que ayuda a regular el crecimiento de las plantas.
- Hábitat para las micorrizas y los organismos de la rizósfera.

La función de la raíz está controlada en cierta medida por su anatomía. Por ejemplo, las funciones de la caliptra o cofia, por mencionar solo una parte de la raíz, son proteger la región meristemática, servir de sensor de la gravedad y producir mucílago (ácido poligalacturónico). Su papel en el crecimiento de las raíces a través del suelo afecta indirectamente la longitud del sistema radical. No hay absorción de nutrimentos en la caliptra y miles de células se eliminan por fricción cada día.

2.4.2 FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL SISTEMA RADICAL

(Villegas, 2010), Hay factores genéticos y factores ambientales que controlan el desarrollo de la raíz. Entre los factores ambientales se cuentan la temperatura, los factores químicos y los factores físicos del suelo.

a) Factores químicos

Acidez (Aluminio H^+)

Contenidos altos de Al pueden dañar las células inhibiendo la división en el periciclo, reduciendo la ramificación de las raíces y como consecuencia se tendrán raíces cortas y achatadas.

Materia orgánica

- Altos contenidos de M.O. causan ramificación, posiblemente debido a los subproductos microbianos y la descomposición del mucílago. La producción de oligosacáridos promueve la formación de enzimas que inician la ramificación.

Salinidad

El potencial osmótico alto en el suelo disminuye la turgencia en la raíz y reduce su elongación. La salinidad puede impedir que las raíces entren en algunos espacios del suelo.

b) Factores físicos

Pobre aireación / Exceso de agua

Si las raíces están adaptadas al exceso de agua, la porosidad de la raíz aumentará (parénquima). La porosidad de las raíces en las plantas acuáticas puede ser igual a la porosidad de las raíces de las plantas en suelos con buen drenaje. En condiciones de exceso de humedad, la porosidad en plantas adaptadas es del 30 % o más, en tanto la porosidad en plantas no adaptadas se reduce entre el 1 % y el 6 %. Con el estrés por falta de aireación se suprime la aparición de pelos radicales, aumenta el diámetro de la raíz, disminuye la ramificación de las raíces, aumenta el diámetro de la raíz, disminuye la ramificación de las raíces y cambia la distribución de las raíces en el perfil del suelo.

Locación de carbono en el sistema radical

No se conoce exactamente la cantidad de carbono que la caña de azúcar localiza en su sistema radical, pero como referencia se puede tomar un balance de carbono en la planta de trigo (Swinem et al, .1994; Pritchard and Rogers, 2000). Mediante el uso de carbono radiactivo etiquetado se determinó que el 29 % del C fijado por la planta se localiza en la parte subterránea. Del carbono localizado en la parte subterránea, el 22% se recuperó en las raíces vivas al momento de la cosecha, el 40 % se perdió como respiración de las raíces, el 22 % correspondió a exudados de la raíz a la rizósfera y el 16 % restante se gastó en la renovación de las raíces finas.

Renovación del sistema en caña de azúcar

Con el uso de P32 como indicador, (Wood y Wood, 1967) encontraron actividad de las raíces a una profundidad de 2 m, catorce semanas después de la cosecha. Determinaron que era demasiado pronto para que se tratara de raíces de la nueva soca a esta profundidad y concluyeron que la cepa se mantiene viva después de la cosecha y el viejo sistema radical conserva alguna funcionalidad. Esta hipótesis fue comprobada por Glover (1968), quien, mediante el uso de un rizotrón, encontró que el crecimiento de las raíces cesó después de tres días de la cosecha y el viejo sistema radical aparentemente murió. Nuevas raíces surgieron de los nudos basales de los brotes jóvenes en las semanas siguientes, pero siete semanas después de cada cosecha se renueva parcialmente a una velocidad que depende de las condiciones ambientales y las necesidades del cultivo. Así, por ejemplo, si después de la cosecha se tienen unas condiciones de sequía fuerte, la renovación del sistema radical es lenta y las raíces del cultivo anterior continúan sosteniendo el crecimiento de los tallos de la nueva soca.

Preparación de Suelos

Es imposible obtener rendimientos altos, si es que el sistema radicular no encuentra las condiciones favorables para su desarrollo óptimo. Se deben realizar todos los

esfuerzos posibles, para asegurar que las condiciones físicas del suelo sean satisfactorias y para que los nutrientes y la humedad no sean factores limitantes.

La preparación de los suelos para la siembra, es la actividad que demanda el mayor consumo de energía mecánica (Eppink, 1974). La energía necesaria es determinada por el tipo de implemento utilizado, la profundidad de la labranza, la compactación del suelo y la textura del mismo.

Compactación del suelo

La compactación de los suelos es un proceso que ocurre como consecuencia del pase excesivo de maquinaria, por las lluvias, y por la contracción del suelo al cercarse.

La compactación de los suelos cañeros se convirtió en un tema de estudio importante a partir de la década del cuarenta con la intensificación de la mecanización en la preparación de los suelos, en las labores de cultivo y en la cosecha de la caña de azúcar (Ricaud, 1977).

2.5 CRECIMIENTO VEGETATIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.5.1 PROPAGACIÓN

Se realiza plantando trozos de tallo (estacas). Cada estaca posee una yema axilar y una franja de primordios radicales, surgiendo de aquí una nueva planta. La yema que empieza a crecer depende, al principio, del trozo del tallo y sus raíces para obtener nutrientes y agua, pero en condiciones favorables desarrolla su propio sistema radical después de transcurridas unas tres semanas. Las raíces del brote nacen en los nudos ubicados bajo la tierra, mientras que las yemas auxiliares que poseen éstos producen los macollos. (Shamel, 1924). (Van Dillewijn, 1952) realizó una revisión minuciosa del desarrollo de la planta de caña a partir de su brotamiento.

2.5.2 PERIODO VEGETATIVO

La caña de azúcar requiere altas temperaturas durante el periodo de crecimiento y bajas temperaturas durante el periodo de maduración. Mientras más grande sea la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante la maduración, mayor será la posibilidad de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar. Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este

cultivo son entre 32°C y 38°C para brotamiento, 30°C para macollaje y 27°C para crecimiento.

Según (Bastidas, 2011), las etapas de desarrollo fisiológico del cultivo en un ciclo de doce meses son:

- I) Brotamiento: 30 a 45 días después de la siembra.
- II) Encepamiento : 45 días hasta 3 meses
- III) Gran periodo de crecimiento: 3 a 9 meses
- IV) Maduración: 10 a 12 meses.

Al comienzo del período vegetativo, el crecimiento de los tallos se relaciona directamente con la aplicación del agua. Un brotamiento temprano es ideal, ya que los tallos tendrán aproximadamente la misma edad. Cualquier déficit de agua durante la fase de formación de macollos, reducirá la producción de los mismos, aumentará su mortalidad y reducirá la población final de tallos, que es un importante componente del rendimiento.

El período de crecimiento máximo es el más crítico para el suministro de agua a la caña de azúcar. Esto se debe a que en esta fase ocurre el mayor crecimiento de los tallos, consolidándose la producción final de la caña de azúcar. La producción y elongación de los entrenudos, la producción de hojas en los tallos y su expansión, el engrosamiento y, por último, el peso de los tallos se determinan en este período. En esta fase también ocurre la formación de los tejidos que almacenan azúcar. Por lo tanto, en esta fase el cultivo alcanza su máximo requerimiento hídrico. Con un suministro adecuado de agua en esta fase de activo crecimiento, que permita mantener en 84-85% el contenido de humedad de las vainas de la tercera, cuarta, quinta y sexta hoja desde el ápice, se producirán entrenudos más largos, de mayor grosor y el peso total de la caña será mayor.

En la empresa Agroindustrial Paramonga S.A., se tiene los siguientes periodos vegetativos en caña planta con el sistema de riego por goteo y gravedad.

Riego por goteo:

- I) Brotamiento: 30 a 45 días después de la siembra.
- II) Encepamiento: desde los 45 hasta los 3 meses de edad.
- III) Gran periodo de crecimiento: desde los 3 hasta los 10 meses.
- IV) Maduración: desde los 10 hasta los 13 meses de edad.

Riego por gravedad:

- V) Brotamiento: 30 a 45 días después de la siembra.
- VI) Encepamiento: desde los 45 hasta los 3 meses de edad.
- VII) Gran periodo de crecimiento: desde los 3 hasta los 12 meses.
- VIII) Maduración: desde los 12 hasta los 15 meses de edad.

Por otro lado, los déficits hídricos durante la formación de tallos reducen su elongación debido al acortamiento de los entrenudos, lo que lleva a un menor peso de la caña, con un efecto bien marcado sobre la producción.

Un déficit hídrico severo durante la última fase del período de gran crecimiento provoca la maduración forzada del cultivo. La demanda evaporativa de la atmósfera es muy alta durante el período caluroso, aumentando las necesidades hídricas del cultivo. Por esta razón, el manejo de los suministros de agua disponibles para satisfacer el máximo requerimiento de agua es crucial para alcanzar el máximo potencial de rendimiento.

Durante el período de maduración, un suministro restringido de agua o la ocurrencia de condiciones de estrés hídrico moderado (74-76% de humedad en las vainas de las hojas) son necesarios para producir la maduración del cultivo, debido a la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo, que deshidrata a la caña y la fuerza a la conversión total de los azúcares en sacarosa recuperable. Con la detención del crecimiento vegetativo, aumenta la relación entre la materia seca almacenada como sacarosa y la que se requiere para el nuevo crecimiento.

Por otra parte, un suministro pleno de agua produce un crecimiento vegetativo continuo, afectando al proceso de acumulación de azúcar. No obstante, cuando la planta es privada seriamente de agua, se interrumpirá el metabolismo de la planta y la pérdida del contenido de azúcar puede ser mayor que la formación de azúcar. Una consideración importante es que el suelo no debe dejarse agrietar, porque producirá la poda de raíces y daños al sistema radicular.

Cuando el cultivo está en la fase de maduración, en la mayoría de los casos el agricultor puede también tener un cultivo recién plantado en su campo. Por lo tanto, la tendencia del agricultor será de suministrar agua al nuevo cultivo, descuidando al cultivo antiguo que está próximo a ser cosechado. Esta situación es particularmente común cuando la disponibilidad de agua es limitada. Si el cultivo ya desarrollado no es regado como necesita, sufre fuerte estrés hídrico, pudiendo ocurrir el quiebre de las cañas, la formación de cavidades en los tallos, una reducción significativa del peso de la caña, un aumento en el contenido de fibras y el deterioro de la calidad del jugo.

La situación es agravada si la cosecha se retrasa. De este modo, tanto el agricultor como la industria sufrirán. Por eso, (Doorenbos y Kassam, 1979) indicaron que para obtener un buen rendimiento de caña, debe aplicarse una cantidad razonable de agua al cultivo ya desarrollado.

2.6 RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA

2.6.1 ABSORCIÓN DEL AGUA POR LAS RAÍCES

Los sistemas de raíces tienen cuatro funciones importantes: la absorción, la fijación, el almacenamiento y la síntesis de varios compuestos orgánicos. Prácticamente, todos los minerales y el agua absorbidos por las plantas terrestres penetran por sus raíces. Es cierto que las hojas pueden absorber agua y solutos, lo que es importante para las aplicaciones foliares de elementos menores y fitosanitarios y que la absorción de rocío y niebla puede tener cierta significación para la supervivencia, pero la absorción por las raíces es fundamental.

La eficiencia de las raíces en la absorción depende de la extensión de sus sistemas y de la eficiencia de las raíces individuales.

Cuando las recién ampliadas células de paredes delgadas en la base de la región o zona de “alargamiento”, pierden su aptitud para alargarse, se diferencian en: epidermis, corteza y estela, las que constituyen las estructuras primarias de una raíz. Los tejidos conductores de las raíces suelen formar una masa sólida en el centro. El xilema primario suele consistir de hilos, dos o más, que se extienden radialmente hacia afuera desde el centro, con el floema primario situado detrás.

La estrecha capa de células parenquimáticas que separan el xilema del floema, se convierte más adelante en cambium (en dicotiledóneas) y produce xilema y floema secundarios. La capa exterior de la estela es el periciclo (Villegas, 2010).

2.6.2 LA ZONA DE ABSORCIÓN

El agua tiende a penetrar en las raíces más rápidamente por las regiones que ofrecen menor resistencia a su movimiento.

La región “meristemática” consta, típicamente de muchísimas células pequeñas, ordenadas en forma compacta, de paredes delgadas y casi completamente llenas de citoplasma. Por esa región se absorbe una cantidad de agua o de sal relativamente pequeña, en gran parte debido a la alta resistencia del movimiento a través del citoplasma y a la falta de un sistema conductor (Kramer, 1974).

Como se ha dicho anteriormente, poca agua es absorbida a través de la zona meristemática debido a la resistencia que presenta el denso protoplasma y a la carencia de elementos conductores para transportarla más allá. La absorción máxima de agua y solutos parece producirse en la región donde el xilema está muy diferenciado, pero donde la suberificación y lignificación no han progresado lo suficientemente como para reducir la permeabilidad.

La epidermis y los pelos radicales tienen gran importancia como superficies absorbentes. Por lo general, la mayoría de las plantas terrestres producen el número máximo de pelos radiculares en un suelo bien aireado, con un contenido hídrico próximo a la capacidad de campo. Su desarrollo se inhibe en suelo seco o excesivamente húmedo y cuando hay exceso de sales, así como cuando hay presencia de bajas temperaturas.

El crecimiento secundario generalmente destruye la epidermis y los pelos radicales.

Sin embargo, es probable que la mayor parte de la absorción de agua y solutos por muchas plantas perennes se efectuó a través de raíces que han pasado por el crecimiento secundario y se encuentran cubiertas de capas de tejido suberificado (Pinna, 2003).

2.6.3 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El mantenimiento de un nivel de humedad adecuado en el suelo a lo largo de todo el ciclo del cultivo es importante para obtener máximos rendimientos, porque el crecimiento vegetativo de la caña es directamente proporcional al agua transpirada. Dependiendo de las condiciones agro-ecológicas, de las prácticas de cultivo adoptadas y de la duración del ciclo de cultivo (12 a 24 meses), los requerimientos de agua de la caña de azúcar varían entre 1300 a 2400 mm, distribuidos a lo largo de la temporada de cultivo (**Cuadro 2**). Las cantidades de agua requeridas para producir 1 kilo de caña, 1 kilo de materia seca y 1 kilo de azúcar son 50-60, 135-150 y 1000-2000 g, respectivamente. El coeficiente de transpiración de la caña de azúcar es cercano a 400. Esto quiere decir que son necesarios 400 m³ de agua para producir una tonelada de materia seca (Deshmukh et. al., 1998).

Cuadro N° 2: REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN VARIOS PAÍSES

N°	País	Requerimiento hídrico (mm/ha/Campaña)
1	Australia	1522 (goteo)
2	Burundi, África central	1327 a 2017 (Secano)
3	Cuba	1681 a 2133 (Secano)
4	Hawái	2000 a 2400 (Secano)
5	Jamaica	1387(Secano)
6	Isla Mauricio	1670 (goteo)
7	Filipinas	2451 (surcos)
8	Póngala, Sudáfrica	1555(Secano)
9	Puerto Rico	1752 (Secano)
10	Sudáfrica	1670 (Secano)
11	India Subtropical	1800 (surcos)
12	Taiwán	1500 a 2200 (surcos)
13	India Tropical	2000 a 2400 (surcos)
14	Venezuela	2420 (surcos)
15	Tailandia	2600 (surcos)
16	Perú	1300 (goteo) y 2400 (gravedad)

Fuente:(Deshmukhet. al.,1998)

2.7 CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD MEX 73-523

A continuación se describe la variedad Mex 73-523 (Flores, 2001), cuyos progenitores son: M31-45 y Co 290. Los tallos tienen un desarrollo inclinado, con hábito de crecimiento en canasta; de color verde-amarillento cuando están cubiertas por la vaina, con presencia de cera blanca y un color verde-morado en exposición al sol. El entrenudo es cilíndrico, de corteza dura a media, yema redonda aplanada; las hojas erectas, ligeramente arqueadas en la punta, anchas, color verde oscuro, con abundantes espinas.

Buen brotamiento y excelente macollamiento que favorece un cierre de campo temprano. En México prospera bien en condiciones de cultivo temporal con una precipitación anual de 1800 a 2300 mm y en altitudes de 400 a 100 msnm. Buen comportamiento en suelos arcillosos y franco arcillosos, profundos y bien drenados. Tiene buen despaje y es susceptible al acame. En México, la floración es profusa. El rendimiento promedio de caña a nivel experimental es de 168 t/ha en caña planta y 123 t/ha en soca.

Es resistente al carbón y la roya. De madurez media, muy rica en sacarosa, alta pureza y 13% de fibra. No se ha propagado mucho en México porque no supera los rendimientos de campo de la Mex 68-P-23 y la Mex 69-290.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES:

3.1.1 FASE CAMPO

- Bastidor de madera de 80 x 120 cm, con cuadrículas de 10 x 10 cm
- Cubo de metal de 1 dm³
- Espátula
- Comba
- Bolsas con cierre hermético
- GPS navegador
- Vernier
- Wincha
- Formato para toma de datos

3.1.2 FASE LABORATORIO Y GABINETE

- Balanza de precisión
- Horno de secado
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- AutoCAD

3.2 METODOLOGÍA

3.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CAMPOS EN ESTUDIO

a. Ubicación

La zona de estudio corresponde a campos de la empresa Agroindustrial Paramonga (AIPSA).

Geográficamente, el área se localiza en las coordenadas 10° 40' de latitud (S) y 77° 47' de longitud (W).

Políticamente, pertenece al Distrito de Paramonga, Provincia de Barranca, Departamento de Lima y Región del mismo nombre (**Mapa 1**).

La Empresa Agroindustrial Paramonga S.A, tiene una extensión total de 6443.48 ha, que se encuentran cultivadas en un 100 % con caña de azúcar. Se divide en tres administraciones: I Otopongo (92 campos), II El Milagro (74 campos) y III Cerro Blanco (82 campos).

b. Topografía

La topografía de los campos es prácticamente plana, con una pendiente promedio de seis por mil.

c. Suelo

Los suelos de los campos son de origen cuaternario y coluvial, formados a partir de la roca madre de los cerros colindantes, mediante un proceso de meteorización, intemperismo y transporte de sedimentos.

Los suelos de los campos de estudio, son de textura Franco Arenosa, Franco Limosa y Arena Franca.

d. Clima

El área de estudio, está definida de acuerdo a la clasificación de Koppen, como de clima sub-tropical desértico (BWH), influenciado por la presencia de la corriente de Humboldt y la cordillera de los Andes.

La zona donde se desarrolló el trabajo de investigación, tiene una temperatura media que fluctúa entre los 18.8 °C en el mes de julio y los 22,2 °C para el mes de marzo. La humedad relativa promedio varía entre los 70 % y 80 %, que corresponden a los meses de febrero y junio, respectivamente. La precipitación

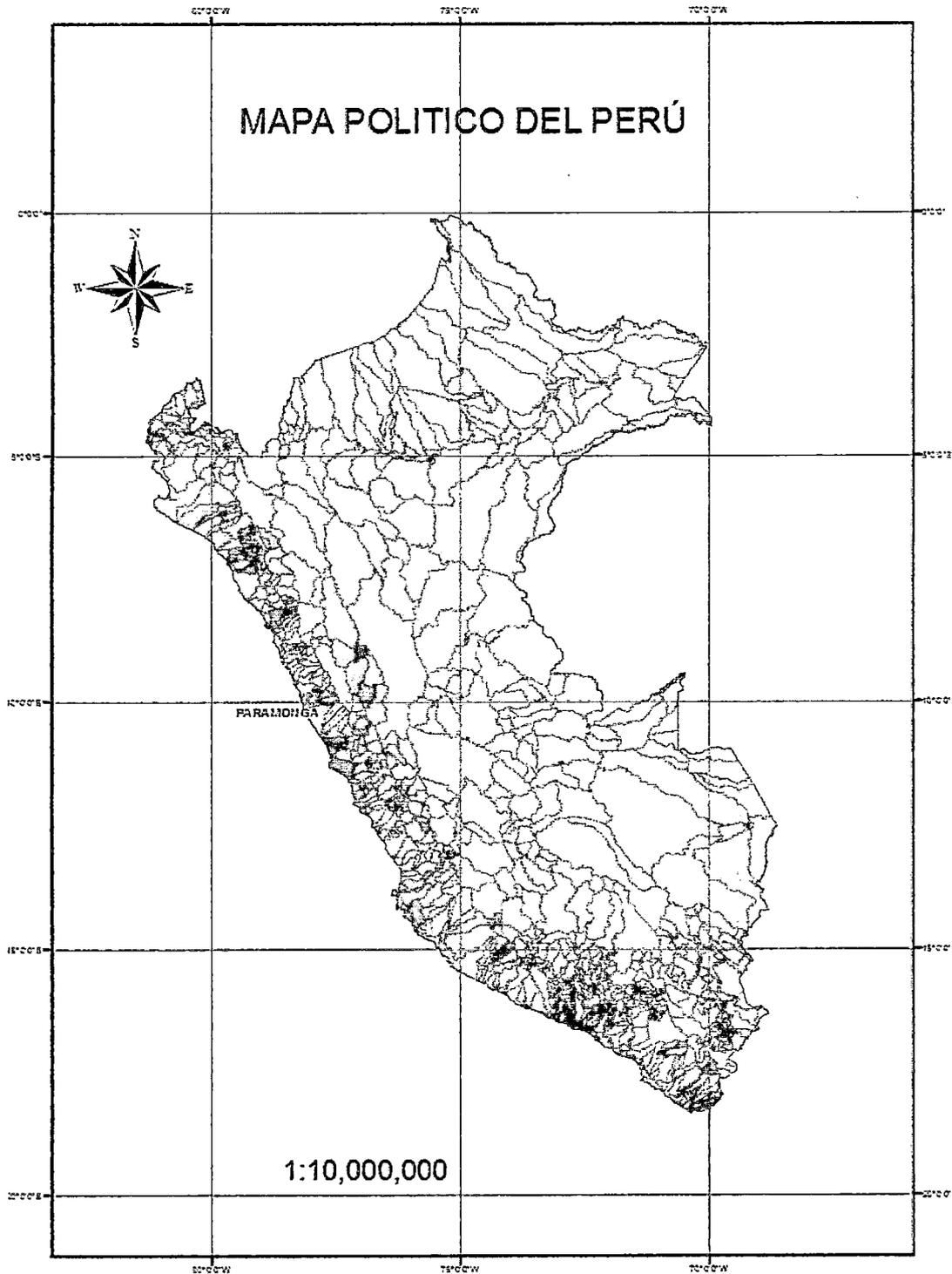
promedio tan sólo llega a los 4.0 mm/año y se presenta sólo en los meses de julio a Octubre, pues en el resto del año la precipitación es nula.

La información anual de temperaturas máximas y mínimas para el periodo 2003 a 2013, registrada en la estación meteorológica de Paramonga, para las variables antes mencionada se presenta en el Cuadro 3.

e. Agua

El recurso hídrico que se utiliza en las Administraciones, es captado del río Fortaleza y Pativilca, a su vez cuentan con pozos subterráneos y estas son utilizadas en la época de estiaje aproximadamente 8 meses, los 4 meses restantes se utiliza agua del río ya sea Fortaleza o Pativilca según la ubicación del campo.

Mapa N° 1: MAPA DE UBICACIÓN



Fuente: Mapa político del Perú, ArGis

Cuadro N° 3: TEMPERATURAS MÍNIMAS Y MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN “PARAMONGA”

MES	TEMPERATURAS MÍNIMAS											PROMEDIO
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
ENERO	20.3	19.0	19.6	19.1	20.3	19.1	19.5	20.8	18.1	18.5	19.1	19.5
FEBRERO	20.4	19.9	19.3	20.1	20.6	19.8	19.8	21.2	18.9	19.1	19.4	19.9
MARZO	19.3	18.8	19.4	18.8	19.4	20.8	19.5	20.4	18.3	19.8	18.6	19.4
ABRIL	17.1	18.0	18.0	16.8	17.3	17.2	18.4	18.6	17.2	19.2	16.5	17.6
MAYO	16.1	15.4	16.4	15.0	15.4	15.8	16.2	17.6	17.8	18.1	16.3	16.4
JUNIO	15.3	14.9	15.2	16.1	14.1	16.8	16.9	15.8	18.4	18.1	15.4	16.1
JULIO	15.6	15.1	15.3	17.6	14.6	17.2	17.6	14.4	16.2	18.3	14.8	16.1
AGOSTO	14.6	14.9	15.3	16.6	13.9	16.8	15.7	14.1	15.1	16.1	14.5	15.2
SEPTIEMBRE	15.2	15.5	14.7	16.0	13.6	16.1	15.6	14.1	14.5	16.0	15.0	15.1
OCTUBRE	15.7	15.9	15.0	16.5	14.0	15.8	15.6	14.8	15.1	15.9	15.1	15.4
NOVIEMBRE	17.0	17.0	16.1	17.3	15.3	16.6	17.2	15.7	16.3	16.8	16.3	16.5
DICIEMBRE	18.4	17.9	18.0	18.2	16.3	17.7	18.7	16.6	17.4	18.1	17.7	17.7
PROMEDIO	17.1	16.7	16.9	17.3	16.2	17.5	17.5	17.0	16.9	17.8	16.5	17.1
	TEMPERATURAS MÁXIMAS											
ENERO	23.0	21.0	22.4	22.1	23.1	22.1	22.2	23.2	21.1	21.4	21.9	22.3
FEBRERO	23.5	22.9	22.0	23.0	23.3	22.7	22.7	23.8	21.9	22.0	22.3	22.7
MARZO	22.2	22.0	22.2	21.7	22.0	23.4	22.5	23.0	20.9	22.7	21.4	22.2
ABRIL	19.9	20.7	20.1	19.3	19.9	19.7	21.0	21.2	19.7	21.9	19.1	20.2
MAYO	18.2	17.5	18.7	17.5	17.6	17.7	18.2	19.5	20.0	20.5	18.6	18.6
JUNIO	17.7	16.8	17.3	17.8	15.7	18.5	18.9	17.7	20.1	20.4	17.1	18.0
JULIO	17.6	16.9	17.1	19.2	16.3	19.2	19.1	15.8	17.5	20.1	16.2	17.7
AGOSTO	16.4	16.7	17.1	18.3	15.3	18.5	17.4	15.7	16.4	17.6	16.0	16.9
SEPTIEMBRE	17.1	17.6	16.3	18.0	15.3	17.9	17.4	16.0	16.2	18.0	16.6	16.9
OCTUBRE	18.0	18.3	16.8	18.7	16.1	17.8	17.6	16.8	17.3	17.8	17.1	17.5
NOVIEMBRE	19.8	19.5	18.3	19.7	17.8	19.0	19.4	18.1	18.9	19.2	18.6	18.9
DICIEMBRE	21.0	20.9	20.6	21.1	19.2	20.4	21.1	19.4	20.2	20.6	20.6	20.5
PROMEDIO	19.5	19.1	19.1	19.7	18.4	19.7	19.8	19.2	19.2	20.2	18.8	19.4

Fuente: Estación Meteorológica Paramonga

3.3 EVALUACIONES

3.3.1 SELECCIÓN DEL ÁREA

El proyecto de investigación fue elaborado tomando en cuenta que el conocimiento de la densidad radicular de la caña de azúcar es de gran valor práctico ya que también está relacionado con la selección de variedades.

Dado que para la Empresa Agroindustrial Paramonga es de vital importancia maximizar las eficiencias para una mejor producción de la caña de azúcar, apoyaron decididamente la realización del presente trabajo de investigación.

La investigación se realizó en seis campos ubicados en la administración III: Cerro Blanco, cuyas coordenadas son: UTM PSAD56: Este: 193362 – 198483, Norte: 8822500 – 8831561, teniendo una extensión total de 2,492.12 ha.

Se eligió tres campos bajo riego por gravedad y los tres restantes bajo riego por goteo, buscando que tengan similares características en cuanto a variedad, textura, edad, número de cortes y clima (**Cuadro 4**).

En el **Cuadro 5**, se presentan los resultados del análisis de caracterización de los suelos, pudiéndose observar homogeneidad en los seis campos.

El estudio se hizo únicamente con la variedad Mex 73-523 que ocupa 3815.15 ha, distribuidas en las tres administraciones.

En el **Anexo 1**, se presentan los seis campos, donde se realizaron las evaluaciones.

En el **Mapa 2**, se muestra el campo Manzueto (Riego por goteo).

En el **Mapa 3**, se muestra el campo Don Pepe (Riego por goteo).

En el **Mapa 4**, se muestra el campo Canaval (Riego por goteo).

En el **Mapa 5**, se muestra el campo Porvenir (Riego por gravedad).

En el **Mapa 6**, se muestra el campo Alameda (Riego por gravedad).

En el **Mapa 7**, se muestra el campo Estacada (Riego por gravedad).

Cuadro N° 4: CARACTERISTICAS DE LOS CAMPOS DE INVESTIGACIÓN

CAMPO	AREA NETA(HA)	RIEGO	N° CORTE	VARIEDAD	FECHA DE SIEMBRA
MANZUETO	6.18	GOTEO	1	Mex 73-523	03/10/2013
DN. PEPE	4.80	GOTEO	1	Mex 73-523	07/09/2013
CANAVAL	14.95	GOTEO	1	Mex 73-523	08/08/2013
PORVENIR	7.57	GRAVEDAD	1	Mex 73-523	05/10/2013
ALAMEDA	70.73	GRAVEDAD	1	Mex 73-523	06/09/2013
ESTACADA	16.58	GRAVEDAD	1	Mex 73-523	09/08/2013

Fuente: Empresa Agroindustrial Paramonga.

Cuadro N° 5: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

CAMPO	PROFUNDIDAD (cm)	CLASE TEXTURAL	pH (1:1)	C.E.(1:1) (dS/m)
MANZUETO	0-30	Fr.A.	7.52	0.35
	30-60	A. Fr.	7.83	0.17
DON PEPE	0-30	A. Fr.	7.96	0.16
	30-60	A. Fr.	7.69	0.21
CANAVAL	0-30	Fr.A.	7.96	0.3
	30-60	A. Fr.	8.07	0.12
PORVENIR	0-30	Fr.A.	7.84	1.27
	30-60	Fr.A.	7.71	1.02
ALAMEDA	0-30	Fr.A.	7.96	0.57
	30-60	Fr.A.	7.91	0.71
ESTACADA	0-30	Fr. L.	6.97	0.62
	30-60	Fr. L.	7.33	0.47

Fuente: Laboratorio de Análisis de Agua, Suelo y Medio Ambiente, de la Facultad de Ingeniería Agrícola, UNALM.

3.3.2 EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD RADICULAR

Se utilizó el método del perfil del suelo, para lo cual se realizó calicatas de 80 cm de ancho, lo más próximo a la cepa (aproximadamente a 20 cm del centro de la cepa) y a 80 cm de profundidad, en casos en donde la profundidad de la raíz era mayor a 80 cm se utilizó una malla de 80 cm de ancho y 120 cm de profundidad.

Luego se procedió a colocar un bastidor de 80 x 80 cm dividido a su vez en cuadrículas de 10 x 10 cm. , por medio de un cubo de metal de volumen de 1 dm³ y con la ayuda de la comba y espátula de metal se retiró el volumen de suelo. En cada cuadrícula de 10 x 10 cm se cuantificó el peso de raíces húmedas y también secas, pasando previamente por la estufa por 24 horas a 50 ° C.

Esta evaluación se realizó seis veces por campo cada mes. Las fechas de evaluación se muestran en el **Cuadro 6**.

Cuadro N° 6: FECHAS DE EVALUACIÓN POR CADA CAMPO

CAMPOS	FECHA DE SIEMBRA	PRIMERA EVALUACIÓN	SEGUNDA EVALUACIÓN	TERCERA EVALUACIÓN	CUARTA EVALUACIÓN	QUINTA EVALUACIÓN	SEXTA EVALUACIÓN
MANZUETO	03/10/2013	03/02/2014	03/03/2014	03/04/2014	03/05/2014	03/06/2014	03/07/2014
DN. PEPE	07/09/2014	07/02/2014	07/03/2014	07/04/2014	07/05/2014	07/06/2014	07/07/2014
CANAVAL	08/08/2013	08/02/2014	08/03/2014	08/04/2014	08/05/2014	08/06/2014	08/07/2014
PORVENIR	05/10/2013	05/02/2014	05/03/2014	05/04/2014	05/05/2014	05/06/2014	05/07/2014
ALAMEDA	06/09/2014	06/02/2014	06/03/2014	06/04/2014	06/05/2014	06/06/2014	06/07/2014
ESTACADA	09/08/2013	09/02/2014	09/03/2014	09/04/2014	09/05/2014	09/06/2014	09/07/2014

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 6A: Aproximadamente a 20 cm del centro de la cepa

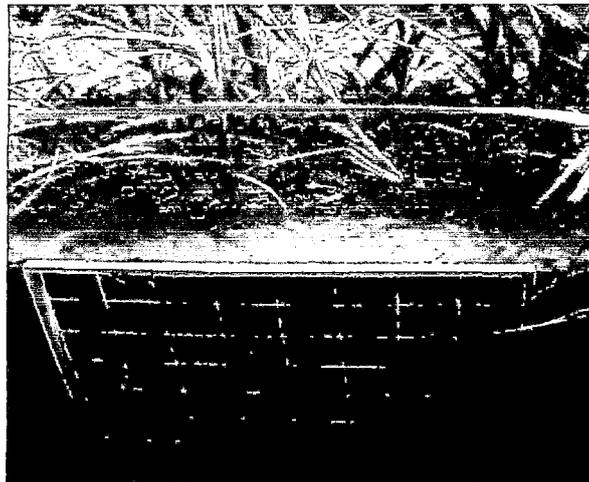


Figura 6 B: Bastidor de 80 x 120 cm.

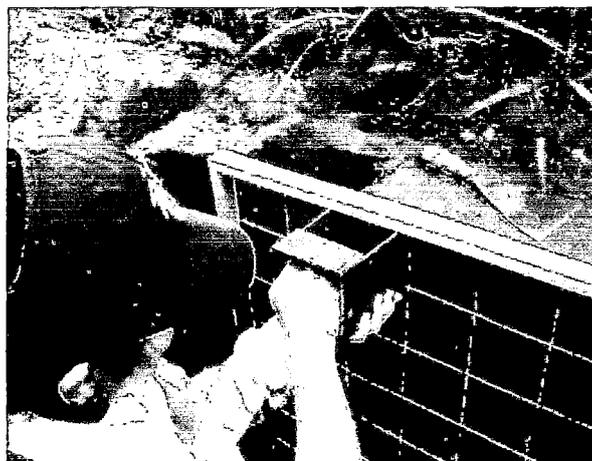


Figura 6 C: Retirar el volumen de suelo 1dm³



Figura 6 D: Separación del suelo y la raíz

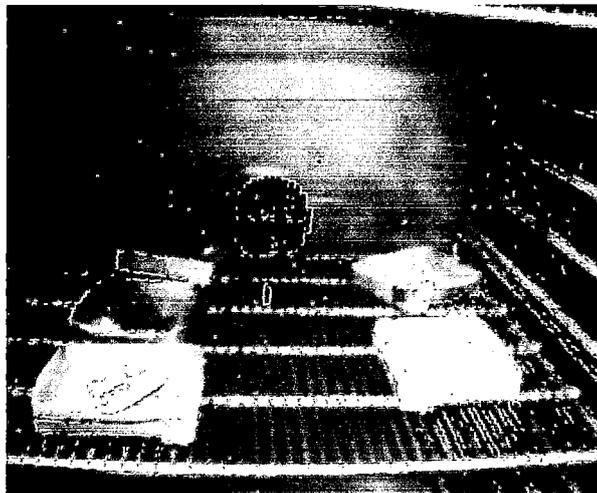


Figura 6 E: Secado de raíces



Figura 6 F: Peso seco de raíces

3.3.3 MEDIDA DE LA BIOMETRÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La evaluación de las características biométricas tomadas en cuenta en este trabajo de investigación se realizaron en las mismas fechas en que se realizó la medida de la densidad radicular de la caña de azúcar.

Se evaluaron las siguientes características:

- a. Altura de la canopia: desde el nivel del suelo hasta la punta de las hojas, sacando un promedio de los tallos que se encontraban en la cepa donde se realizó previamente la evaluación de la densidad radicular. Se obtuvieron seis mediciones por campo a lo largo de la investigación (Figura 7).
- b. Altura del tallo: desde el nivel del suelo hasta la última hoja con lígula visible. Se sacó un promedio para todos los tallos que se encontraban en la cepa, donde se realizó previamente la evaluación de la densidad radicular. Se realizaron seis mediciones por campo a lo largo de la investigación (Figura 8).
- c. Número de tallos: se contó el número de tallos que se encontraban en la cepa, donde se realizó previamente la evaluación de la densidad radicular. Se efectuaron seis mediciones por campo a lo largo de la investigación (Figura 9).
- d. Entrenudos: se contó el número de entrenudos en cada uno de los tallos y se sacó un promedio para todos los tallos presentes en la cepa, donde se realizó previamente la evaluación de la densidad radicular. Se realizaron seis mediciones por campo a lo largo de la investigación (Figura 10).
- e. Diámetro del tallo: se dividió el tallo en tres partes (superior, medio e inferior) y realizó la medición con ayuda de un vernier, luego de lo cual se obtuvo el promedio para todos los tallos presentes en la cepa donde se realizó previamente la evaluación de la densidad radicular. Se realizaron seis mediciones por campo a lo largo de la investigación (Figura 11).



Figura N° 7: Altura de la Canopia



Figura N° 8: Altura del tallo



Figura N° 9: Número de tallos



Figura N° 10: Entrenudos



Figura N° 11: Diámetro de la caña

3.3.4 MEDIDA DE VOLÚMENES DE AGUA APLICADO (m³)

Los campos con sistemas de riego por goteo (Manzuelo, Canaval y Don Pepe) usan agua de pozo en un 70%, en épocas de estiaje, que dura aproximadamente 6 meses (Junio a Diciembre) y los 6 meses restantes usa agua del rio Fortaleza. Cuando se utiliza el agua del rio, ésta se almacena en los reservorios de cada campo, los cuales tienen los siguientes volúmenes: Manzuelo 10,000 m³, Canaval 12,000 m³ y Don Pepe 23,000 m³.

En los campos con sistema de riego por gravedad (Porvenir, Estacada y Alameda), se riega con el agua del Rio Pativilca a través de una alcantarilla que atraviesa el Rio Fortaleza que conduce aproximadamente 300 a 250 lps. Según turno de riego.

Los volúmenes de agua aplicada difieren del tipo de riego, las cantidades aproximadas en Riego por goteo son de: 13000 m³/ha/campaña, y la de Riego por gravedad: 24000 m³/ha/campaña.

3.3.5 MEDIDA DE LA GEOREFERENCIACIÓN DE LA PLANTA (GPS):

Consistió en la medición de la georeferenciación de la planta con la ayuda de un GPS donde se realizó previamente la evaluación de la densidad radicular; es decir se obtuvieron seis mediciones por campo a lo largo de la investigación. (Figuras 12A y 12B)



Figura N° 12A: Georeferencia del Cultivo (GPS)

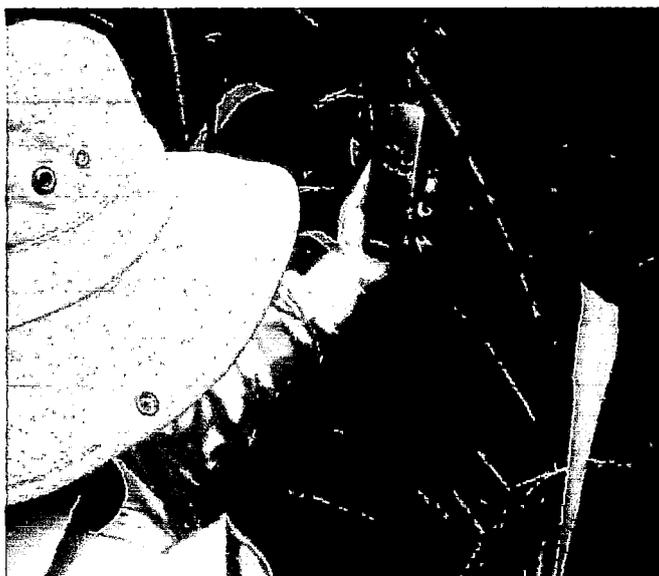


Figura N° 12 B. Georeferencia del Cultivo (GPS)

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En base a los resultados de campo, se procedió a efectuar el análisis de regresión lineal entre la peso radicular (Y) y la edad del cultivo (X) para cada uno de los campos. Asimismo, se determinó su correspondiente coeficiente de determinación (r^2), a fin de conocer el grado de confiabilidad de los resultados obtenidos.

De igual manera, dichos análisis se efectuaron para las variables altura de la canopia, altura del tallo, número de tallos, número de entrenudos y diámetro de la caña. Para el análisis de regresión, se utilizó las funciones estadísticas de la hoja de cálculo EXCEL, que forma parte del SOFTWARE MICROSOFT Office 2010.

Se elaboraron diversos cuadros y figuras, para las diferentes variables analizadas, tanto con los datos básicos como con los resultados estadísticos obtenidos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 CAMPO: MANZUETO

El campo Manzuelo, es de tipo Franco Arenoso de 0-30 cm y Arena Franca de 0-60 cm. de profundidad. La fecha de inicio de siembra del campo fue en octubre 2013 y el método de riego que se aplicó es por goteo. La primera evaluación se realizó a los cuatro meses (febrero 2014) y terminó a los nueve meses (julio 2014) de edad del cultivo. En esta etapa de evaluación, el cultivo se encontraba en su periodo de gran crecimiento, según el desarrollo fisiológico de la caña de azúcar.

En Cuadro 7, se observa las seis evaluaciones que se realizaron en el campo, las cuales consistieron en la medición del peso seco de raíces (gry %) y la densidad radicular (gr/dm³).

Se observa que las raíces se distribuyeron hasta 60 cm de profundidad y esto se correlaciona con la distribución del agua en el perfil del suelo, aplicado por el riego por goteo. Se encontró un 90% de raíces en los primeros 30 cm, similar a lo mencionado por Martin et al. (1987), quienes reportaron que en Cuba, el mayor porcentaje del sistema radicular se encontró en los primeros 30 cm del suelo.

Cuadro N° 7: EVALUACIONES - CAMPO MANZUETO

	PROFUNDIDAD (cm)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/dm ³)	PORCENTAJE (%)	EDAD (meses)
(I) EVALUACIÓN	0-10	2.30	0.29	31.99	4
	10-20.	2.03	0.25	28.23	
	20-30	2.11	0.26	29.35	
	30-40	0.75	0.09	10.43	
(II) EVALUACIÓN	0-10	2.12	0.30	23.14	5
	10-20.	3.26	0.41	31.17	
	20-30	3.57	0.45	34.13	
	30-40	1.14	0.14	10.90	
	40-50	0.07	0.01	0.67	
(III) EVALUACIÓN	0-10	1.09	0.14	9.70	6
	10-20.	4.10	0.55	39.15	
	20-30	4.07	0.51	36.21	
	30-40	1.48	0.21	14.95	
(IV) EVALUACIÓN	0 - 10	3.93	0.50	28.84	7
	10 - 20.	6.82	0.85	49.42	
	20 - 30	1.60	0.20	11.59	
	30 - 40	0.32	0.04	2.32	
	40 - 50	0.73	0.09	5.29	
	50 - 60	0.55	0.04	2.54	
(V) EVALUACIÓN	0-10	6.94	0.87	34.44	8
	10-20.	7.56	0.95	37.52	
	20-30	4.03	0.51	20.25	
	30-40	1.26	0.16	6.25	
	40-50	0.31	0.04	1.54	
(VI) EVALUACIÓN	0-10	7.96	1.00	33.15	9
	10-20.	8.76	1.10	36.48	
	20-30	6.32	0.79	26.32	
	30-40	0.36	0.11	3.58	
	40-50	0.11	0.01	0.46	

Fuente: Elaboración propia

Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Manzueto

En la Figura 13, en el eje de las(x) se observa el porcentaje de peso seco de raíces y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por goteo podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 y 40-50 cm sus porcentajes de peso seco de raíces fueron: 34.44 %, 37.52%, 20.25%, 6.25% y 1.54%, respectivamente. El peso seco de raíces tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua por goteo.

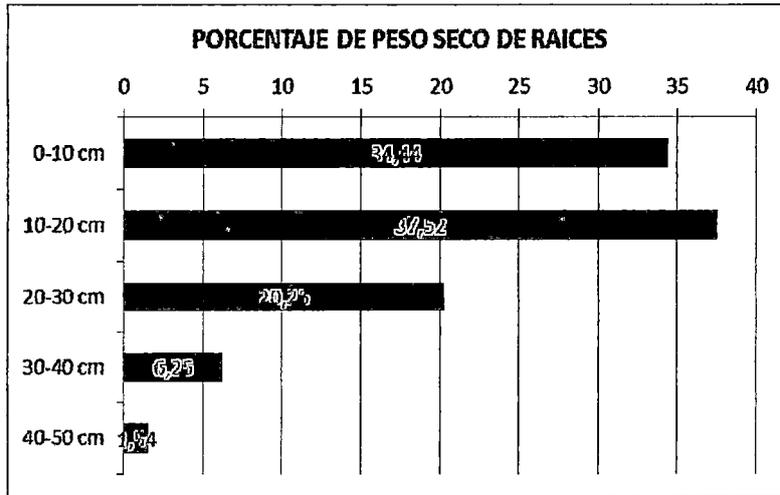


Figura N° 13: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Manzueto

Fuente: Elaboración propia.

Densidad radicular vs profundidad – Campo: Manzueto

En la Figura 14, en el eje de las (x) se observa la densidad radicular (gr/dm³) y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por goteo podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 y 40-50 cm su densidad radicular fueron: 0,87, 0,95, 0,51, 0,16 y 0,04 (gr/dm³) respectivamente. La densidad radicular tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua por goteo.

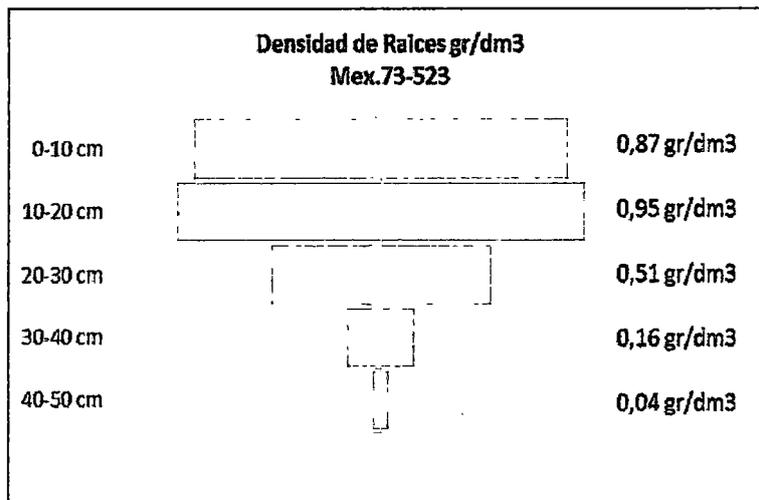


Figura N° 14: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Manzueto

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Manzueto

En la Figura 15, en el eje de las (x) se observa el ancho de la malla de 0-80 cm (estaca los 40 cm) y en el eje (y) el peso acumulativo de raíces (gr), las profundidades del suelo que van de 0-60 cm se diferencia por un color determinado. La concentración radicular está en función del contenido de su bulbo de humedad y el tipo de suelo.

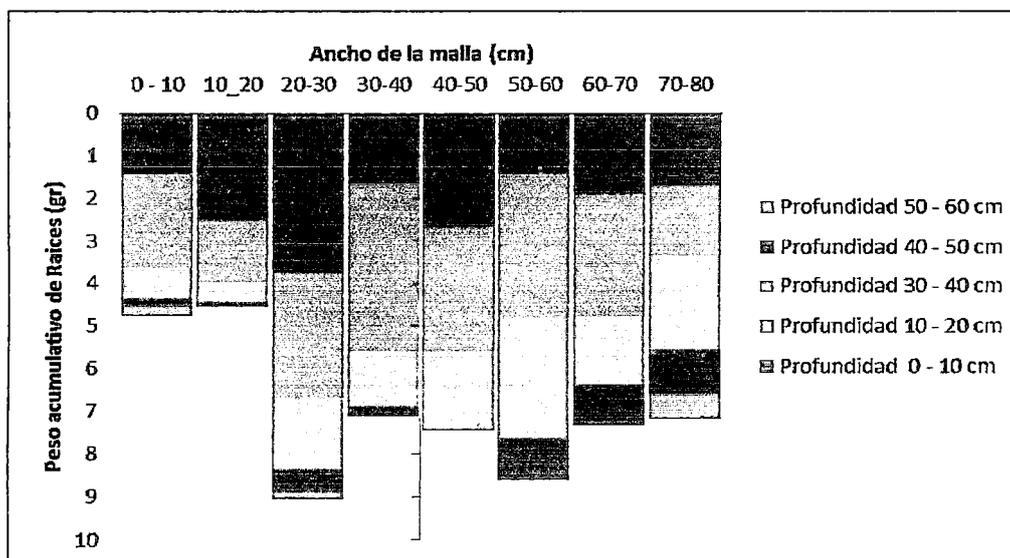


Figura Nº 15: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Manzueto

Fuente: Elaboración propia.

4.2 CAMPO: DON PEPE

El campo Don Pepe, es de tipo es de tipo Arena Franca de 0-60 cm de profundidad, según el análisis de caracterización de suelos. La fecha de inicio de siembra del campo fue en setiembre 2013 y el método de riego que se aplicó es por goteo. La primera evaluación se realizó a los cinco meses (febrero 2014) y terminó a los diez meses (julio 2014) de edad del cultivo. En esta etapa de evaluación, el cultivo se encontraba en su periodo de gran crecimiento, según el desarrollo fisiológico de la caña de azúcar.

En el Cuadro 8, se observa las seis evaluaciones que se realizaron en el campo las cuales consistieron en la medición del peso seco de raíces (gr y %) y la densidad radicular (gr/dm³).

Se observa que las raíces se distribuyeron hasta 40 cm de profundidad. Se encontró un 98.7% de raíces en los primeros 30 cm, coincidiendo con lo reportado por Martin et al. (1987) quienes indicaron que en Cuba, el mayor porcentaje del sistema radicular se encontraba en los primeros 30 cm del suelo.

Cuadro N° 8: EVALUACIONES – CAMPO DON PEPE

	PROFUNDIDAD (cm)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/dm ³)	PORCENTAJE (%)	EDAD (meses)
(I) EVALUACIÓN	0 - 10	3.42	0.43	60.75	5
	10 - 20.	2.09	0.26	37.12	
	20 - 30	0.12	0.02	2.13	
(II) EVALUACIÓN	0 - 10	2.61	0.33	34.02	6
	10 - 20.	3.39	0.42	43.69	
	20 - 30	1.44	0.18	18.56	
	30 - 40	0.29	0.04	3.74	
(III) EVALUACIÓN	0 - 10	3.44	0.43	35.39	7
	10 - 20.	3.88	0.49	39.92	
	20 - 30	2.4	0.3	24.69	
(IV) EVALUACIÓN	0 - 10	4.45	0.56	32.39	8
	10 - 20.	6.28	0.79	45.71	
	20 - 30	3.01	0.38	21.91	
(V) EVALUACIÓN	0 - 10	4.77	0.60	25.28	9
	10 - 20.	4.81	0.60	25.49	
	20 - 30	8.67	1.08	45.95	
	30 - 40	0.62	0.08	3.29	
(VI) EVALUACIÓN	0 - 10	9.5	1.19	46.94	10
	10 - 20.	7.55	0.94	37.30	
	20 - 30	3.09	0.39	15.27	
	30 - 40	0.1	0.01	0.49	

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Don Pepe

En la Figura 16, en el eje de las(x) se observa el porcentaje de peso seco de raíces y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por goteo podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm y 30-40 cm. sus porcentajes de peso seco de raíces fueron: 46.94%, 37.30%, 15.26% y 0.49% respectivamente. El peso seco de raíces tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua por goteo.

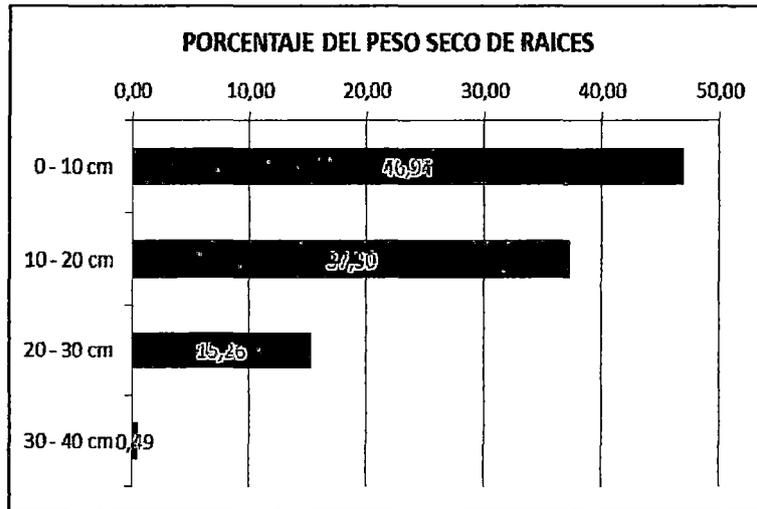


Figura N° 16: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

Densidad radicular vs profundidad – Campo: Don Pepe

En la Figura 17, en el eje de las(x) se observa la densidad radicular (gr/dm³) y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por goteo podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm y 30-40 su densidad radicular fueron: 1.19, 0.94, 0.3 y 0.01 (gr/dm³) respectivamente. La densidad radicular tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua por goteo.

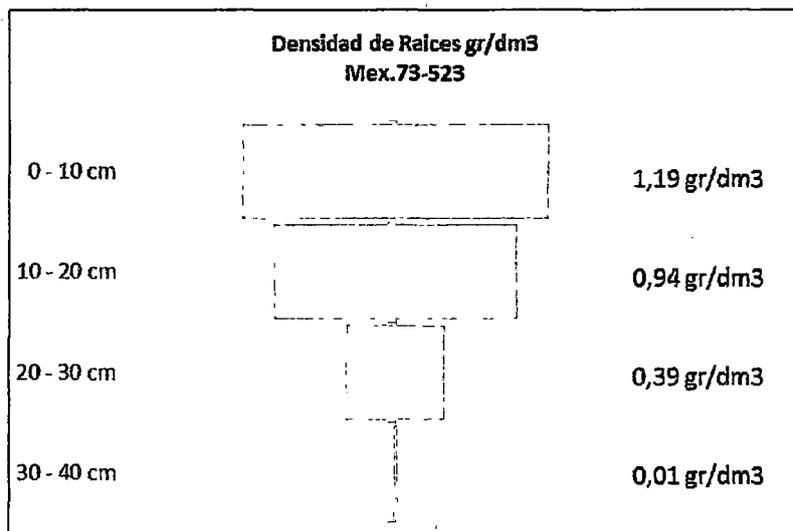


Figura N° 17: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Don Pepe

En la Figura 18, en el eje de las (x) se observa el ancho de la malla de 0-80 cm (estaca a los 40 cm) y en el eje (y) el peso acumulativo de raíces (gr), las profundidades del suelo que van de 0-40 cm se diferencia por un color determinado. La concentración radicular está en función del contenido de su bulbo de humedad y el tipo de suelo.

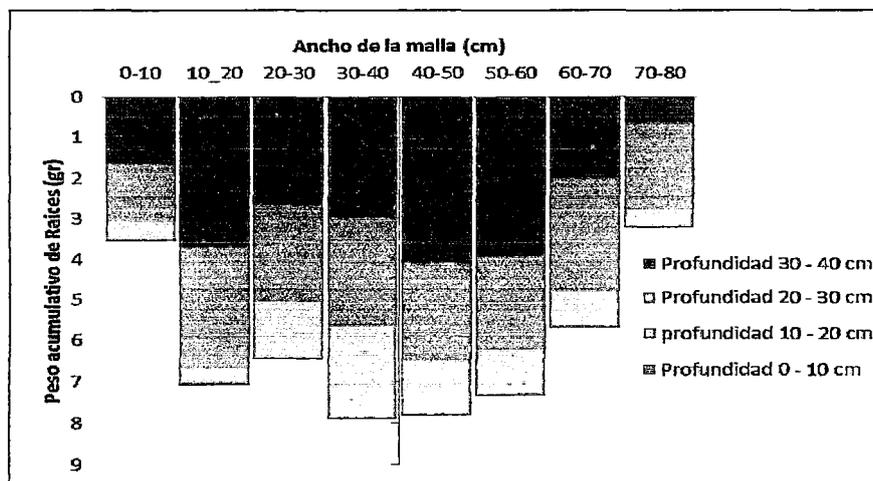


Figura N° 18: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

4.3 CAMPO: CANAVAL

El campo Canaval, es de tipo Franco Arenoso de 0-30 cm y Arena Franca de 0-60 cm. de profundidad. La fecha de inicio de siembra del campo fue en Agosto 2013, el método de riego que se aplicó es por goteo. La primera evaluación se realizó a los seis meses (Febrero 2014) y terminó a los once meses (julio 2014) de edad del cultivo, en esta etapa de evaluación el cultivo se encontraba en su periodo de gran crecimiento, según el desarrollo fisiológico de la caña de azúcar.

En el Cuadro 9, se observa las seis evaluaciones que se realizaron en el campo las cuales consistieron en la medición del peso seco de raíces (gr y %) y la densidad radicular (gr/dm³).

Se observa que las raíces se distribuyeron hasta 110 cm de profundidad, encontrándose con un 62% de raíces en los primeros 30 cm, este resultado confirma lo mencionado por Martín et al. (1987) el cual reportaron que en Cuba, el mayor porcentaje del sistema radicular se encontraba en los primeros 30 cm del suelo.

Cuadro N° 9: EVALUACIONES - CAMPO CANAVAL

	PROFUNDIDAD (cm)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/dm ³)	PORCENTAJE (%)	EDAD (meses)
(I) EVALUACIÓN	0-10	3.25	0.41	39.39	6
	10-20.	2.21	0.28	26.79	
	20-30	0.97	0.12	11.76	
	30-40	0.1	0.01	1.21	
	40-50	0.2	0.03	2.42	
	50-60	0.21	0.03	2.55	
	60-70	0.89	0.11	10.79	
	70-80	0.21	0.03	2.55	
	80-90	0.03	0.02	2.18	
	90-100	0.03	0.004	0.36	
(II) EVALUACIÓN	0-10	1.40	0.18	14.64	7
	10-20.	1.18	0.19	15.48	
	20-30	1.88	0.23	19.14	
	30-40	3.87	0.48	40.48	
	70-80	0.93	0.12	10.25	
(III) EVALUACIÓN	0-10	1.71	0.22	11.34	8
	10-20.	1.35	0.54	28.34	
	20-30	4.65	0.58	30.29	
	30-40	0.59	0.11	5.80	
	40-50	1.28	0.16	8.34	
	50-60	1.88	0.24	12.25	
	60-70	0.56	0.07	3.65	
(IV) EVALUACIÓN	0-10	7.13	0.89	34.41	9
	10-20.	7.81	0.98	37.84	
	20-30	1.23	0.53	20.42	
	30-40	1.52	0.19	7.34	
(V) EVALUACIÓN	0-10	1.51	0.57	19.61	10
	10-20.	3.11	0.39	13.56	
	20-30	3.30	0.41	14.25	
	30-40	2.32	0.29	10.02	
	40-50	1.40	0.24	8.25	
	50-60	3.03	0.38	13.09	
	60-70	2.13	0.27	9.20	
	70-80	0.07	0.01	0.30	
	80-90	0.30	0.04	1.30	
	90-100	1.70	0.21	7.34	
	100-110	0.71	0.09	3.07	
(VI) EVALUACIÓN	0-10	1.55	0.54	15.88	11
	10-20.	1.90	0.24	6.97	
	20-30	3.52	0.44	12.91	
	30-40	3.07	0.38	11.26	
	40-50	4.30	0.41	12.11	
	50-60	4.99	0.69	20.29	
	60-70	3.05	0.38	11.19	
	70-80	0.85	0.10	3.01	
	80-90	0.71	0.09	2.60	
	90-100	0.76	0.10	2.79	
	100-110	0.37	0.03	0.99	

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Canaval

En la Figura 19, en el eje de las(x) se observa el porcentaje de peso seco de raíces y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por goteo podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm y 100-110 cm sus porcentajes de peso seco de raíces fueron: 15.88%, 6.97%, 12.91%, 11.26%, 12.11%, 20.29 %, 11.19%, 3.01%, 2.60%, 2.79% y 0.99% respectivamente. El peso seco de raíces tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua por goteo.

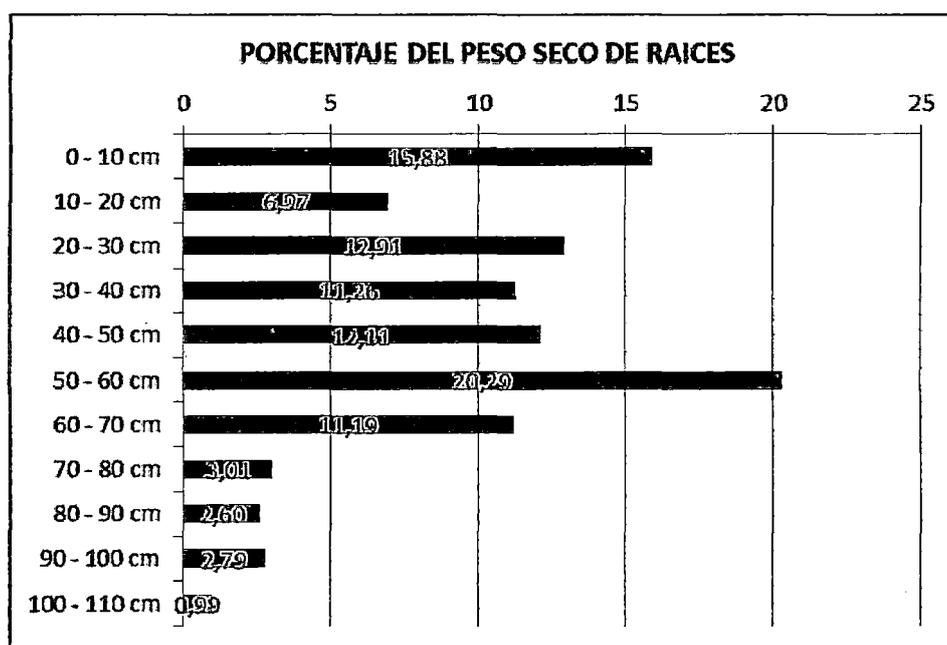


Figura N° 19: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Canaval

Fuente: Elaboración propia.

Densidad radicular vs profundidad – Campo: Canaval

En la Figura 20, en el eje de las(x) se observa la densidad radicular (gr/dm^3) y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por goteo podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm y 100-110 cm, su densidad radicular fueron: 0.54, 0.24, 0.44, 0.38, 0.41, 0.69, 0.38, 0.1, 0.09, 0.1, 0.03 (gr/dm^3) respectivamente. La densidad radicular tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua por goteo.

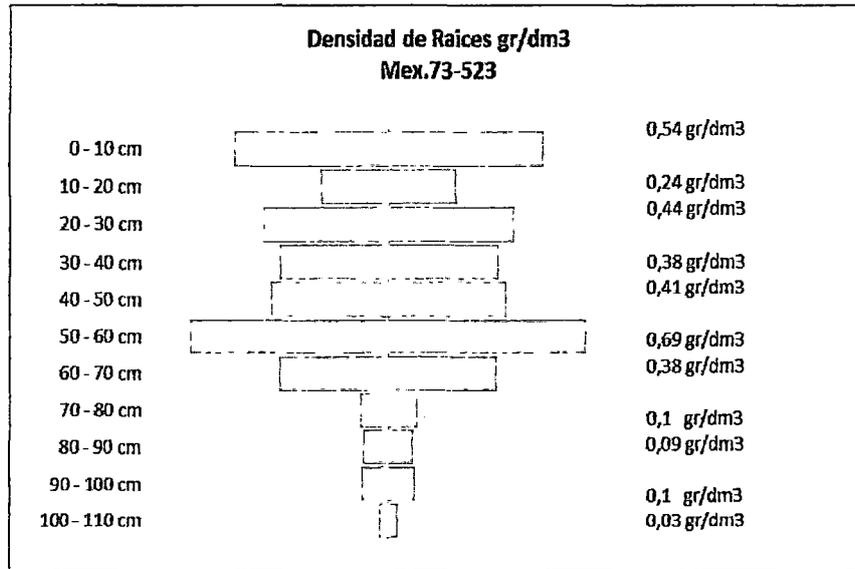


Figura N° 20: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Canaval

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Canaval

En la Figura 21, en el eje de las (x) se observa el ancho de la malla de 0-80 cm (estaca a los 40 cm) y en el eje (y) el peso acumulativo de raíces (gr), las profundidades del suelo que van de 0-40 cm se diferencia por un color determinado. La concentración radicular está en función del contenido de su bulbo de humedad y el tipo de suelo.

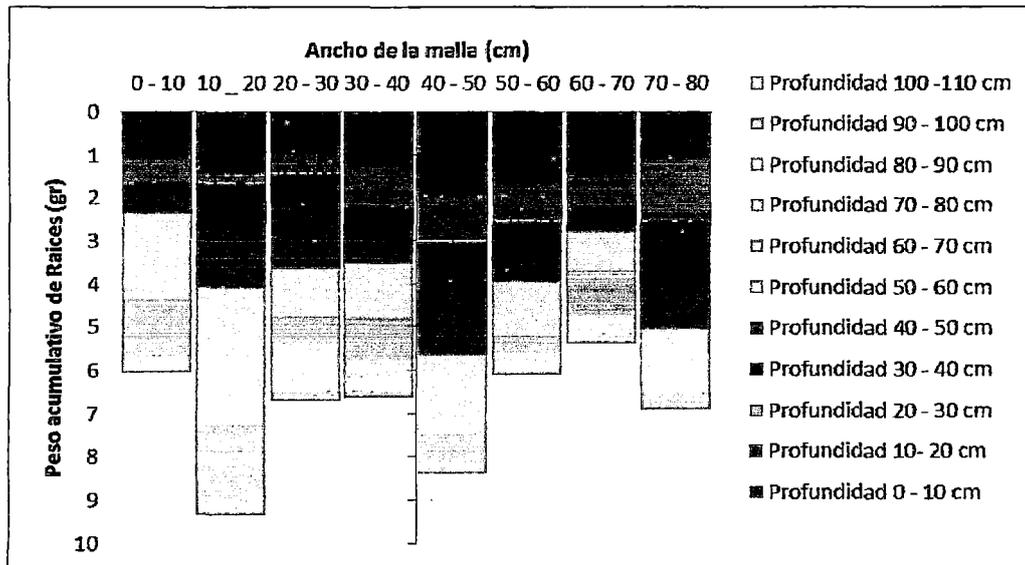


Figura N° 21: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Canaval

Fuente: Elaboración propia

4.4 CAMPO: PORVENIR

El campo Porvenir es de tipo Franco Arenoso de 0-60 cm. de profundidad. La fecha de inicio de siembra del campo fue en octubre 2013, el método de riego que se aplica es por gravedad. La primera evaluación se realizó a los cuatro meses (Febrero 2014) y terminó a los nueve meses (julio 2014) de edad del cultivo, en esta etapa de evaluación el cultivo se encontraba en su periodo de gran crecimiento, según el desarrollo fisiológico de la caña de azúcar.

En el Cuadro 10, se observa las seis evaluaciones que se realizaron en el campo las cuales consistieron en la medición del peso seco de raíces (gry %) y la densidad radicular (gr/dm³).

Se observa que las raíces se distribuyeron hasta 120 cm de profundidad y esto corrobora a la distribución del agua que se aplica en el riego por gravedad, encontrándose con un 55% de raíces en los primeros 30 cm., este resultado confirma lo mencionado por Martin et al. (1987) el cual reportaron que en Cuba, el mayor porcentaje del sistema radicular se encontraba en los primeros 30 cm del suelo.

Cuadro N° 10: EVALUACIONES - CAMPO PORVENIR

	PROFUNDIDAD (cm)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/dm ³)	PORCENTAJE (%)	EDAD (meses)
(I) EVALUACIÓN	0 - 10	1.588	0.20	23.51	4
	10 - 20	2.57	0.32	38.24	
	20 - 30	2.188	0.27	32.44	
	30 - 40	0.25	0.03	3.72	
	40 - 50	0.14	0.02	2.08	
(II) EVALUACIÓN	0 - 10	1.200	0.15	7.99	5
	10 - 20	2.000	0.25	13.32	
	20 - 30	1.201	0.20	10.73	
	30 - 40	2.077	0.26	13.79	
	40 - 50	2.47	0.30	16.06	
	50 - 60	1.590	0.23	11.99	
	60 - 70	0.958	0.12	6.53	
	70 - 80	1.091	0.13	6.73	
	80 - 90	0.37	0.05	2.47	
	90 - 100	0.30	0.05	2.40	
	100 - 110	0.63	0.08	4.20	
110 - 120	0.57	0.07	3.80		
(III) EVALUACIÓN	0 - 10	2.43	0.30	15.50	6
	10 - 20	2.41	0.43	21.94	
	20 - 30	2.96	0.37	18.81	
	30 - 40	3.53	0.44	22.51	
	40 - 50	2.51	0.31	16.01	
50 - 60	0.82	0.10	5.23		
(IV) EVALUACIÓN	0 - 10	2.453	0.31	9.93	7
	10 - 20	3.070	0.38	12.01	
	20 - 30	3.077	0.38	12.29	
	30 - 40	4.681	0.60	19.26	
	40 - 50	2.08	0.33	10.53	
	50 - 60	2.04	0.33	10.49	
	60 - 70	4.20	0.54	17.22	
	70 - 80	0.73	0.09	2.92	
	80 - 90	0.76	0.10	3.04	
	90 - 100	0.33	0.04	1.32	
100 - 110	0.24	0.03	0.96		
(V) EVALUACIÓN	0 - 10	0.3	0.79	25.06	8
	10 - 20	0.36	0.79	25.26	
	20 - 30	4.65	0.61	19.29	
	30 - 40	1.15	0.52	16.51	
	40 - 50	2.82	0.35	11.22	
50 - 60	0.07	0.08	2.67		
(VI) EVALUACIÓN	0 - 10	2.03	0.49	15.51	9
	10 - 20	1.03	0.51	16.02	
	20 - 30	2.57	0.36	11.23	
	30 - 40	3.13	0.39	12.29	
	40 - 50	4.15	0.43	13.55	
	50 - 60	4.04	0.38	11.90	
	60 - 70	2.03	0.26	8.05	
	70 - 80	1.10	0.15	4.55	
	80 - 90	0.54	0.11	3.30	
	90 - 100	0.33	0.07	2.08	
100 - 110	0.30	0.05	1.53		

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Porvenir

En la Figura 22, en el eje de las(x) se observa el porcentaje de peso seco de raíces y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por goteo podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm y 100-110 cm., sus porcentajes de peso seco de raíces fueron: 15.51 %, 16.02%, 11.23%, 12.29%, 13.55, 11.90%, 8.05%, 4.55%, 3.30%, 2.08% y 1.53% respectivamente. El peso seco de raíces tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua.

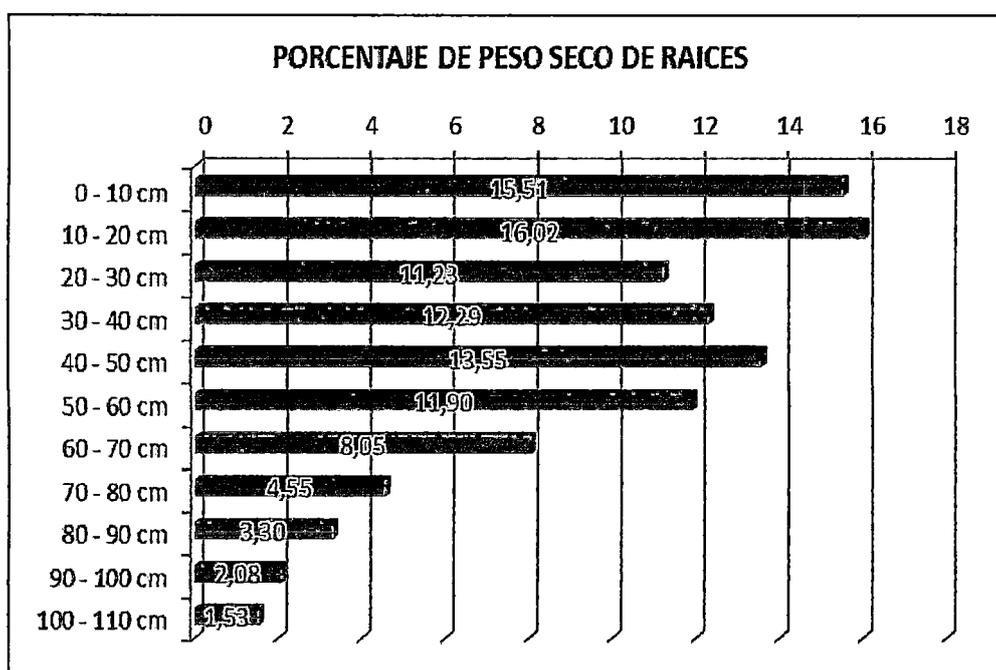


Figura N° 22: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Porvenir

Fuente: Elaboración propia.

Densidad radicular vs profundidad – Campo: Porvenir

En la Figura 23, en el eje de las(x) se observa la densidad radicular (gr/dm³) y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por gravedad podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm y 100-110 cm, su densidad radicular fueron: 0.49, 0.51, 0.36, 0.39, 0.43, 0.38, 0.26, 0.15, 0.11, 0.07 y 0.05 (gr/dm³) respectivamente. La densidad radicular tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad.

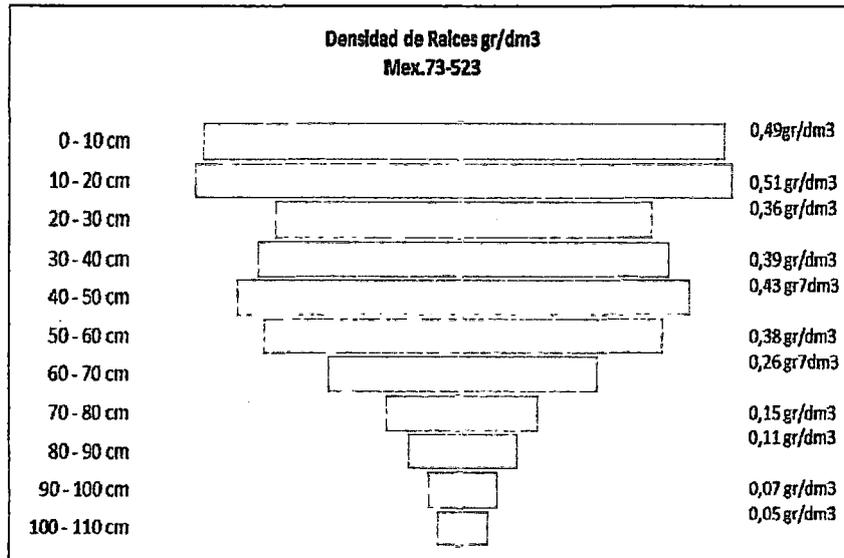


Figura N° 23: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Porvenir

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Porvenir

En la Figura 24, en el eje de las (x) se observa el ancho de la malla de 0-80 cm (estaca a los 40 cm) y en el eje (y) el peso acumulativo de raíces (gr), las profundidades del suelo que van de 0-110 cm se diferencia por un color determinado, La concentración radicular está en función del contenido de humedad del suelo y el tipo de suelo.

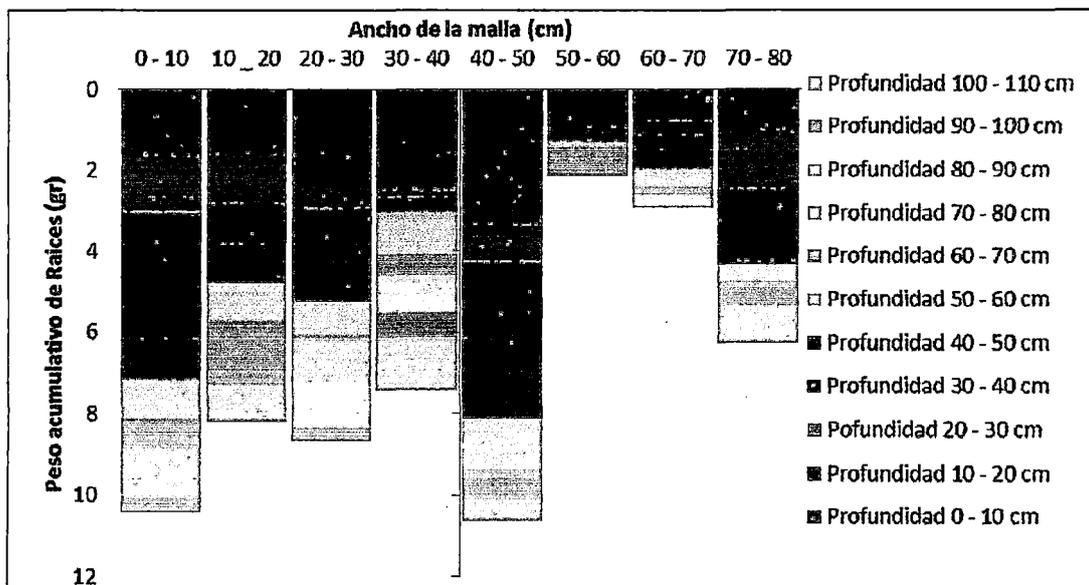


Figura N° 24: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Porvenir

Fuente: Elaboración propia.

4.5 CAMPO: ALAMEDA

El campo Alameda es de tipo Franco Arenoso de 0-60 cm. de profundidad. La fecha de inicio de siembra del campo fue en setiembre 2013, el método de riego que se aplica es por gravedad. La primera evaluación se realizó a los cinco meses (Febrero 2014) y terminó a los diez meses (julio 2014) de edad del cultivo, en esta etapa de evaluación el cultivo se encontraba en su periodo de gran crecimiento, según el desarrollo fisiológico de la caña de azúcar.

En el Cuadro 11, se observa las seis evaluaciones que se realizaron en el campo las cuales consistieron en la medición del peso seco de raíces (gr. y %) y la densidad radicular (gr/dm³).

Se observa que las raíces se distribuyeron hasta 70 cm de profundidad y esto corrobora a la distribución del agua que se aplica en el riego por gravedad, encontrándose con un 56% de raíces en los primeros 30 cm., este resultado confirma lo mencionado por Martin et al. (1987) el cual reportaron que en Cuba, el mayor porcentaje del sistema radicular se encontraba en los primeros 30 cm del suelo.

Cuadro N° 11: EVALUACIONES - CAMPO ALAMEDA

	PROFUNDIDAD (cm)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/dm ³)	PORCENTAJE (%)	EDAD (meses)
(I) EVALUACIÓN	0 -10	2.8	0.35	20	5
	10 -20.	2.68	0.34	19.14	
	20 - 30	2.16	0.27	15.43	
	30 - 40	1.55	0.19	11.07	
	40 - 50	1.67	0.21	11.93	
	50 - 60	2.62	0.33	18.71	
	60 - 70	0.52	0.07	3.71	
(II) EVALUACIÓN	0 -10	3.79	0.47	19.37	6
	10 -20.	1.63	0.20	8.33	
	20 - 30	2.85	0.36	14.56	
	30 - 40	3	0.38	15.33	
	40 - 50	3.51	0.44	17.94	
	50 - 60	0.21	0.03	1.23	
(III) EVALUACIÓN	0 -10	3.01	0.38	19.91	7
	10 -20.	3.13	0.39	20.70	
	20 - 30	2.45	0.31	16.20	
	30 - 40	2.15	0.27	14.22	
	40 - 50	2.56	0.32	16.93	
	50 - 60	1.82	0.23	12.04	
(IV) EVALUACIÓN	0 -10	3.28	0.41	21.15	8
	10 -20.	2.06	0.26	13.28	
	20 - 30	2.53	0.32	16.31	
	30 - 40	2.6	0.33	16.76	
	40 - 50	1.75	0.22	11.28	
	50 - 60	1.79	0.22	11.54	
	60 - 70	1.5	0.19	9.67	
(V) EVALUACIÓN	0 -10	2.48	0.31	13.43	9
	10 -20.	2.96	0.37	15.93	
	20 - 30	3.41	0.43	18.63	
	30 - 40	3.6	0.45	19.56	
	40 - 50	4.24	0.53	22.91	
	50 - 60	1.76	0.22	9.53	
(VI) EVALUACIÓN	0 -10	10.22	0.42	37.45	10
	10 -20.	5.11	0.30	18.72	
	20 - 30	4.23	0.54	15.68	
	30 - 40	2.42	0.30	8.87	
	40 - 50	2.59	0.30	8.76	
	50 - 60	1.72	0.22	6.30	
	60 - 70	1.15	0.14	4.21	

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Alameda

En la Figura 25, en el eje de las(x) se observa el porcentaje de peso seco de raíces y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por gravedad podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm., 30-40 cm., 40-50 cm., 50-60 cm., 60-70 cm. sus porcentajes de peso seco de raíces fueron: 18.96%, 13.54%, 24.15%, 13.66%, 13.49%, 9.71% y 6.49% respectivamente. El peso seco de raíces tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua.

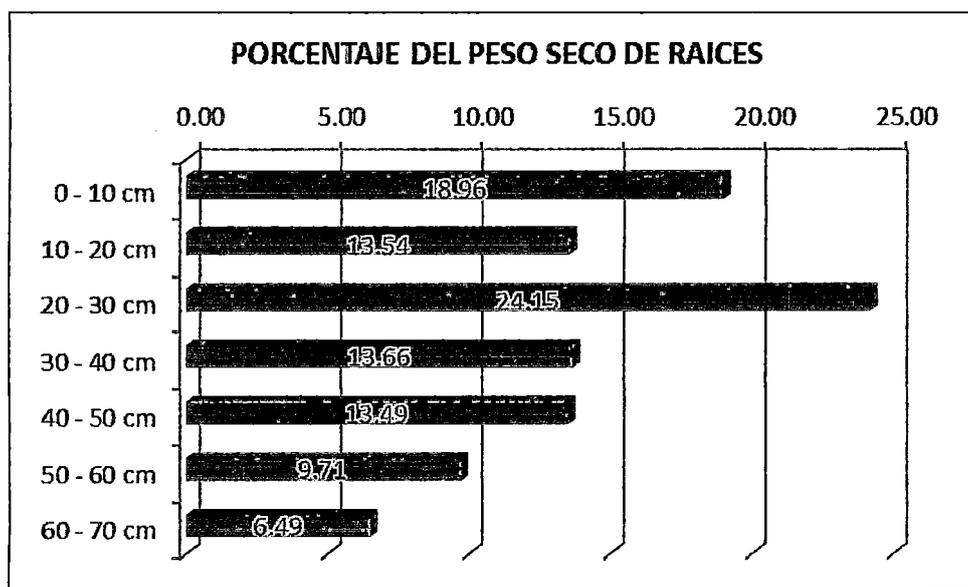


Figura N° 25: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

Densidad radicular vs profundidad – Campo: Alameda

En la Figura 26, en el eje de las(x) se observa la densidad radicular (gr/dm^3) y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por gravedad podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40cm, 40-50 cm, 50-60 cm, y 60-70 cm su densidad radicular fueron: 0.42, 0.30, 0.54, 0.30, 0.30, 0.22 y 0.14 (gr/dm^3) respectivamente. La densidad radicular tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad.

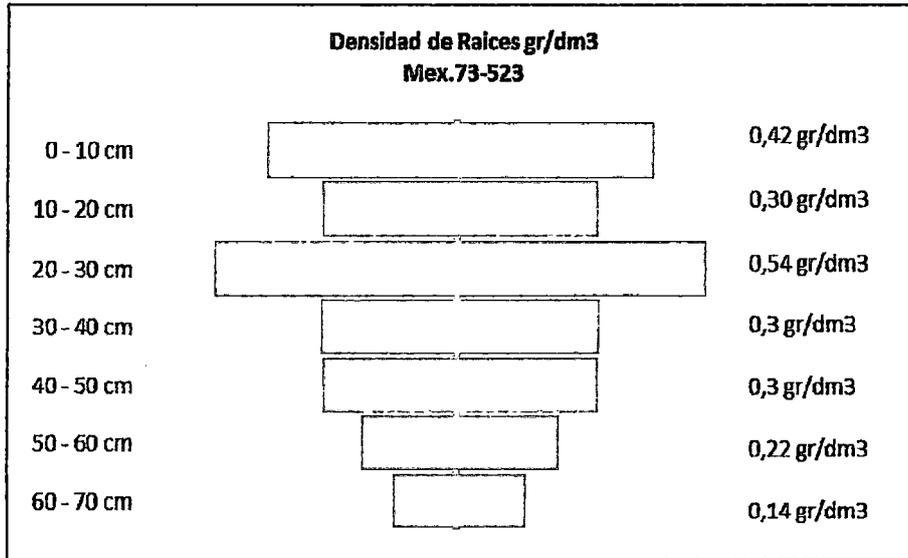


Figura N° 26: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Alameda

En la Figura 27, en el eje de las (x) se observa el ancho de la malla de 0-80 cm (estaca a los 40 cm) y en el eje (y) el peso acumulativo de raíces (gr), las profundidades del suelo que van de 0-70 cm se diferencia por un color determinado, La concentración radicular está en función del contenido de humedad del suelo y el tipo de suelo.

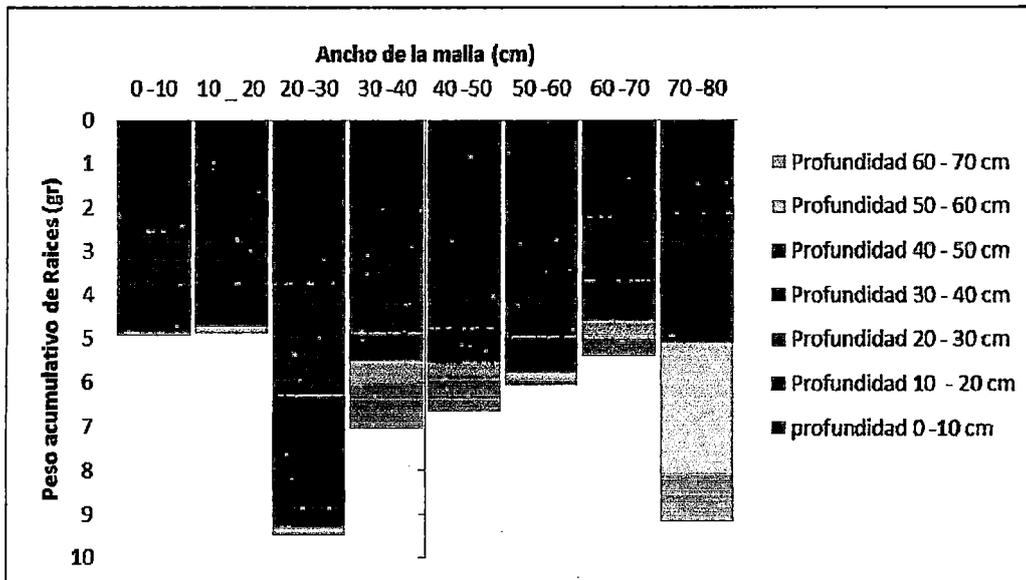


Figura N° 27: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

43615

4.6 CAMPO: ESTACADA

El campo Estacada es de tipo Franco Limoso de 0-60 cm. de profundidad. La fecha de inicio de siembra del campo fue en agosto 2013, el método de riego que se aplica es por gravedad. La primera evaluación se realizó a los seis meses (Febrero 2014) y terminó a los once meses (julio 2014) de edad del cultivo, en esta etapa de evaluación el cultivo se encontraba en su periodo de gran crecimiento, según el desarrollo fisiológico de la caña de azúcar.

En el Cuadro 12, se observa las seis evaluaciones que se realizaron en el campo las cuales consistieron en la medición del peso seco de raíces (gry %) y la densidad radicular (gr/dm³).

Se observa que las raíces se distribuyeron hasta 110 cm de profundidad y esto corrobora a la distribución del agua que se aplica en el riego por gravedad, encontrándose con un 59% de raíces en los primeros 30 cm., este resultado confirma lo mencionado por Martin et al. (1987) el cual reportaron que en Cuba, el mayor porcentaje del sistema radicular se encontraba en los primeros 30 cm del suelo.

Cuadro N° 12: EVALUACIONES - CAMPO ESTACADA

	PROFUNDIDAD (cm)	PESO (gr)	DENSIDAD (gr/dm ³)	PORCENTAJE (%)	EDAD (meses)
(I) EVALUACION	0 - 10	3.53	0.42	21.05	6
	10 - 20	3.65	0.46	23.07	
	20 - 30	2.32	0.29	14.66	
	30 - 40	2.76	0.30	14.92	
	40 - 50	2.15	0.27	13.59	
	50 - 60	1.11	0.18	8.91	
	60 - 70	0.6	0.08	3.79	
(II) EVALUACION	0 - 10	1.23	0.24	10.14	7
	10 - 20	3.95	0.37	15.43	
	20 - 30	4.02	0.50	21.17	
	30 - 40	3.72	0.47	19.59	
	40 - 50	2.10	0.26	11.06	
	50 - 60	1.50	0.19	7.90	
	60 - 70	1.40	0.21	8.90	
(III) EVALUACION	0 - 10	7.23	0.91	29.70	8
	10 - 20	3.67	0.46	14.97	
	20 - 30	3.28	0.41	13.38	
	30 - 40	2.92	0.37	12.20	
	40 - 50	2.1	0.26	8.57	
	50 - 60	2.56	0.32	10.44	
	60 - 70	1.13	0.14	4.61	
	70 - 80	0.71	0.09	2.90	
	80 - 90	0.67	0.08	2.73	
90 - 100	0.12	0.02	0.49		
(IV) EVALUACION	0 - 10	7.37	0.98	30.06	9
	10 - 20	4.76	0.60	18.18	
	20 - 30	3.36	0.48	14.74	
	30 - 40	3.01	0.38	11.50	
	40 - 50	1.83	0.23	6.99	
	50 - 60	1.43	0.18	5.46	
	60 - 70	1.17	0.15	4.47	
	70 - 80	1.03	0.13	3.93	
	80 - 90	0.76	0.10	2.90	
90 - 100	0.16	0.06	1.76		
(V) EVALUACION	0 - 10	4.77	0.60	15.31	10
	10 - 20	6.51	0.81	20.89	
	20 - 30	5.73	0.66	16.94	
	30 - 40	4.12	0.54	13.86	
	40 - 50	3.54	0.44	11.33	
	50 - 60	2.45	0.31	7.89	
	60 - 70	1.22	0.15	3.92	
	70 - 80	1.15	0.18	4.65	
	80 - 90	0.65	0.11	2.73	
90 - 100	0.11	0.06	1.41		
100 - 110	0.33	0.04	1.06		
(VI) EVALUACION	0 - 10	6.51	0.81	17.62	11
	10 - 20	6.20	0.78	16.78	
	20 - 30	7.30	0.91	19.76	
	30 - 40	5.33	0.74	15.91	
	40 - 50	6.02	0.76	16.48	
	50 - 60	2.52	0.32	7.01	
	60 - 70	1.22	0.15	3.30	
	70 - 80	0.73	0.09	2.03	
	80 - 90	0.27	0.03	0.73	
90 - 100	0.10	0.01	0.27		
100 - 110	0.01	0.01	0.11		

Fuente: Elaboración propia.

Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Estacada

En la Figura 28, en el eje de las(x) se observa el porcentaje de peso seco de raíces y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por gravedad podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 0-80 cm, 80-90 cm, 90-100 cm, sus porcentajes de peso seco de raíces fueron: 30.06%, 18.18%, 14.74%, 11.50%, 6.99%, 5.46%, 4.47%, 3.93%, 2.90% y 1.76% respectivamente. El peso seco de raíces tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad por la aplicación del agua.

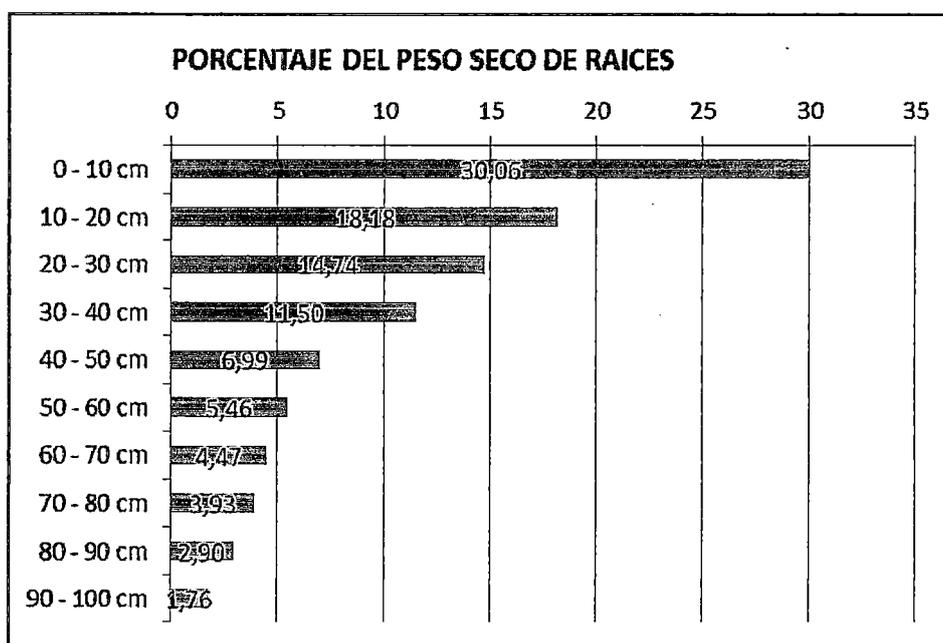


Figura N° 28: Porcentaje de peso seco de raíces vs profundidad – Campo: Estacada

Fuente: Elaboración propia.

Densidad radicular vs profundidad – Campo: Estacada

En la Figura 29, en el eje de las(x) se observa la densidad radicular (gr/dm^3) y en el eje (y) se tiene la profundidad del suelo cada 10 cm, por efecto del método de riego por gravedad podemos observar que a profundidades de: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm, 70-80cm, 80-90cm y 90-100cm, su densidad radicular fueron: 0.98, 0.60, 0.48, 0.38, 0.23, 0.18, 0.15, 0.13, 0.10 y 0.06 (gr/dm^3) respectivamente. La densidad radicular tiende a disminuir a medida que aumenta la profundidad, debido a la concentración de la humedad.

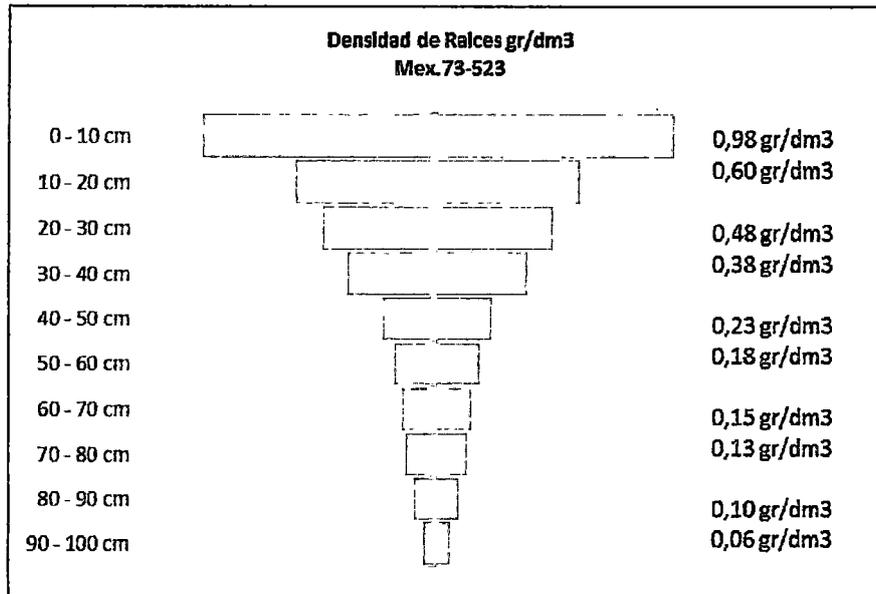


Figura N° 29: Densidad radicular vs profundidad – Campo: Estacada

Fuente: Elaboración propia.

Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Estacada

En la Figura 30, en el eje de las (x) se observa el ancho de la malla de 0-80 cm (estaca a los 40 cm) y en el eje (y) el peso acumulativo de raíces (gr), las profundidades del suelo que van de 0-100 cm se diferencia por un color determinado, La concentración radicular está en función del contenido de humedad del suelo y el tipo de suelo.

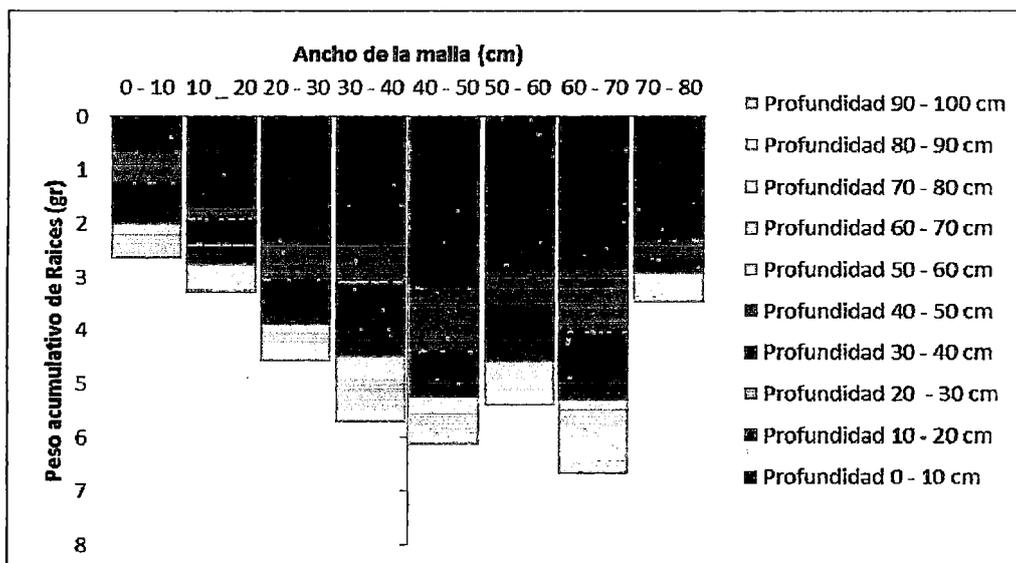


Figura N° 30: Ancho de la malla vs Peso acumulativo de raíces – Campo: Estacada

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo N° 2 se muestran las seis evaluaciones que se hizo por cada campo.

4.7 PESO DE RAÍCES

En el Cuadro 13, se observa el peso total de raíces (gr) en las seis evaluaciones que se realizaron cada mes en ambos sistemas de riego.

El aumento del peso radicular es directamente proporcional a la edad del cultivo.

Cuadro N° 13: PESO TOTAL DE RAÍCES POR CADA EVALUACIÓN

EVALUACIONES	RIEGO POR GOTEO			RIEGO POR GRAVEDAD		
	MANZUETO	DON PEPE	CANAVAL	PORVENIR	ALAMEDA	ESTACADA
I	7.19	5.63	8.25	6.72	14	15.82
II	10.46	7.76	9.56	15.01	15.02	18.99
III	11.24	9.72	15.35	15.68	15.12	24.51
IV	13.8	13.74	20.72	24.97	15.51	26.18
V	20.15	18.87	23.15	25.14	18.48	31.16
VI	24.01	20.24	27.26	25.47	27.29	36.95
Peso total (gr)	86.85	75.96	104.29	112.99	105.42	153.61

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 14, se observa los porcentajes de raíces (%) en las seis evaluaciones que se realizaron cada mes en ambos sistemas de riego.

En el sistema de riego por goteo se encuentra mayor porcentaje en los primeros 30 centímetros a diferencia del sistema de riego por gravedad.

Cuadro N° 14: PORCENTAJE DE RAÍCES POR CADA EVALUACIÓN

EVALUACIONES	PORCENTAJE DE RAÍCES (0-30 cm) DE PROFUNDIDAD					
	MANZUETO	DON PEPE	CANAVAL	PORVENIR	ALAMEDA	ESTACADA
I	89.57	100.0	77.93	94.19	54.57	58.78
II	88.44	96.3	49.26	31.88	42.26	46.74
III	85.06	100.0	69.95	56.25	56.81	77.93
IV	90.35	100.0	92.67	34.23	50.74	62.98
V	92.21	96.7	47.42	69.61	47.99	53.14
VI	95.95	99.3	35.76	42.76	71.85	54.16
PROMEDIO (%)	90.263	98.71	62.17	54.82	54.04	58.96

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 15, se observa los porcentajes de raíces (%) en las seis evaluaciones que se realizaron cada mes en ambos sistemas de riego.

En el sistema de riego por gravedad se encuentra mayor porcentaje en la profundidad de 30 – 60 centímetros a diferencia del sistema de riego por gravedad.

Cuadro N° 15: PORCENTAJE DE RAÍCES POR CADA EVALUACIÓN

EVALUACIONES	PORCENTAJE DE RAÍCES (30-60 cm) DE PROFUNDIDAD					
	MANZUETO	DON PEPE	CANAVAL	PORVENIR	ALAMEDA	ESTACADA
I	10.43	0.0	6.18	5.8	41.71	36.7
II	11.57	3.7	40.48	41.84	34.5	38.55
III	14.95	0.0	26.39	43.75	43.19	31.21
IV	10.15	0.0	7.34	40.28	39.58	23.95
V	7.79	3.3	31.36	30.4	52	33.08
VI	4.04	0.5	43.66	37.74	23.93	39.4
PROMEDIO (%)	9.822	1.25	25.90	33.30	39.15	33.82

Fuente: Elaboración propia.

En esta parte de los resultados se presenta el peso radicular en función del periodo vegetativo, correspondiente al desarrollo de la investigación, para cada uno de los métodos de riego utilizados:

a. RIEGO POR GOTEIO

Edad del cultivo vs peso total radicular – Campo: Manzuelo

En la Figura 31, se presenta en el eje (x) la edad del cultivo (meses) que es la variable independiente y en el eje (y) el peso total de raíces (gr) que es la variable dependiente. La información ha sido ajustada a una regresión lineal cuya ecuación es la siguiente: $y = 3.3066x - 7.0177$.

Se encontró alta correlación, con un coeficiente de determinación igual a 0,94, A medida que va aumentando el periodo vegetativo vemos que el peso total radicular se va incrementando.

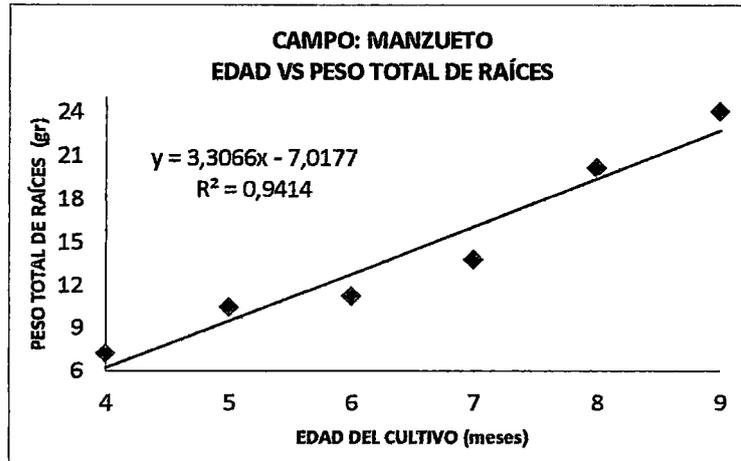


Figura N° 31: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Manzueto

Fuente: Elaboración propia.

Edad del cultivo vs peso total radicular – Campo: Don Pepe

En la Figura32, se presenta en el eje (x) la edad del cultivo (meses), variable independiente y en el eje (y) el peso total de raíces (gr), variable dependiente. La información ha sido ajustada a una regresión lineal cuya ecuación es la siguiente: $y = 3.1543x - 10.997$.

Se encontró alta correlación, con un coeficiente de determinación igual a 0,97, A medida que va aumentando el periodo vegetativo vemos que el peso total radicular se va incrementando.

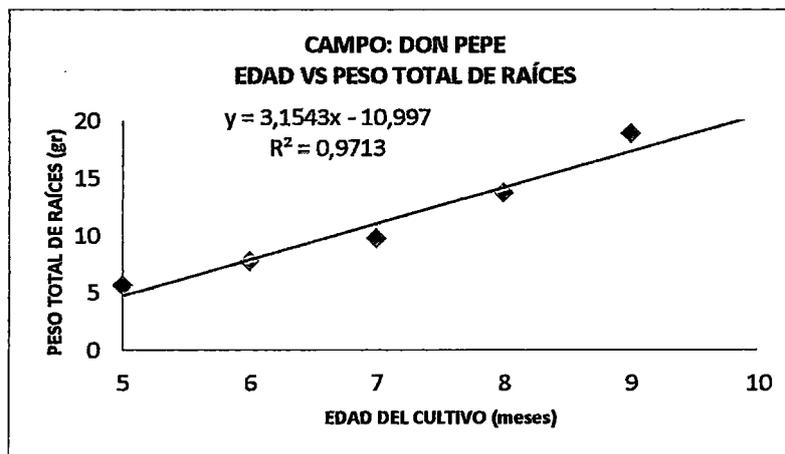


Figura N° 32: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

Edad del cultivo vs peso total radicular – Campo: Canaval

En la Figura33, se presenta en el eje (x) la edad del cultivo (meses), variable independiente y en el eje (y) el peso total de raíces (gr), variable dependiente. La información ha sido ajustada a una regresión lineal cuya ecuación es la siguiente: $y = 4.034x - 16.907$.

Se encontró alta correlación, con un coeficiente de determinación igual a 0,97. A medida que va aumentando el periodo vegetativo vemos que el peso total radicular se va incrementando.

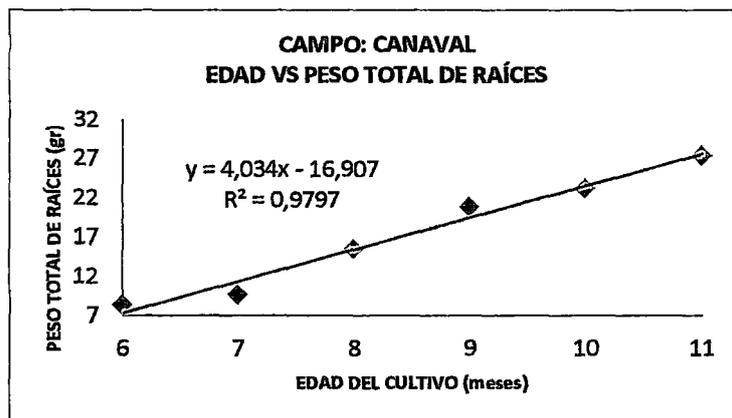


Figura N° 33: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Canaval

Fuente: Elaboración propia.

b. RIEGO POR GRAVEDAD

Edad del cultivo vs peso total radicular – Campo: Porvenir

En la Figura 34, se presenta en el eje (x) la edad del cultivo (meses), variable independiente y en el eje (y) el peso total de raíces (gr), variable dependiente. La información ha sido ajustada a una regresión lineal cuya ecuación es la siguiente: $y = 3.8123x - 5.9482$.

Se encontró alta correlación, con un coeficiente de determinación igual a 0,86. A medida que va aumentando el periodo vegetativo vemos que el peso total radicular se va incrementando.

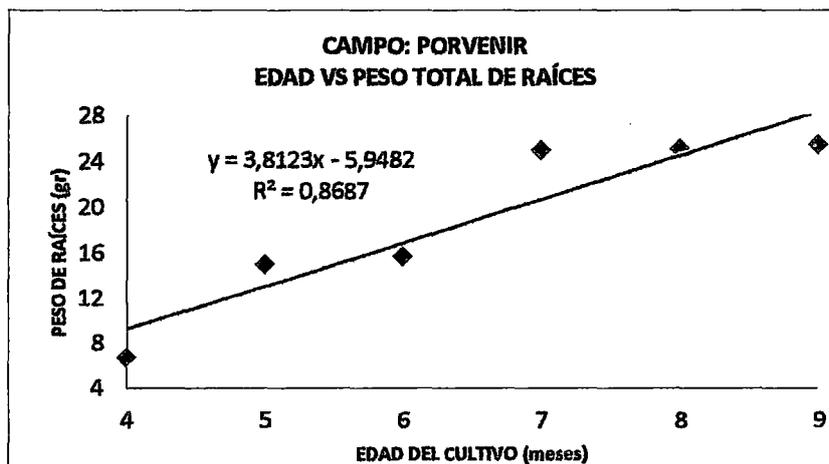


Figura N° 34: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Porvenir

Fuente: Elaboración propia.

Edad del cultivo vs peso total radicular – Campo: Alameda

En la Figura 35, se presenta en el eje (x) la edad del cultivo (meses), variable independiente y en el eje (y) el peso total de raíces (gr), variable dependiente. La información ha sido ajustada a una regresión lineal cuya ecuación es la siguiente: $y = 2.167x + 1,57$.

Se encontró alta correlación, con un coeficiente de determinación igual a 0,70. A medida que va aumentando el periodo vegetativo vemos que el peso total radicular se va incrementando.

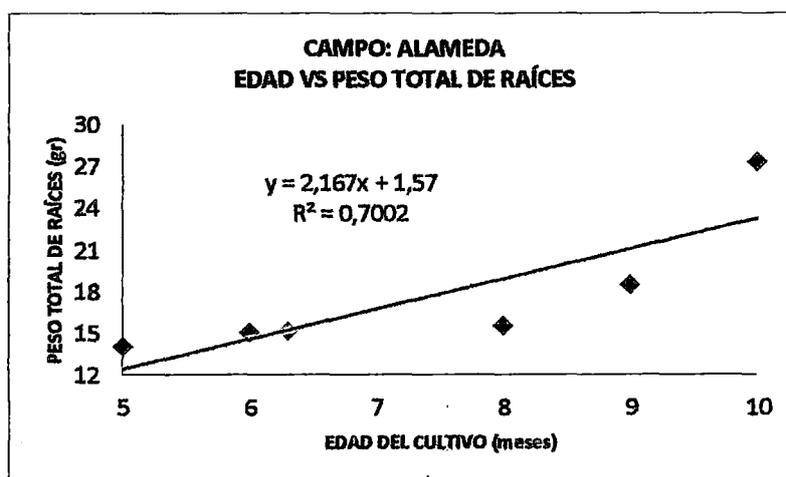


Figura N° 35: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

Edad del cultivo vs peso total radicular – Campo: Estacada

En la Figura 36, se presenta en el eje (x) la edad del cultivo (meses), variable independiente y en el eje (y) el peso total de raíces (gr), variable dependiente. La información ha sido ajustada a una regresión lineal cuya ecuación es la siguiente: $y = 4.1094x - 9.3285$.

Se encontró alta correlación, con un coeficiente de determinación igual a 0,98. A medida que va aumentando el periodo vegetativo vemos que el peso total radicular se va incrementando.

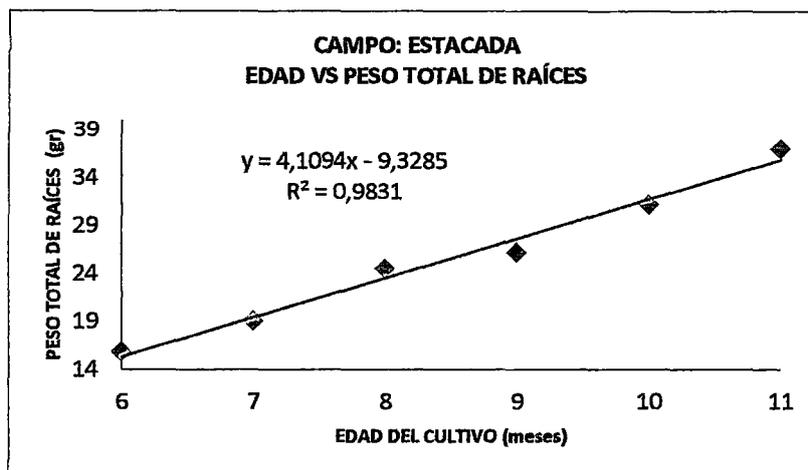


Figura N° 36: Edad del cultivo vs peso total de raíces. Campo: Estacada

Fuente: Elaboración propia.

4.8 BIOMETRÍA DE LA PLANTA

En esta parte de los resultados se presenta la biometría del cultivo en función del peso total radicular (gr), correspondiente al desarrollo de la investigación, para cada uno de los métodos de riego utilizados:

a. RIEGO POR GOTEO

Peso total radicular total vs Biometría del cultivo – Campo: Manzuelo

En las Figuras 37, 38, 39, 40 y 41, se presenta en el eje (x) el peso radicular total (gr) para cada fecha de evaluación durante el periodo vegetativo y en el eje (y) los correspondientes resultados de la biometría del cultivo, para cada evaluación. Toda la información en cada caso, ha sido ajustada a regresiones lineales cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

Longitud del tallo: $y = 0,0956x - 0,2091$
 Diámetro de la caña: $y = 0,0647x + 1,6036$
 Altura de la canopia: $y = 0,1143x + 0,6653$
 Entrenudos : $y = 0,6523x - 0,9417$
 Número de tallos : $y = - 0,7134x + 25,327$

Se encontró alta correlación, con unos coeficientes de determinación igual a 0.95, 0.75, 0.84, 0.96 y 0.86, respectivamente, con variable independiente peso radicular total (gr) y la variable dependiente (longitud del tallo, diámetro de la caña, altura de la canopia, número de entrenudos y número de tallos), respectivamente.

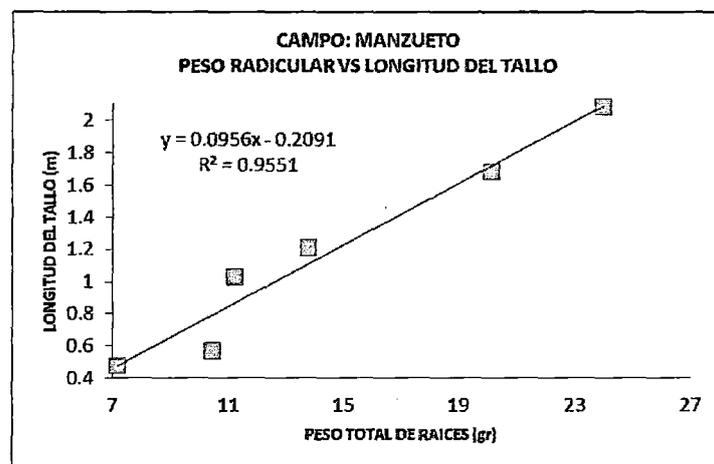


Figura N° 37: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Manzueto

Fuente: Elaboración propia.

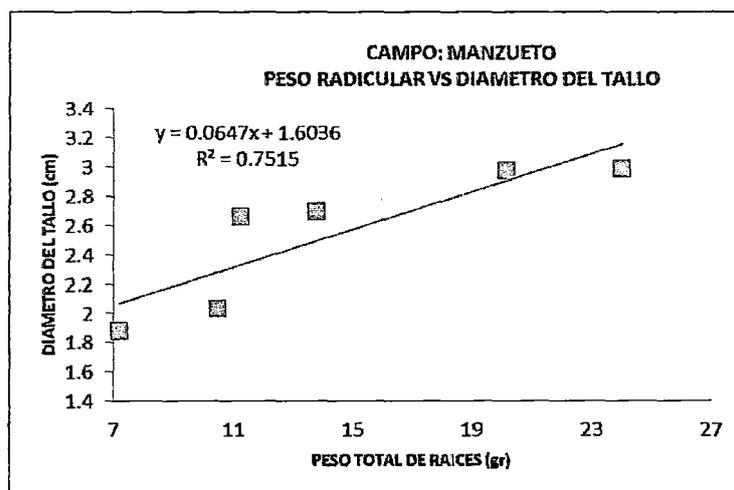


Figura N° 38: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Manzueto

Fuente: Elaboración propia.

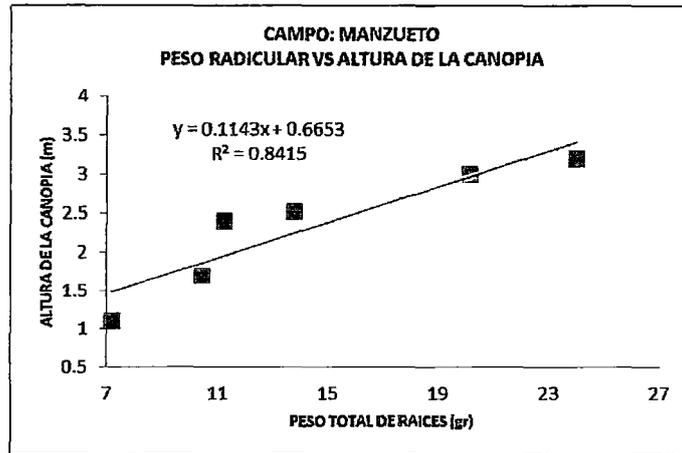


Figura N° 39: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Manzueto
Fuente: Elaboración propia

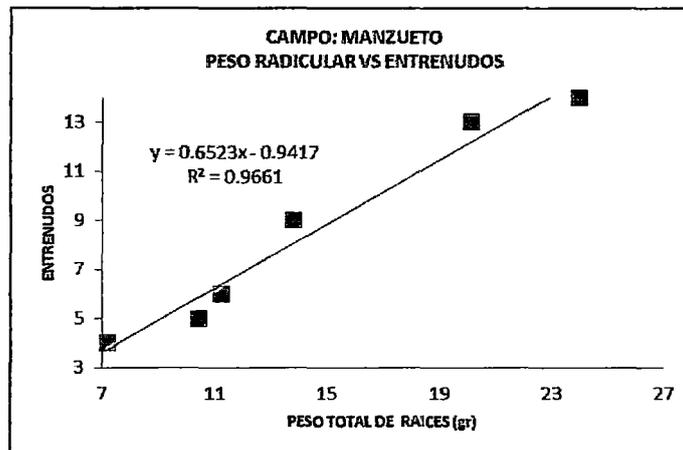


Figura N° 40: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Manzueto
Fuente: Elaboración propia.

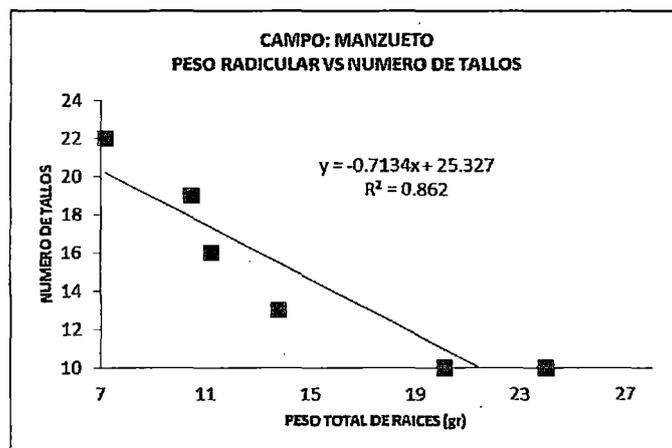


Figura N° 41: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Manzueto
Fuente: Elaboración propia.

Peso radicular total vs Biometría del cultivo – Campo: Don Pepe

En las Figuras 42, 43, 44, 45 y 46, se presenta en el eje (x) el peso radicular total (gr) para cada fecha de evaluación durante el periodo vegetativo y en el eje (y) los correspondientes resultados de la biometría del cultivo, para cada evaluación. Toda la información en cada caso, ha sido ajustada a regresiones lineales cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

Longitud del tallo: $y = 0,1115x + 0,2494$

Diámetro de la caña: $y = 0,0384x + 2,4659$

Altura de la canopia: $y = 0,093x + 1,4227$

Entrenudos : $y = 0,6638x + 1,265$

Número de tallos : $y = - 0,7384x + 25,348$

Se encontró alta correlación, con unos coeficientes de determinación igual a 0.98, 0.67, 0.86, 0.97 y 0.88, respectivamente, con variable independiente peso radicular total (gr) y la variable dependiente (longitud del tallo, diámetro de la caña, altura de la canopia, número de entrenudos y número de tallos), respectivamente.

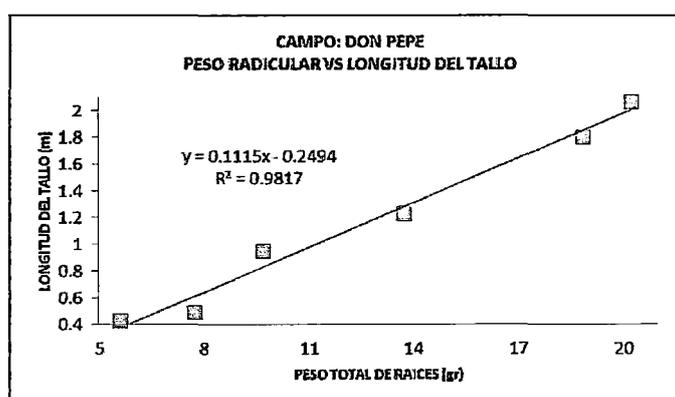


Figura N° 42: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

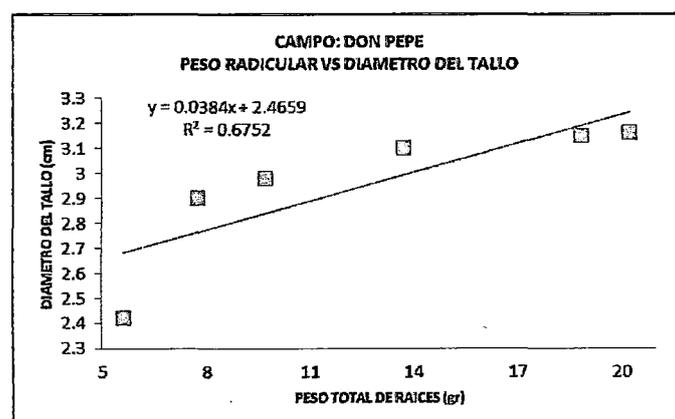


Figura N° 43: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

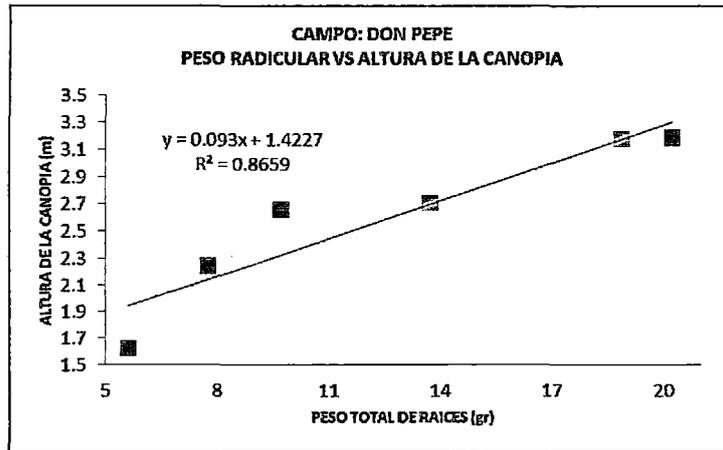


Figura N° 44: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

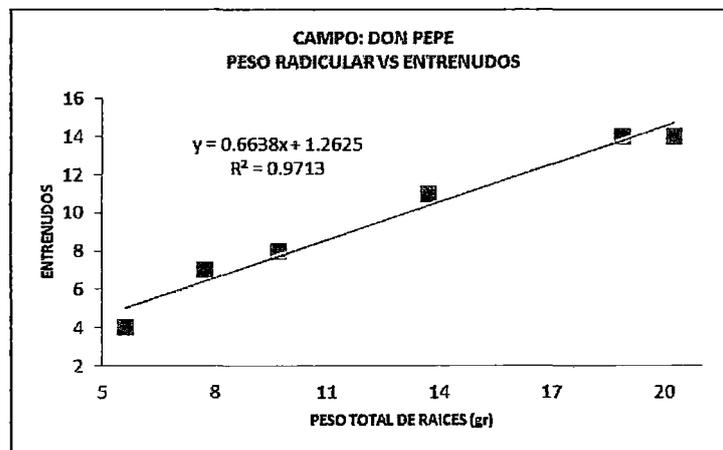


Figura N° 45: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

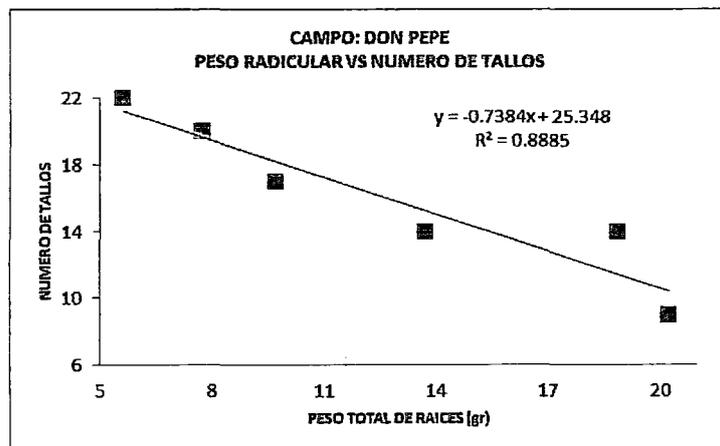


Figura N° 46: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Don Pepe

Fuente: Elaboración propia.

Peso radicular total vs Biometría del cultivo – Campo: Canaval

En las Figuras 47, 48, 49, 50 y 51, se presenta en el eje (x) el peso radicular total (gr) para cada fecha de evaluación durante el periodo vegetativo y en el eje (y) los correspondientes resultados de la biometría del cultivo, para cada evaluación. Toda la información en cada caso, ha sido ajustada a regresiones lineales cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

Longitud del tallo: $y = 0,0816x + 0,4813$

Diámetro de la caña: $y = 0,0224x + 2,641$

Altura de la canopia: $y = 0,0327x + 2,587$

Entrenudos : $y = 0,3935x + 7,8272$

Número de tallos : $y = - 0,2545x + 14,757$

Se encontró alta correlación, con unos coeficientes de determinación igual a 0.97, 0.74, 0.83, 0.91 y 0.74, respectivamente, con variable independiente peso radicular total (gr) y la variable dependiente (longitud del tallo, diámetro de la caña, altura de la canopia, número de entrenudos y número de tallos), respectivamente.

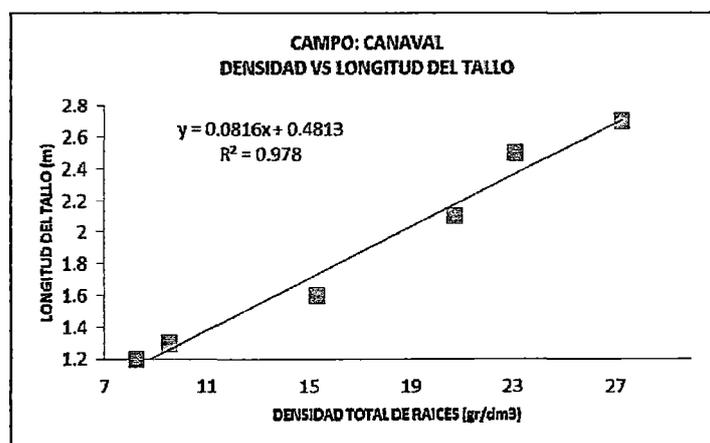


Figura N° 47: Densidad vs Longitud del Tallo. Campo: Canaval

Fuente: Elaboración propia.

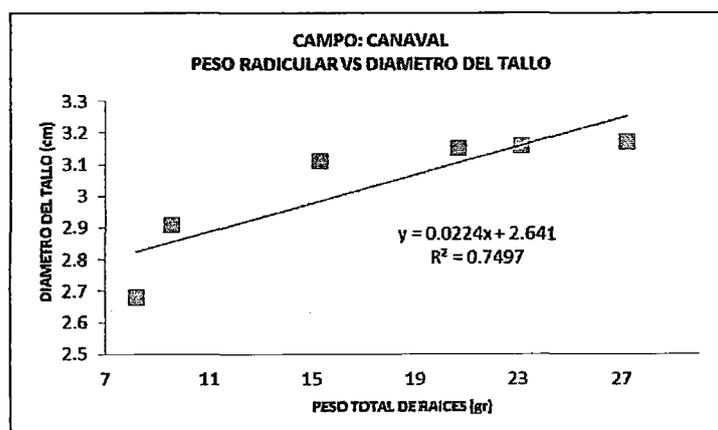


Figura N° 48: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo

Fuente: Elaboración propia.

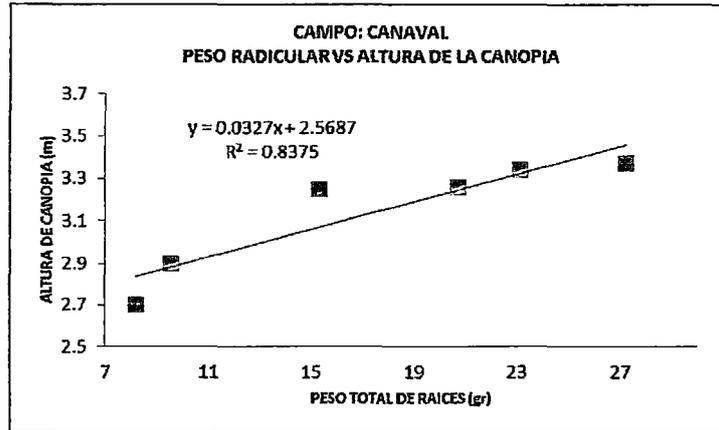


Figura N° 49: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Canaval
Fuente: Elaboración propia.

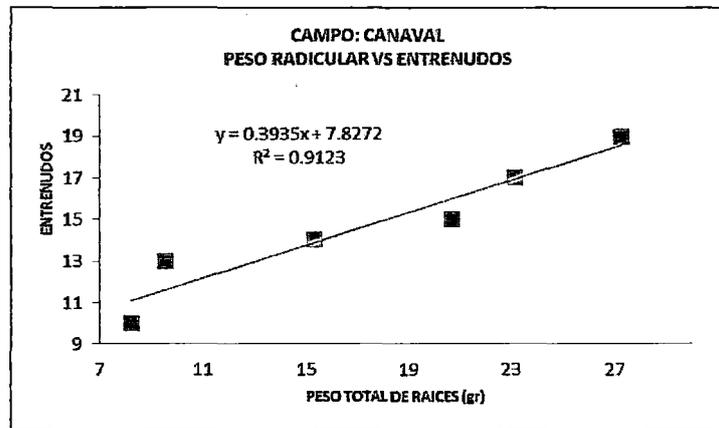


Figura N° 50: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Canaval
Fuente: Elaboración propia.

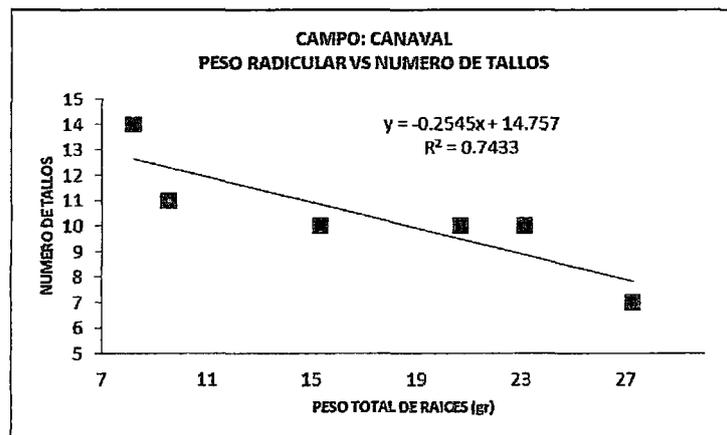


Figura N° 51: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Canaval
Fuente: Elaboración propia.

b. RIEGO POR GRAVEDAD

Peso radicular total vs Biometría del cultivo – Campo: Porvenir

En las Figuras 52, 53, 54, 55 y 56, se presenta en el eje (x) el peso radicular total (gr) para cada fecha de evaluación durante el periodo vegetativo y en el eje (y) los correspondientes resultados de la biometría del cultivo, para cada evaluación. Toda la información en cada caso, ha sido ajustada a regresiones lineales cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

Longitud del tallo: $y = 0,0538x - 0,1933$

Diámetro de la caña: $y = 0,0547x + 1,2837$

Altura de la canopia: $y = 0,0714x + 0,578$

Entrenudos : $y = 0,4257x - 0,0171$

Número de tallos : $y = -1.179x + 43,716$

Se encontró alta correlación, con unos coeficientes de determinación igual a 0.79, 0.82, 0.95, 0.75 y 0.81, respectivamente, con variable independiente peso radicular total (gr) y la variable dependiente (longitud del tallo, diámetro de la caña, altura de la canopia, número de entrenudos y número de tallos), respectivamente.

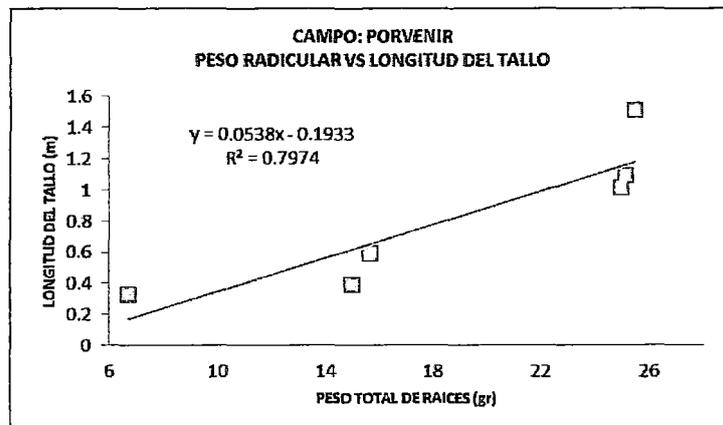


Figura N° 52: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Porvenir

Fuente: Elaboración propia.

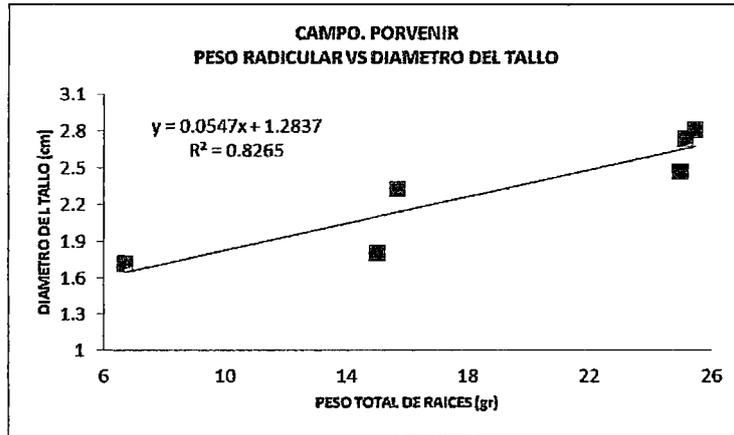


Figura N° 53: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Porvenir
Fuente: Elaboración propia.

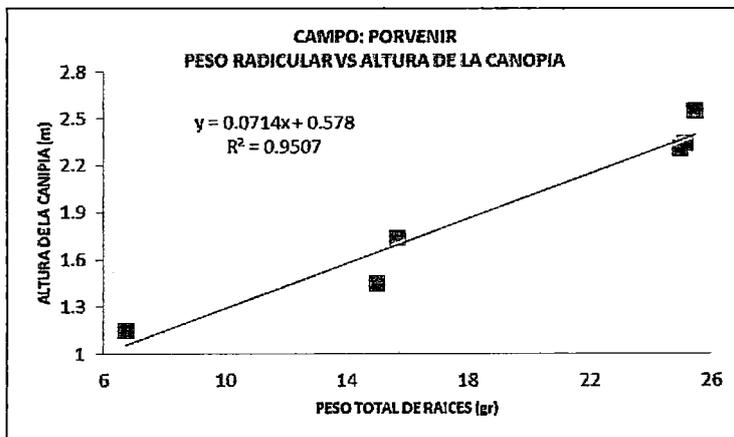


Figura N° 54: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Porvenir
Fuente: Elaboración propia.

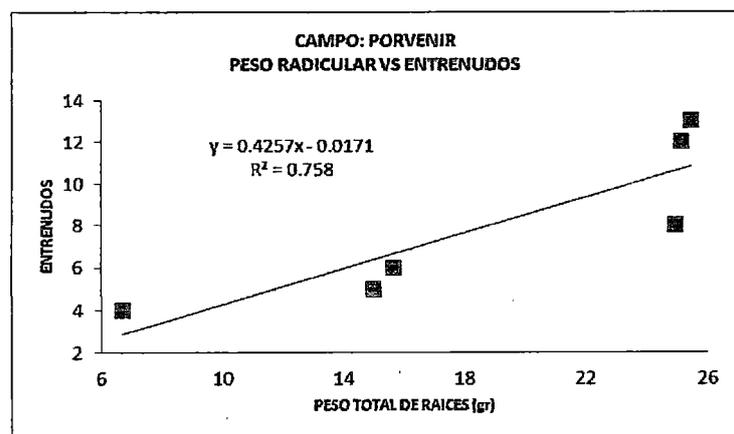


Figura N° 55: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Porvenir
Fuente: Elaboración propia.

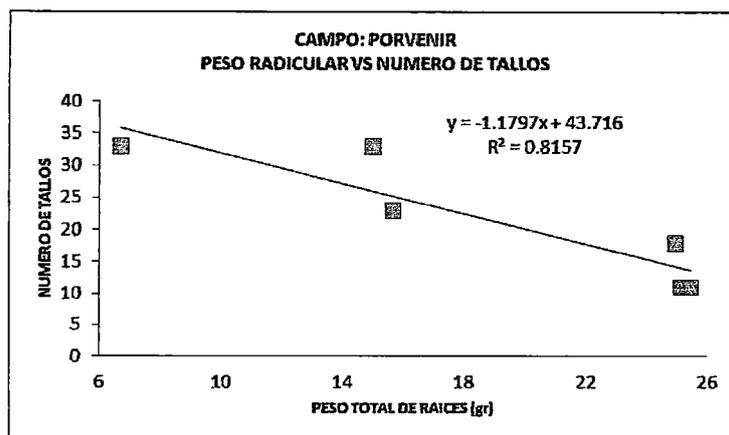


Figura N° 56: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo: Porvenir

Fuente: Elaboración propia.

Peso radicular total vs Biometría del cultivo – Campo: Alameda

En las Figuras 57, 58, 59, 60 y 61, se presenta en el eje (x) el peso radicular total (gr) para cada fecha de evaluación durante el periodo vegetativo y en el eje (y) los correspondientes resultados de la biometría del cultivo, para cada evaluación. Toda la información en cada caso, ha sido ajustada a regresiones lineales cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

Longitud del tallo: $y = 0,0707x - 0,0271$

Diámetro de la caña: $y = 0,0602x + 1,4585$

Altura de la canopia: $y = 0,1248x + 0,253$

Entrenudos : $y = 0,8544x - 4,0119$

Número de tallos : $y = - 0,5296x + 23,6$

Se encontró alta correlación, con unos coeficientes de determinación igual a 0.55, 0.62, 0.68, 0.67 y 0.70, respectivamente, con variable independiente peso radicular total(gr) y la variable dependiente (longitud del tallo, altura de la canopia, número de entrenudos y número de tallos), respectivamente.

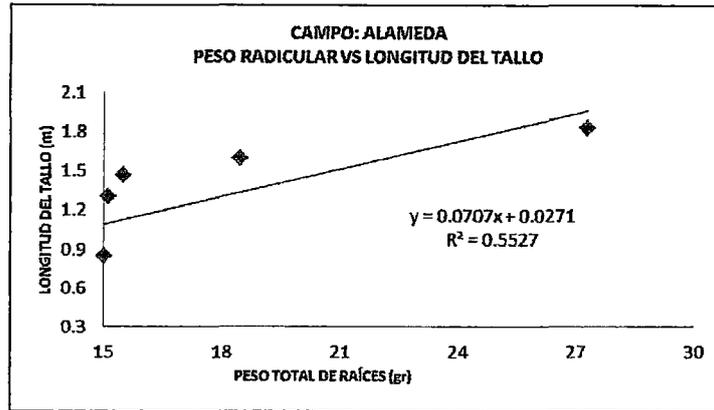


Figura N° 57: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

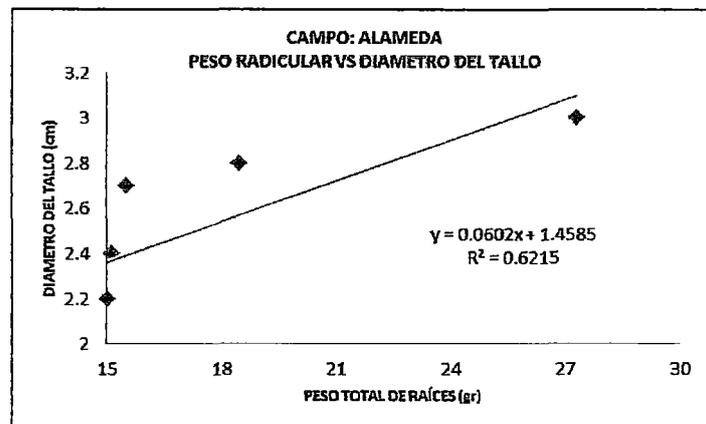


Figura N° 58: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo. Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

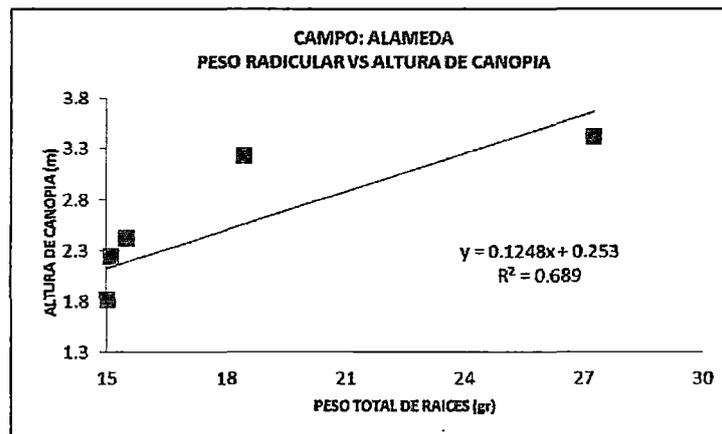


Figura N° 59: Peso Radicular vs Altura de Canopia. Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

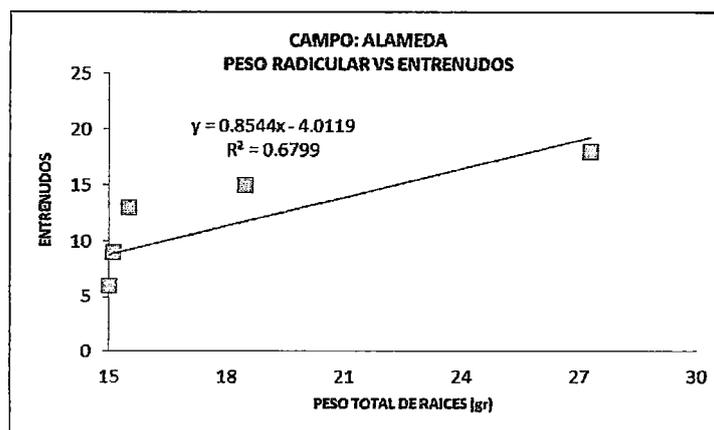


Figura N° 60: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Alameda

Fuente: Elaboración propia.

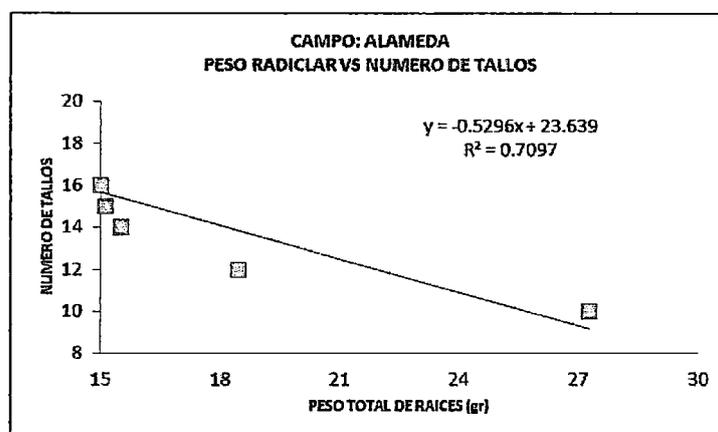


Figura N° 61: Peso Radicular vs Número de Tallos

Fuente: Elaboración propia.

Peso radicular total vs Biometría del cultivo – Campo: Estacada

En las Figuras 62, 63, 64, 65 y 66, se presenta en el eje (x) el peso radicular total (gr) para cada fecha de evaluación durante el periodo vegetativo y en el eje (y) los correspondientes resultados de la biometría del cultivo, para cada evaluación. Toda la información en cada caso, ha sido ajustada a regresiones lineales cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

Longitud del tallo: $y = 0,0331x + 1,0379$

Diámetro de la caña: $y = 0,028x + 2,154$

Altura de la canopia: $y = 0,0871x + 0,9712$

Entrenudos : $y = 0,4814x + 0,0081$

Número de tallos : $y = - 0,3125x + 22,167$

Se encontró alta correlación, con unos coeficientes de determinación igual a 0.91, 0.88, 0.98, 0.85 y 0.79, respectivamente, con variable independiente peso radicular total(gr) y la variable dependiente (longitud del tallo, diámetro de la caña, altura de la canopia, número de entrenudos y número de tallos), respectivamente.

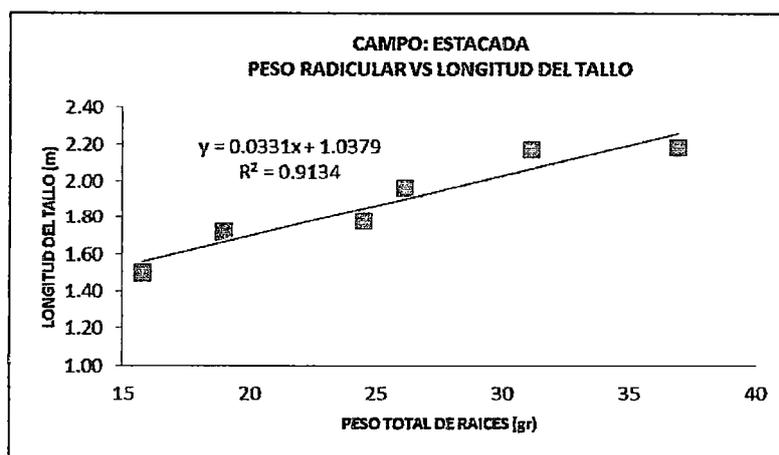


Figura N° 62: Peso Radicular vs Longitud del Tallo. Campo: Estacada

Fuente: Elaboración propia.

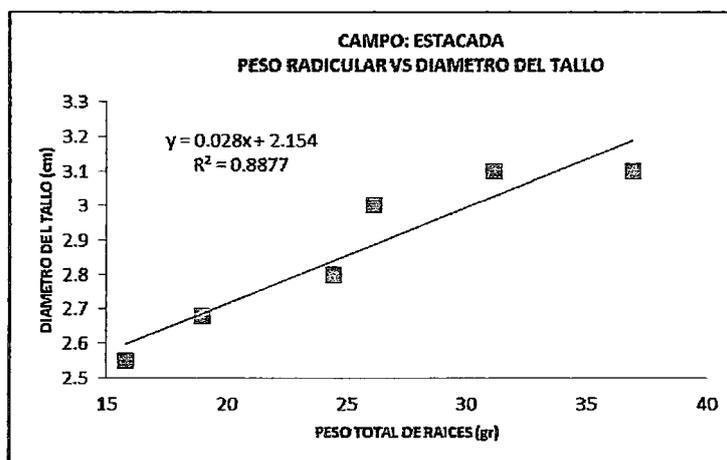


Figura N° 63: Peso Radicular vs Diámetro del Tallo

Fuente: Elaboración propia.

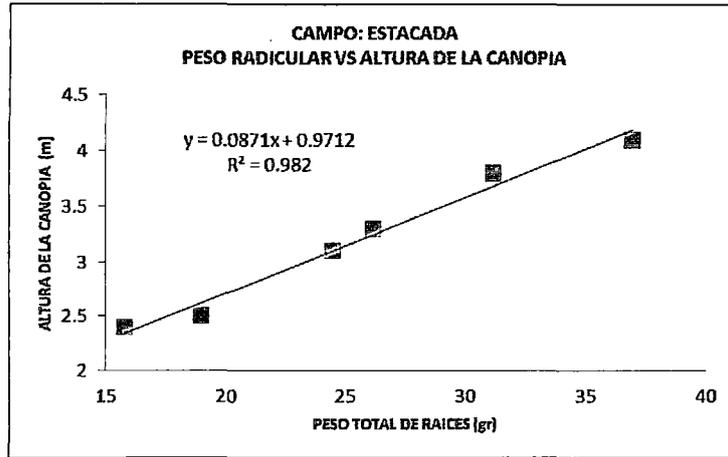


Figura N° 64: Peso Radicular vs Altura de la Canopia. Campo: Estacada

Fuente: Elaboración propia.

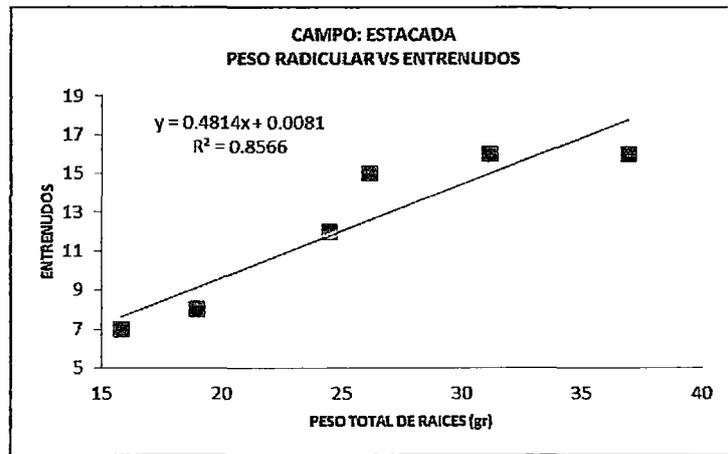


Figura N° 65: Peso Radicular vs Entrenudos. Campo: Estacada

Fuente: Elaboración propia.

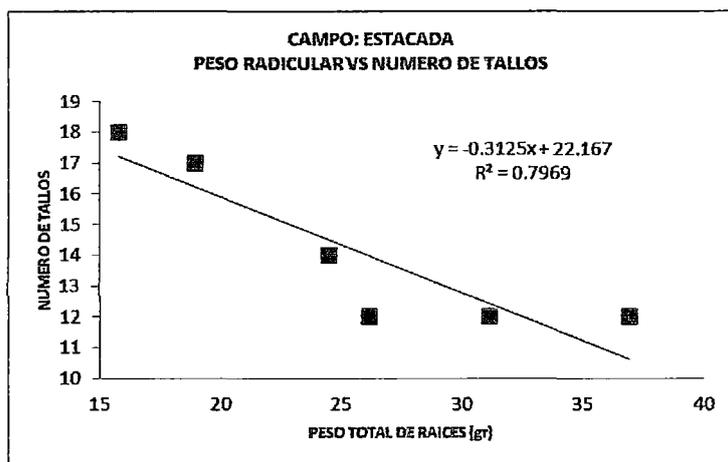


Figura N° 66: Peso Radicular vs Número de Tallos. Campo Estacada

Fuente: Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

- El desarrollo radicular está influenciado por el método de riego tanto gravedad como goteo. Con goteo, la concentración de raíces era en la parte superficial, en concordancia con la distribución de la humedad en el bulbo de humedecimiento generado por los goteros. En el caso de riego por gravedad, la distribución de las raíces tuvo lugar a mayores profundidades y en mayor amplitud, en relación con la distribución del agua en el perfil de humedecimiento del suelo aplicado por riego por gravedad.
- Bajo las condiciones del manejo agronómico en Paramonga, en el caso del método de riego por goteo, la variedad Mex 73-523, desarrolló cerca del 85 % de sus raíces en los primeros 30 cm, en el caso del método de riego por gravedad, la misma variedad desarrolló cerca del 55% a la misma profundidad.
- El incremento del peso radicular en la variedad Mex 73-523, del campo MANZUETO fue de 3,30 gr. por mes, para el periodo de 4 a 9 meses de edad, habiendo observado una alta correlación (94%) entre las variables.
- El incremento del peso radicular en la variedad Mex 73-523, en el campo DON PEPE fue de 3,15 gr. por mes, para el periodo de 5 a 10 meses de edad, habiéndose comprobado una alta correlación (97%) entre las variables.
- El incremento del peso radicular en la variedad Mex 73-523, en el campo CANAVAL fue de 4,03 gr. por mes, para el periodo de 6 a 11 meses de edad, habiéndose comprobado una alta correlación (97%) entre las variables.
- El incremento del peso radicular en la variedad Mex 73-523, en el campo PORVENIR fue de 3,8 gr por mes, para el periodo de 4 a 9 meses de edad, habiéndose notado una alta correlación (86%) entre las variables.
- El incremento del peso radicular en la variedad Mex 73-523, en el campo ALAMEDA fue de 2,16 gr. por mes, para el periodo de 5 a 10 meses de edad, habiéndose observado una alta correlación (70%) entre las variables.
- El incremento del peso radicular en la Variedad Mex 73-523, En el campo ESTACADA es de 4,10 gr. por mes, para el periodo de 6 a 11 meses de edad. Habiéndose encontrado una alta correlación (98%) entre las variables.
- Los datos biométricos (longitud del tallo, diámetro de la caña, altura de la canopia y número de entrenudos), se incrementaron con la edad del cultivo y con el peso radicular. De otro lado, el número de tallos disminuyó a medida que aumentaba la edad del cultivo. Esta tendencia se observó en los dos métodos de riego.
- En las parcelas con riego por goteo se observó que existe una mayor longitud de los tallos, longitud de entrenudos y diámetro del tallo, en comparación a las parcelas con riego por gravedad.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre la distribución y concentración del sistema radicular en las diferentes variedades del cultivo, teniendo como base los resultados de la presente investigación a fin de consolidar y determinar la distribución radicular en función al método de riego y el agua aplicada.
- Continuar con los estudios sobre la distribución radicular en las diferentes variedades que existen del cultivar, ya que son de gran valor práctico.
- Realizar la caracterización y tipificación del sistema radicular, para mejorar el aprovechamiento de las variables que influyen en el crecimiento del cultivo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

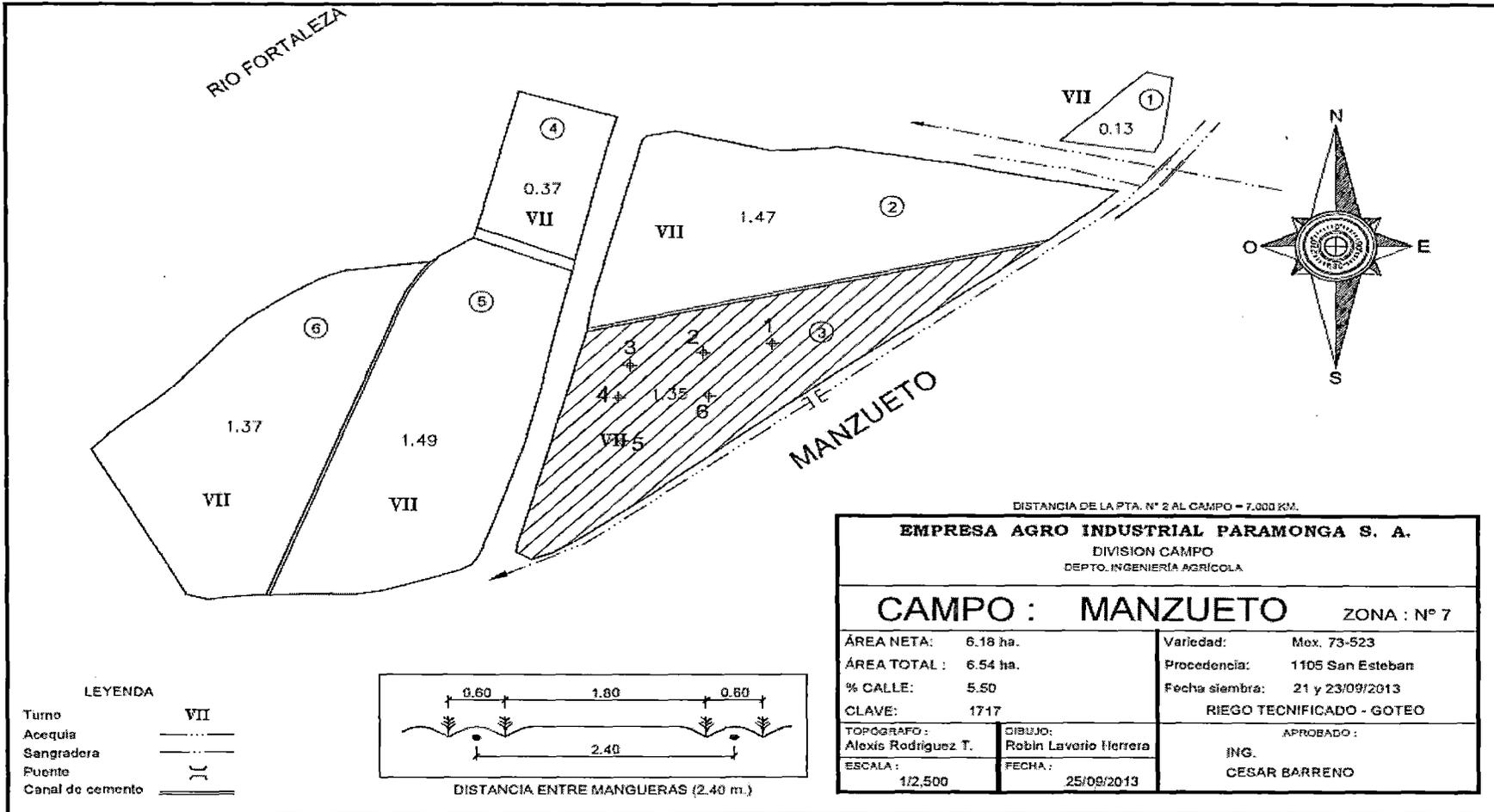
- Amaya Estévez, A.; Ock, J.H.; Hernández, A.; Irvine, J., 1995. Biología. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, 31, 32p.
- Alexander, A., 1973. Sugarcane Physiology. Elsevier, Amsterdam. 752 p.
- Artschwager, E. and E. Brandes. 1958. Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.): Origin, classification, characteristics and description of representative clones. U.S. Dep. Agric. Handbook 122. 307 p.
- Baran, R., D. Bassereau, y N. Gillet, 1974. Measurement of available water and root development on an irrigated sugar-crop in the Ivory Coast. XV Congress ISSCT. Durban. Proc., 2:726-735.
- Barreto R., J., 1977. Departamento de Suelos del Instituto Central de Investigaciones Azucareras del Perú, Trujillo, Perú.
- Bastidas, L. 2011. Sistema de Producción de Cultivos, Caña de azúcar, Perú. 36-38 p.
- Blackman, V.H., 1919. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot. O.S. 33, 353-60
- Blackburn, F., 1991. Sugarcane. Tropical Agricultural Series. Longman Group, Essex. Reino Unido.
- Botta, S., 1978. Estudios morfológicos y anatómicos en la caña de azúcar. Su relación con la resistencia a la sequía. Tesis ISCAH, La Habana.
- Botta, S. y F. Volf, 1978. Morfología del sistema radicular de las variedades C-8751 y B-4362. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Cuba. ATA: 38, 45p.
- Cruz, V. J., 2010. Sistema Planta-Agua y su Relación con la Fertilización. Memorias Curso de Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar. Cali, Valle del Cauca, Colombia.
- Deshmukh, 1998. Amount of Water Required, Under Different Irrigation Methods.
- Doorenbos J. and Kassam A., 1979. Respuesta de la Producción de Caña en Déficit Hídrico. 68, 70 p.
- Eppink, L. 1974. Algunas consideraciones cualitativas sobre las condiciones óptimas de suelos para su preparación. Boletín Técnico, ICIA 3 (2):112,120. Perú.
- Eppink, L. y A. Bazán C. 1974, Estudio preliminar del sistema radicular en caña cultivar H32-8560 bajo niveles freáticos diferentes. XII Convención de Tecnólogos Azucareros del Perú. Comunicación: 1-9 p.
- Evans L. T., 1975. Crop Physiology, Sugarcane, EE.UU, (T.A. Bull y K.T. Glasziou). 60, 79 p.

- Evans S. H., 1935. The root system of the sugarcane. *J. Exp. Agric.* 3:351-362.
- Flores, S. (2001) *Las Variedades de Caña de Azúcar en México*, Edición: 2001, 308 p.
- Gómez, A. F. y M. R. Pinto (1970) Observaciones preliminares sobre la compactación del suelo y crecimiento de la caña de azúcar. *Estación Experimental de Occidente. Yaritagua, Venezuela. Boletín* 91:1-13.
- Gonzáles, G. A. y V. B. Ortiz. , 1969 Necesidades del riego para caña de azúcar en México. VII Congreso Internacional sobre Riego y Drenaje, México, D. F. Comunicación:1-11p.
- Glover, J., 1968. The behaviour of the root-system of sugarcane at and after harvest. *Proc. S. Afr. Sugar Technol. Assoc.* 42, 133-135 p.
- Helfgott, S. 1997. *El Cultivo de la Caña de Azúcar en la Costa Peruana*. UNALM, Lima, Perú. 495 p.
- Husz, G., 1972. *Sugar Cane. Cultivation and Fertilization. Series of monographs on tropical and subtropical crops*. Ruhr-Stickstoff, Bochum, Germany. 116p.
- Humbert, R. P., 1974. *El Cultivo de la Caña de Azúcar*. Compañía Editorial Continental S.A. México.
- Irvine, J., 1991. Caña de azúcar. En: *Manual del Azúcar de Caña: 27-46 p*. Chen, J. (ed.). Limusa, México.
- Irvine J. and T. B. 1989. Sugarcane anatomy, morphology and physiology. En: *Ricaud C. et al. (ed.). Diseases of sugarcane. Major diseases*. Elsevier. Amsterdam. 1-20 p.
- Martín, J., G. Gálvez, R. de Armas, R. Espinosa, R. Vigoa y A. León. 1987. *La Caña de Azúcar en Cuba. Cap. 1. Ed. Científico- Técnica, La Habana*.
- Neumann, G.R., 1938. La distribución del agua en condiciones racionales de riego, en surcos de poca pendiente. *Sociedad Nacional Agraria, Lima. Boletín s/nº: 1, 13p*.
- Paz V., Vásquez A., Iglesias W., Sevilla J., 1980. *Boletín Técnico*, 9 (1-2)., División Técnica, Instituto Central de Investigaciones Azucareras ICIA, Vol IX; Desarrollo radicular de los cultivares de caña H32-8560 y H57-5174, bajo condiciones normales de cultivo y riego en el valle Chicama. 1, 12 p.
- Pinna J. C., 2003. *Fisiología de los Cultivos*, Universidad Privada Antenor Orrego, Segunda Edición. Trujillo-Perú. 54-61p.
- Pritchard, S.G. and Rogers, H.H., 2000. Spatial and temporal deployment of crop roots in CO₂-enriched environments. *New Phytol.* 147:55-71.
- Ricaud, R., 1977. Effect of subsoiling compaction and yield of sugarcane. *Proc. ISSCT* 16:1039 - 1048.
- Romero; E.; Scandaliaris, J.; Digonzelli, P.; Leggio, F.; Giardina; J.; Fernández, J.; Casen, S.; Tonatto, J.; Alonso, L., 2009. *La Caña de Azúcar. Características y Ecofisiología*. Editorial EEAOC. Tucumán, Argentina.

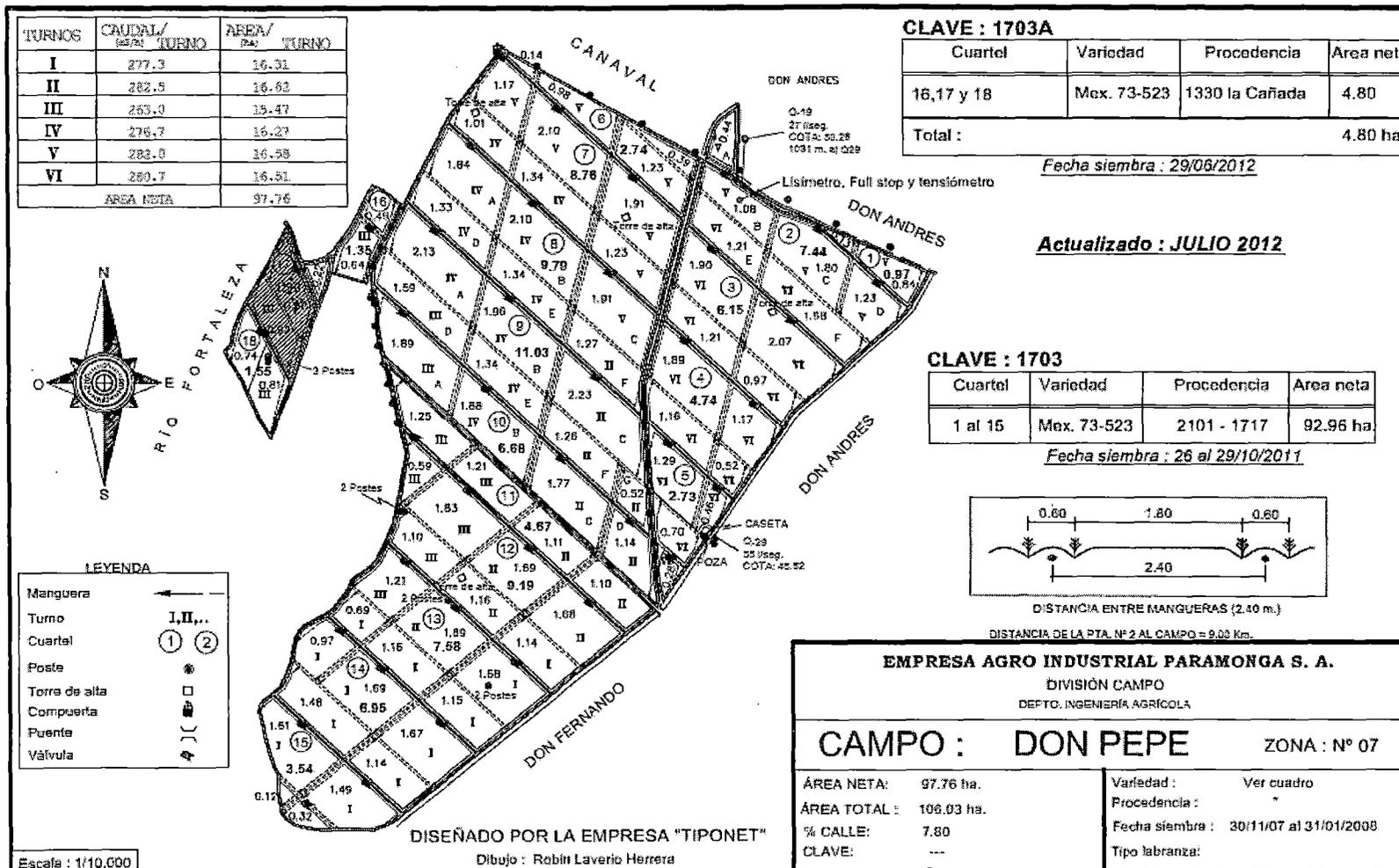
- Subirós, P. 2000. Cultivo de la Caña de Azúcar. Editorial EULAC. San José, Costa Rica.
- Swinnen, J., van Veen, J.A., Merckx, R., 1994. C pulse-labelling of field-grown spring wheat: an evaluation of its use in rhizosphere carbon budget estimations. *Soil Biol Biochem.* 26:161-170.
- Trowse, A. C., Jr. Y R. P. Humbert, 1960. Some effects of soil compaction on the development of sugarcane roots. Experiment Station, Hawaiian Sugar Planters Association. Journal Series: Paper N° 86: 208-217.
- Van Dillewijn, C., 1952. The Botany of Sugarcane. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass.520 p.
- Vasconcelos, A.C.H.; Dinardo-Miranda, 2006. Dinámica del desenvolvimiento radicular de caña de azúcar e implicaciones en el control de nematodos.56 p.
- Veihmeyer, F.J. y Hendrickson, 1948. Soil density and root-penetration. *Soil Sci.* 65:487-493.
- Villegas F. T., 2010. Sistema Radical de la Caña de Azúcar. CENICAÑA, Colombia.
- Wood, G.H., R.A., 1967. The estimation of cane root development and distribution using radiophosphorus. *Proc. S. Afr. Sugar Technol. Assoc.* 41:160-168.

VIII. ANEXOS

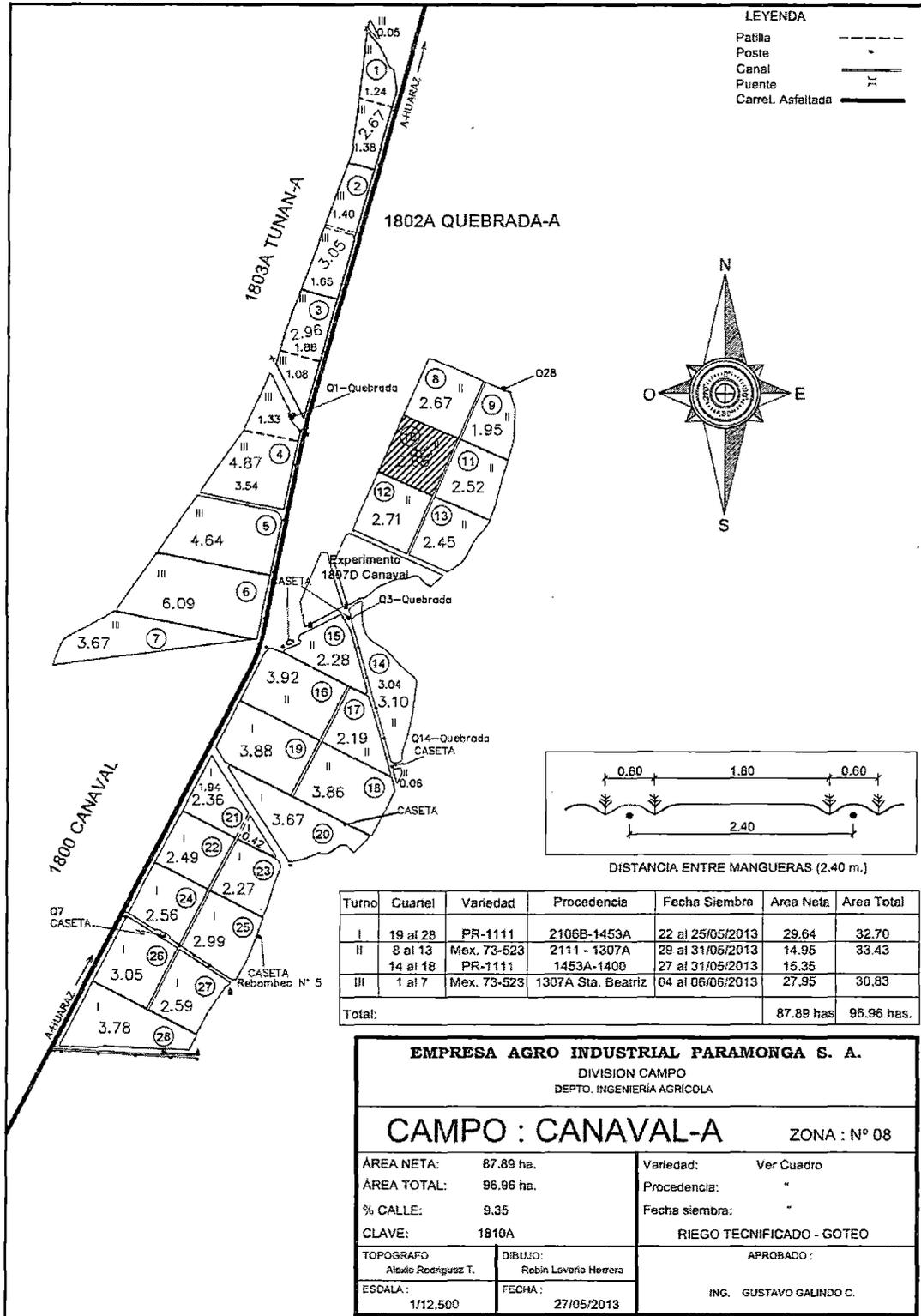
ANEXO 1
Mapa N° 2: CAMPO MANZUETO



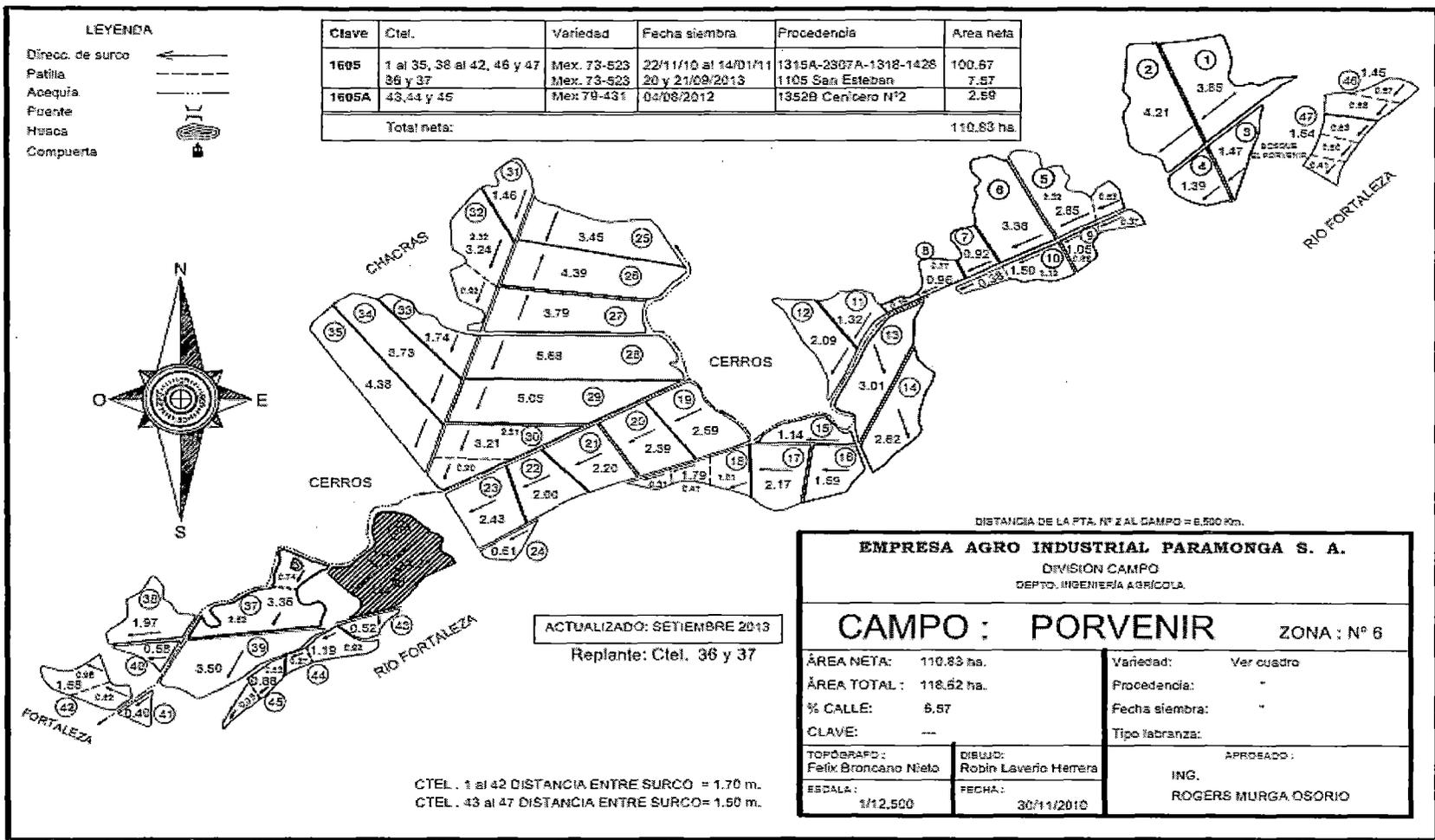
Mapa N° 3: CAMPO DON PEPE



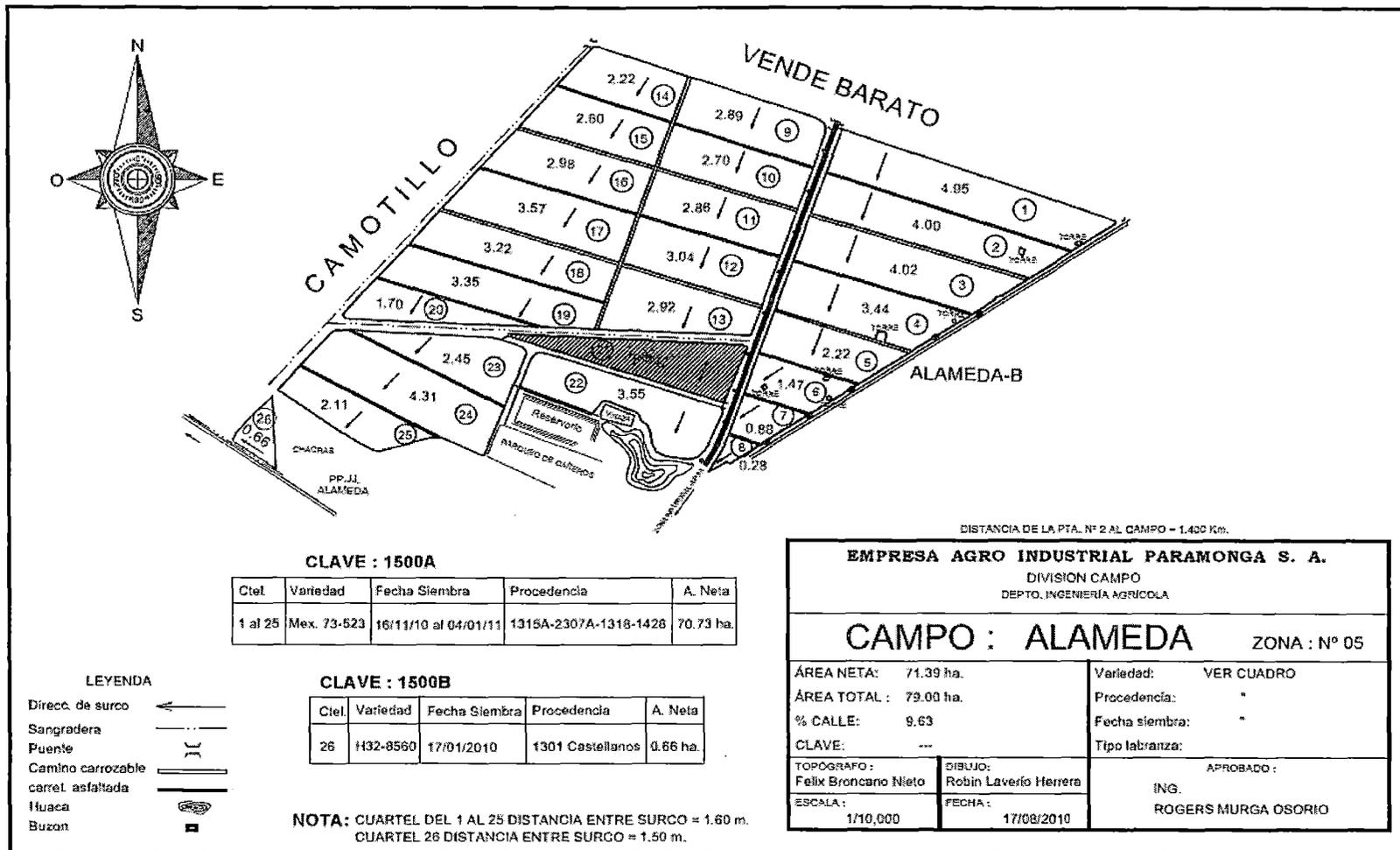
Mapa N° 4: CAMPO CANAVAL



Mapa N° 5: CAMPO PORVENIR



Mapa N° 6: CAMPO ALAMEDA



CLAVE : 1500A

Ctel.	Variiedad	Fecha Siembra	Procedencia	A. Neta
1 al 25	Mex. 73-523	16/11/10 al 04/01/11	1315A-2307A-1318-1428	70.73 ha.

CLAVE : 1500B

Ctel.	Variiedad	Fecha Siembra	Procedencia	A. Neta
26	1432-8560	17/01/2010	1301 Castellanos	0.66 ha.

NOTA: CUARTEL DEL 1 AL 25 DISTANCIA ENTRE SURCO = 1.60 m.
 CUARTEL 26 DISTANCIA ENTRE SURGO = 1.50 m.

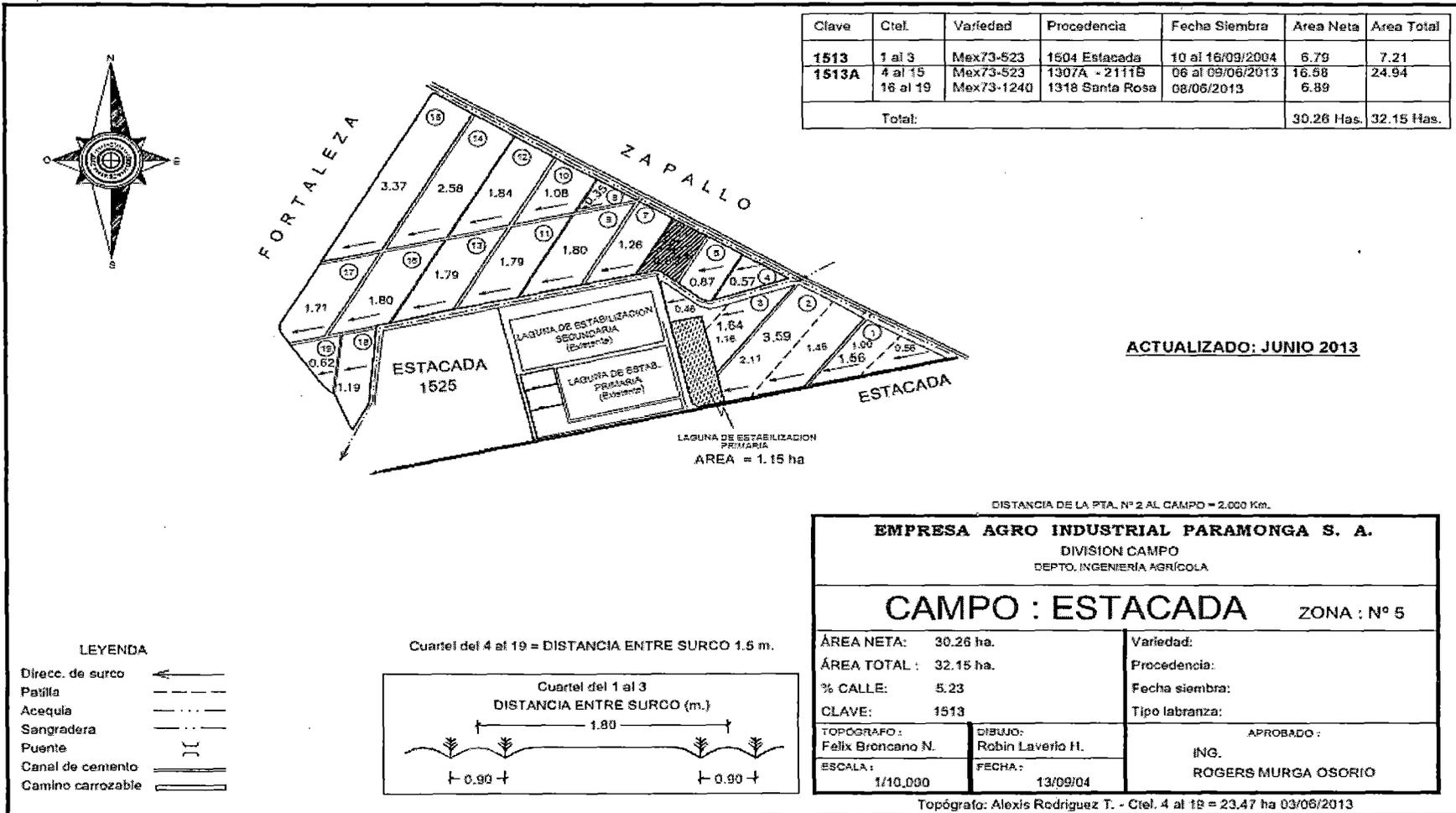
DISTANCIA DE LA PTA. N° 2 AL CAMPO = 1.400 Km.

EMPRESA AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA S. A.
 DIVISION CAMPO
 DEPTO. INGENIERIA AGRICOLA

CAMPO : ALAMEDA ZONA : N° 05

ÁREA NETA: 71.39 ha.	Variiedad: VER CUADRO
ÁREA TOTAL : 79.00 ha.	Procedencia: "
% CALLE: 9.63	Fecha siembra: "
CLAVE: ---	Tipo labranza:
TOPOGRAFO : Felix Broncano Nieto	DIBUJO: Robin Laverio Herrera
ESCALA: 1/10,000	FECHA: 17/08/2010
APROBADO : ING. ROGERS MURGA OSORIO	

Mapa N° 7: CAMPO ESTACADA



Clave	Ctel.	Variedad	Procedencia	Fecha Siembra	Area Neta	Area Total
1513	1 al 3	Mex73-523	1504 Estacada	10 al 16/09/2004	6.79	7.21
1513A	4 al 15 16 al 19	Mex73-523 Mex73-1240	1307A - 2111B 1318 Santa Rosa	06 al 09/06/2013 08/06/2013	16.58 6.89	24.94
Total:					30.26 Has.	32.15 Has.

ACTUALIZADO: JUNIO 2013

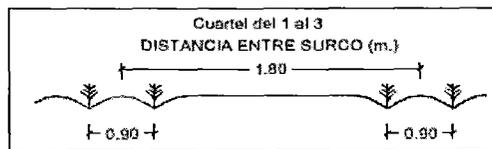
DISTANCIA DE LA PTA. N° 2 AL CAMPO = 2.000 Km.

EMPRESA AGRO INDUSTRIAL PARAMONGA S. A.				
DIVISION CAMPO				
DEPTO. INGENIERIA AGRICOLA				
CAMPO : ESTACADA		ZONA : N° 5		
ÁREA NETA:	30.26 ha.	Variedad:		
ÁREA TOTAL :	32.15 ha.	Procedencia:		
% CALLE:	5.23	Fecha siembra:		
CLAVE:	1513	Tipo labranza:		
TOPOGRAFO:	Felix Broncano N.	DIBUJO:	Robin Laverio H.	APROBADO :
ESCALA:	1/10,000	FECHA:	13/09/04	
				ING.
				ROGERS MURGA OSORIO

Topógrafo: Alexis Rodriguez T. - Ctel. 4 al 19 = 23,47 ha 03/06/2013

- LEYENDA**
- Direcc. de surco →
 - Patilla - - - - -
 - Acequia - - - - -
 - Sangradera - - - - -
 - Puente ()
 - Canal de cemento = = = = =
 - Camino carrozable = = = = =

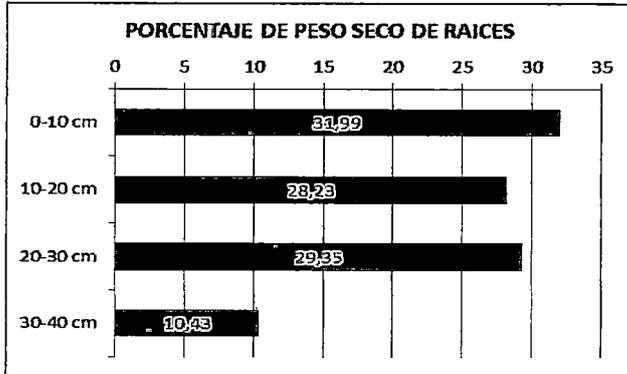
Cuartel del 4 al 19 = DISTANCIA ENTRE SURCO 1.5 m.



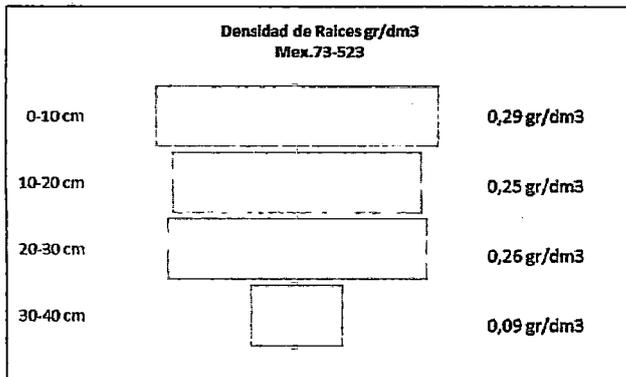
ANEXO 2

CAMPO: MANZUETO (RIEGO POR GOTEO)

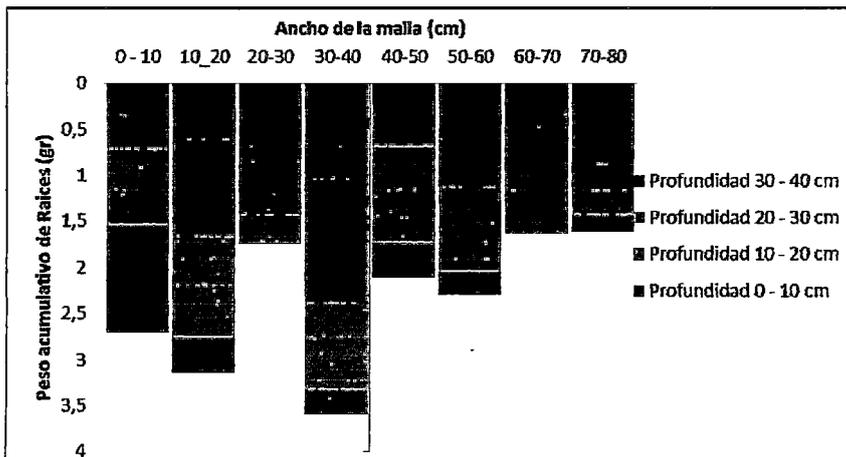
EVALUACION I



FUENTE: Elaboración propia.



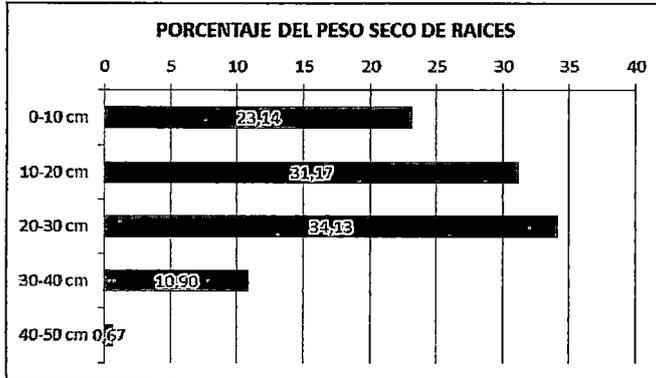
FUENTE: Elaboración propia.



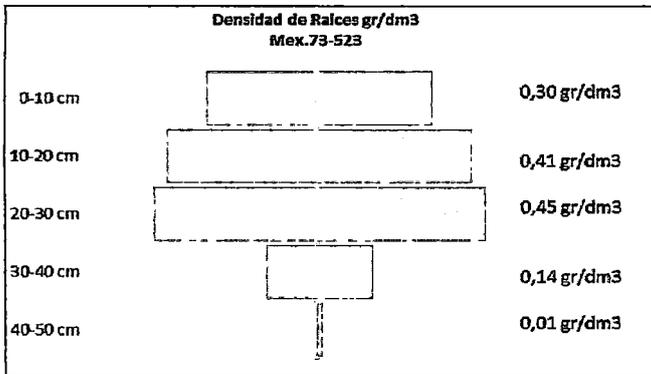
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: MANZUETO (RIEGO POR GOTEO)

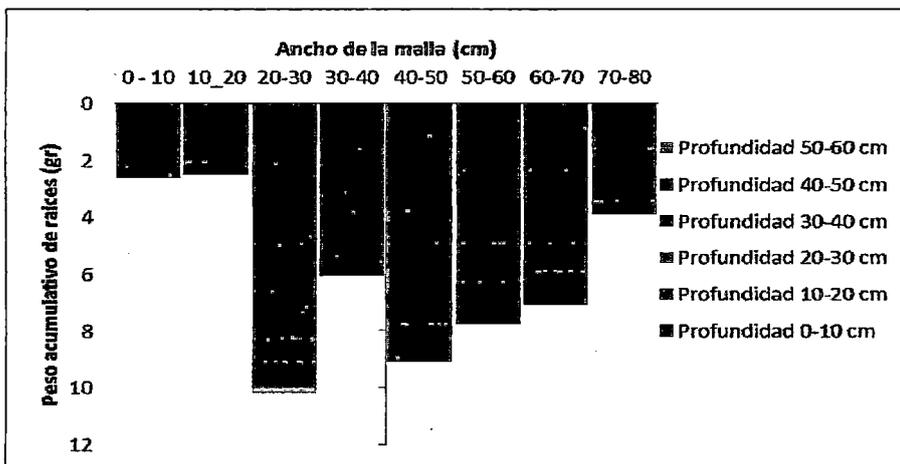
EVALUACION II



FUENTE: Elaboración propia.



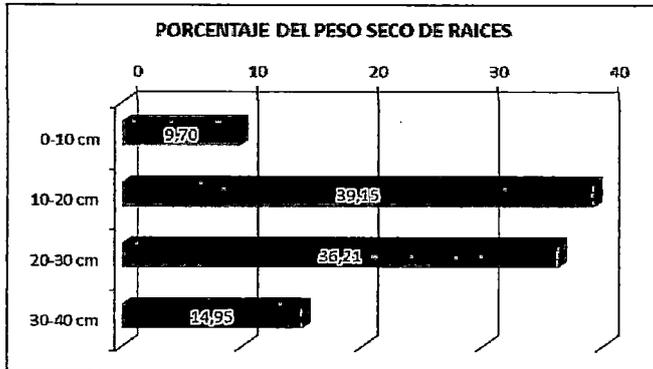
FUENTE: Elaboración propia.



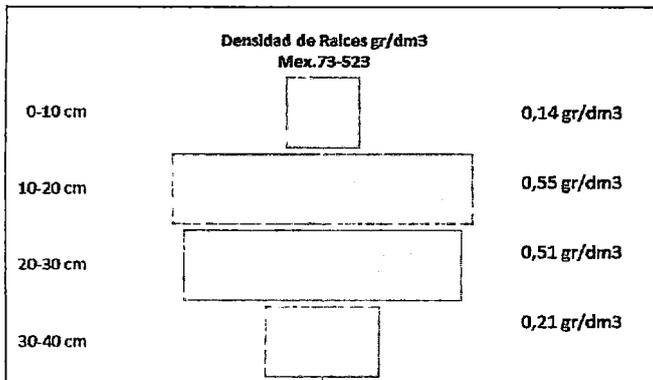
FUENTE: Elaboración propia

CAMPO: MANZUETO (RIEGO POR GOTEO)

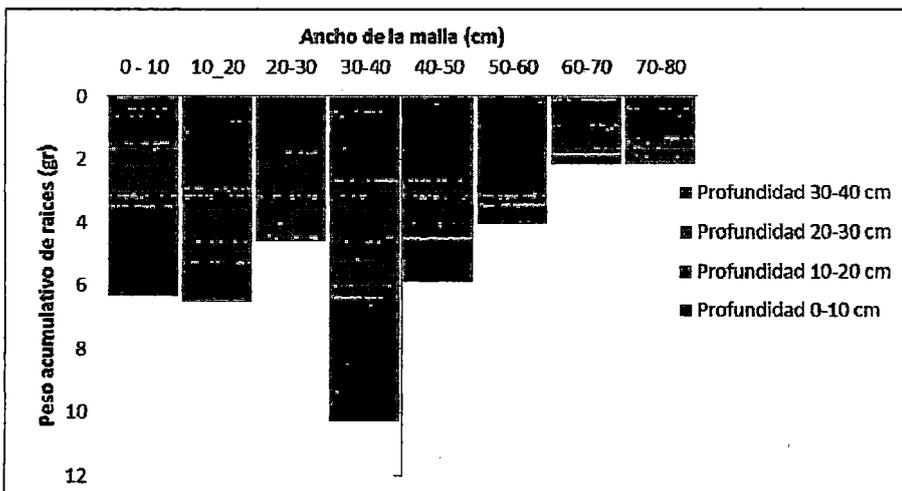
EVALUACION III



FUENTE: Elaboración propia.



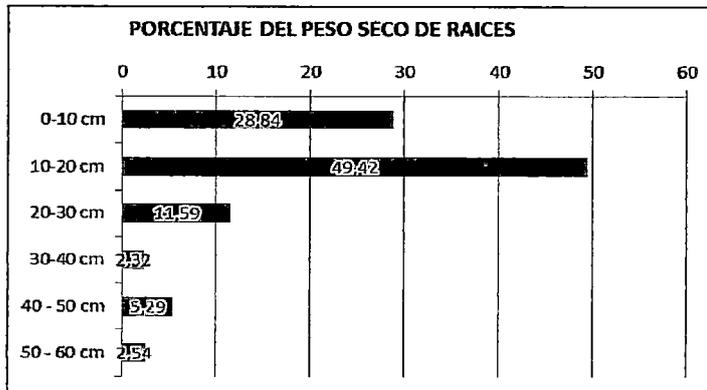
FUENTE: Elaboración propia.



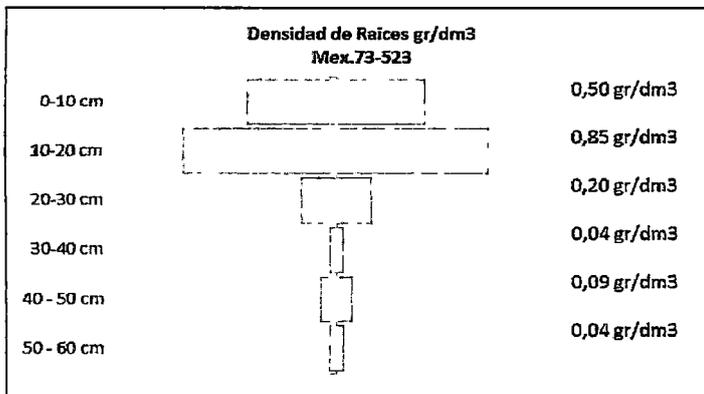
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: MANZUETO (RIEGO POR GOTEO)

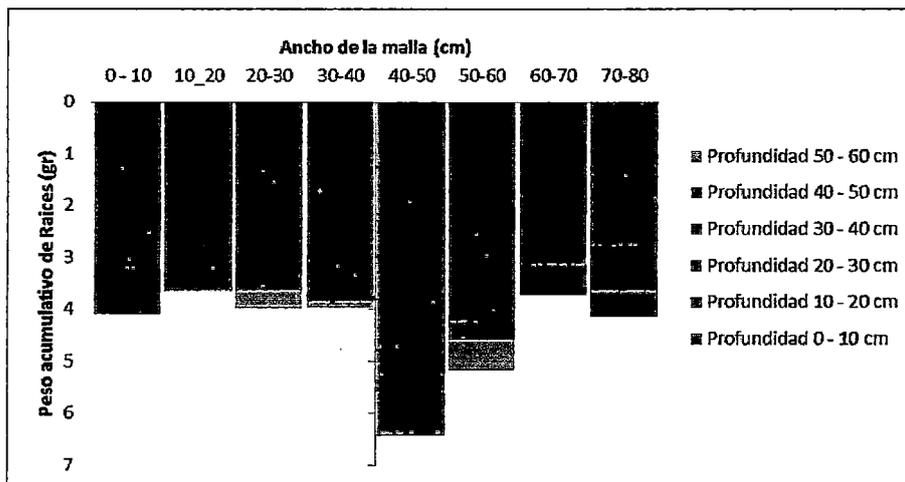
EVALUACION IV



FUENTE: Elaboración propia.



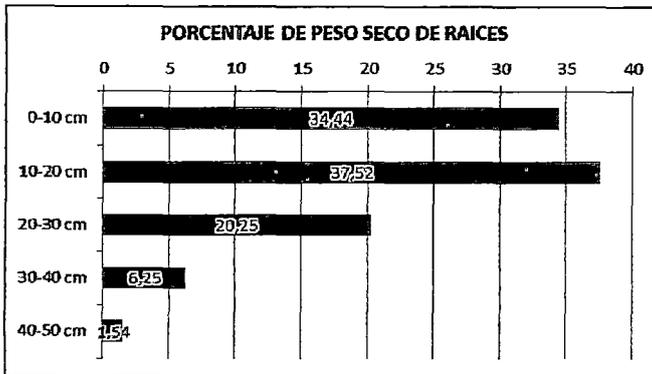
FUENTE: Elaboración propia.



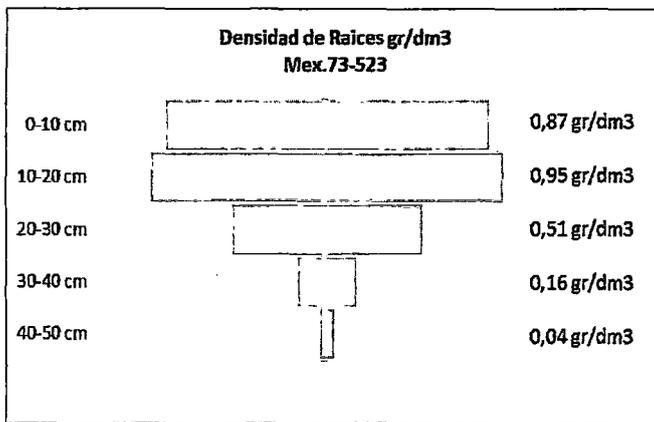
FUENTE: Elaboración propia

CAMPO: MANZUETO (RIEGO POR GOTEO)

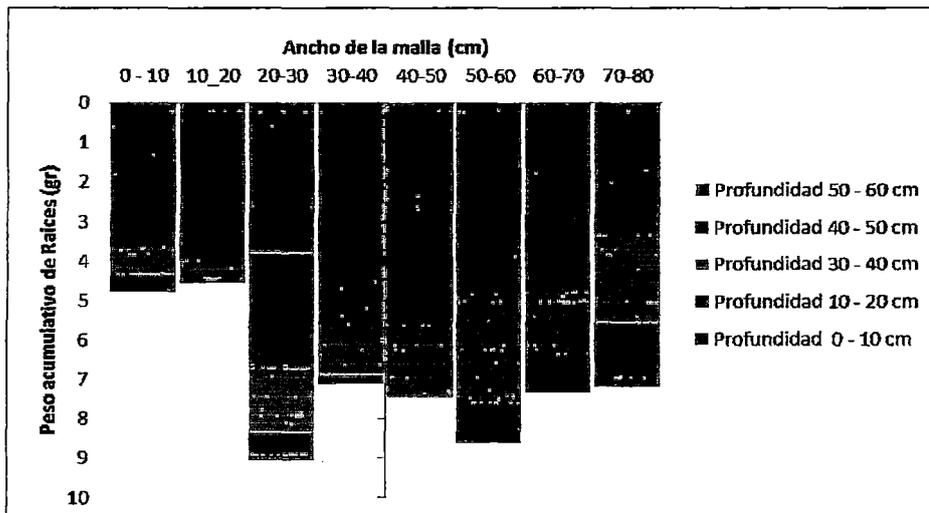
EVALUACION V



FUENTE: Elaboración propia.



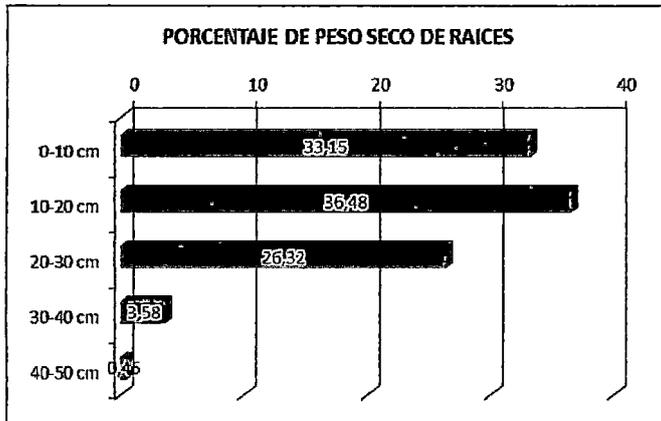
FUENTE: Elaboración propia.



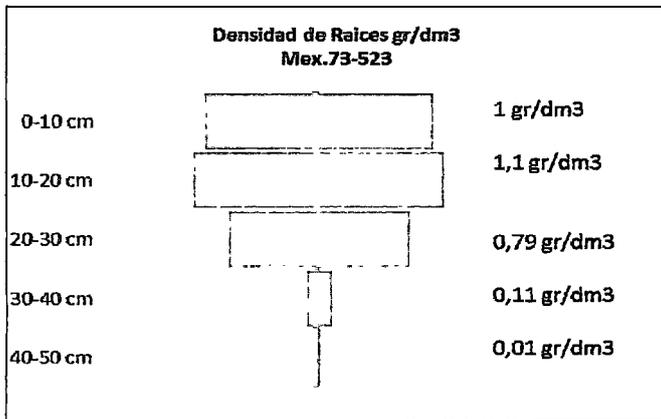
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: MANZUETO (RIEGO POR GOTEO)

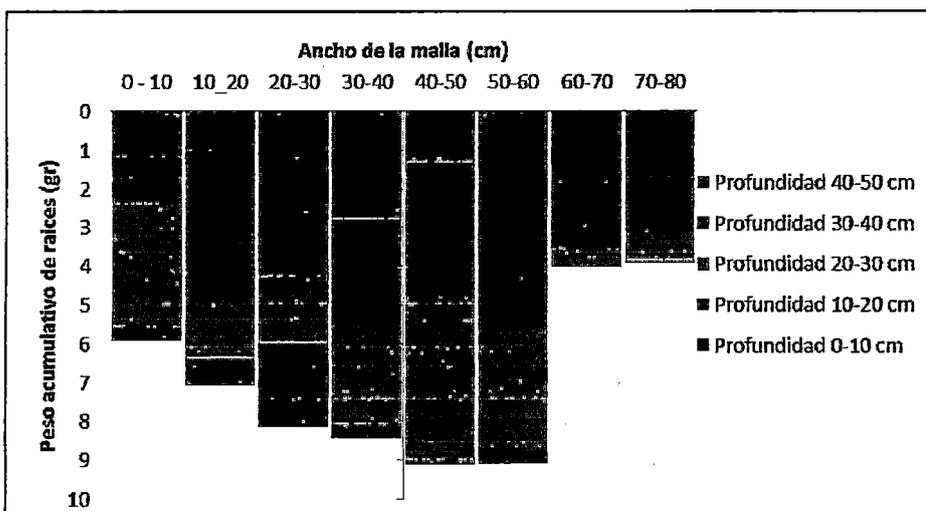
EVALUACION VI



FUENTE: Elaboración propia.



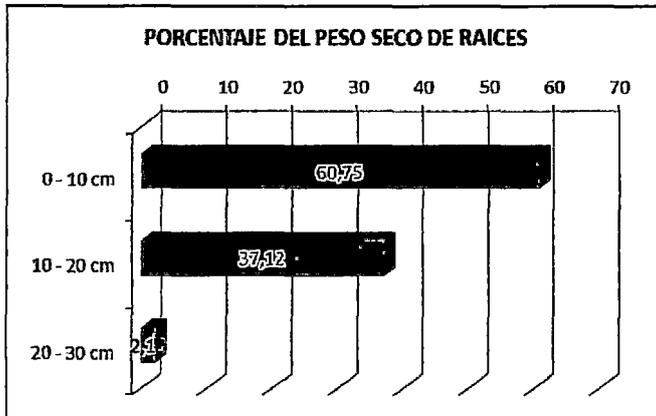
FUENTE: Elaboración propia.



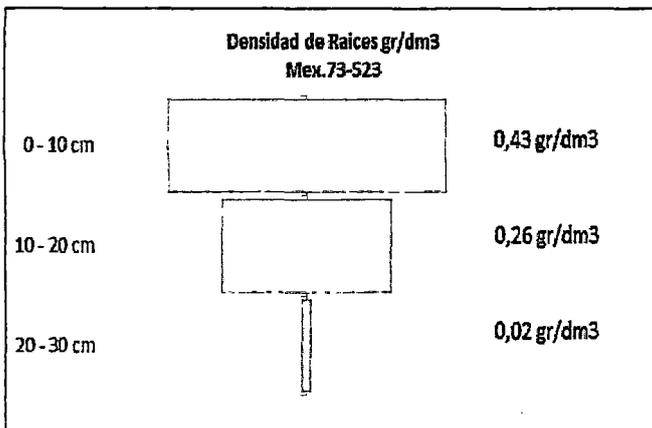
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: DON PEPE (RIEGO POR GOTEO)

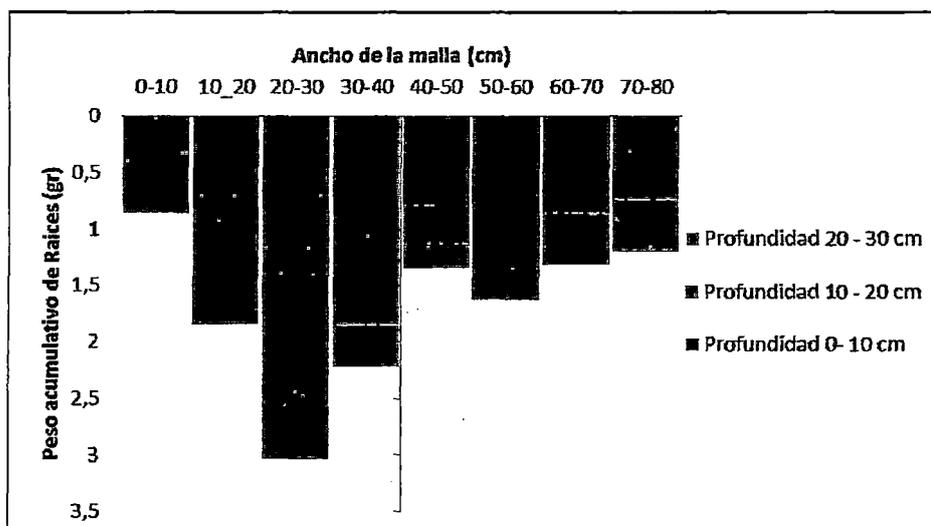
EVALUACION I



FUENTE: Elaboración propia.



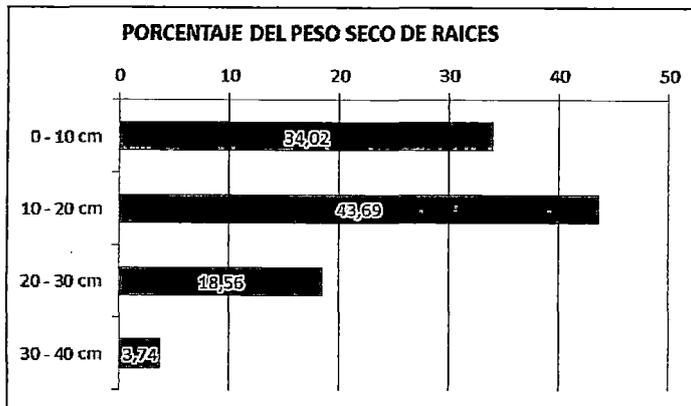
FUENTE: Elaboración propia.



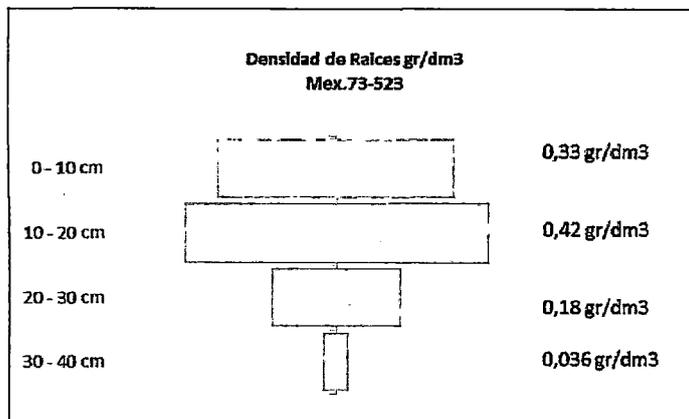
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: DON PEPE (RIEGO POR GOTEO)

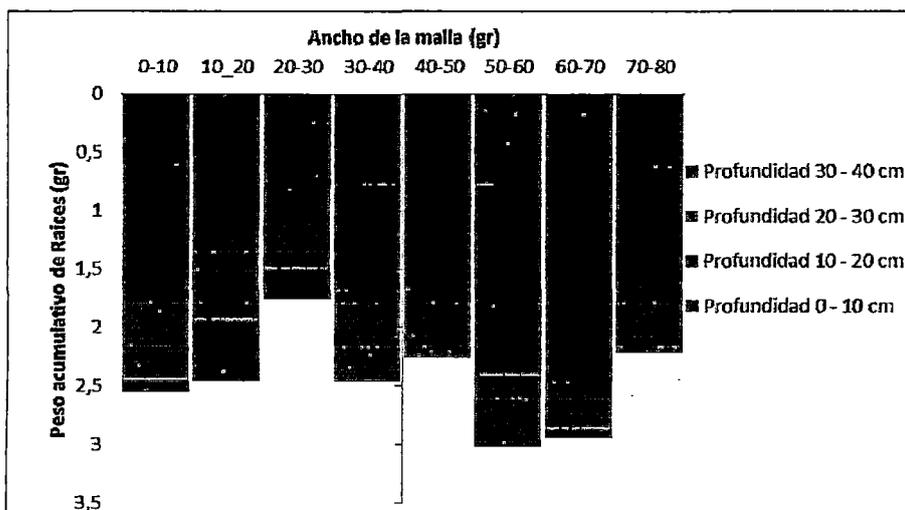
EVALUACION II



FUENTE: Elaboración propia.



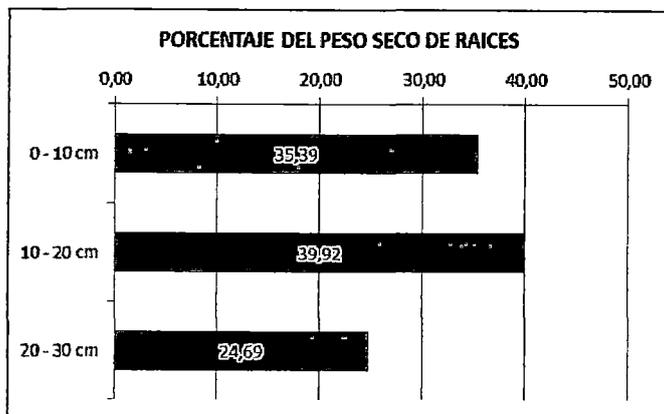
FUENTE: Elaboración propia.



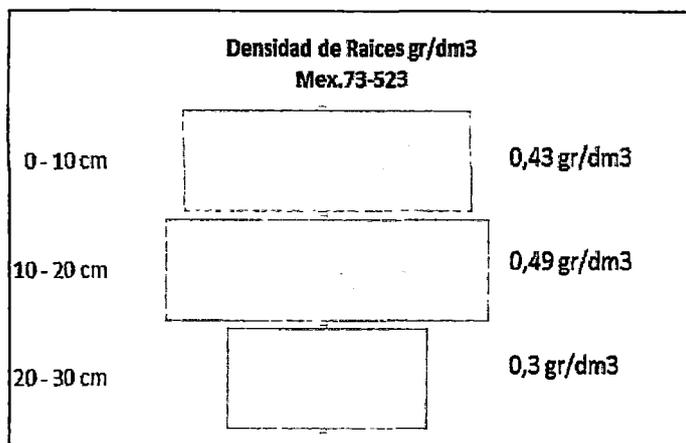
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: DON PEPE (RIEGO POR GOTEO)

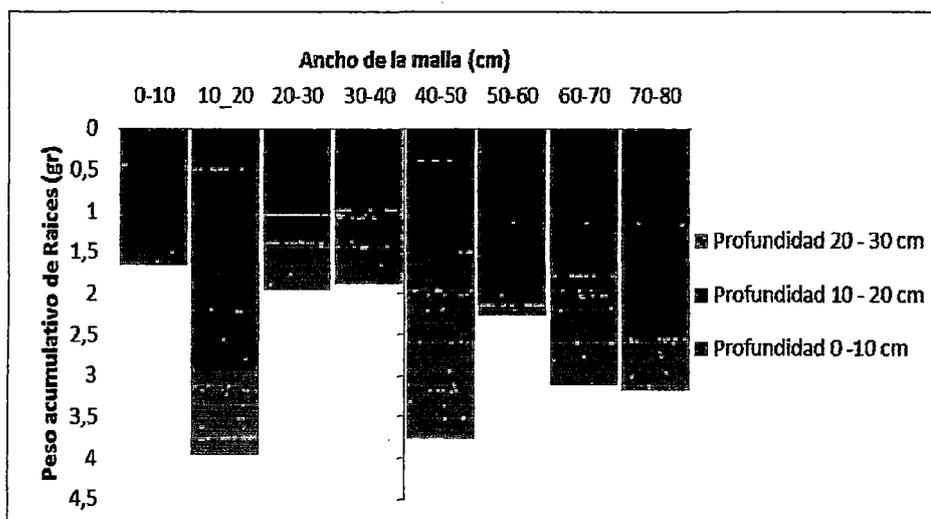
EVALUACION III



FUENTE: Elaboración propia.



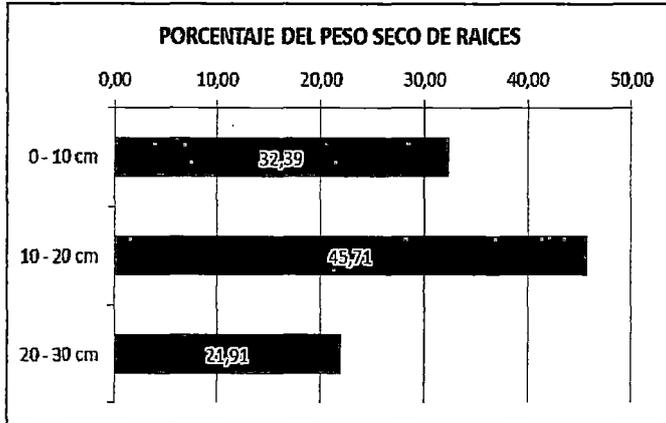
FUENTE: Elaboración propia.



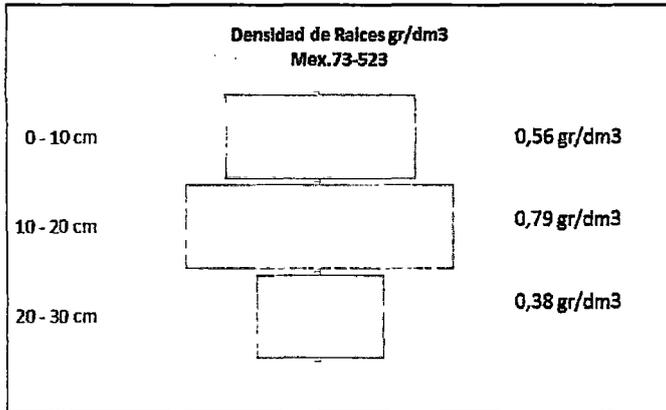
FUENTE: Elaboración propia

CAMPO: DON PEPE (RIEGO POR GOTEO)

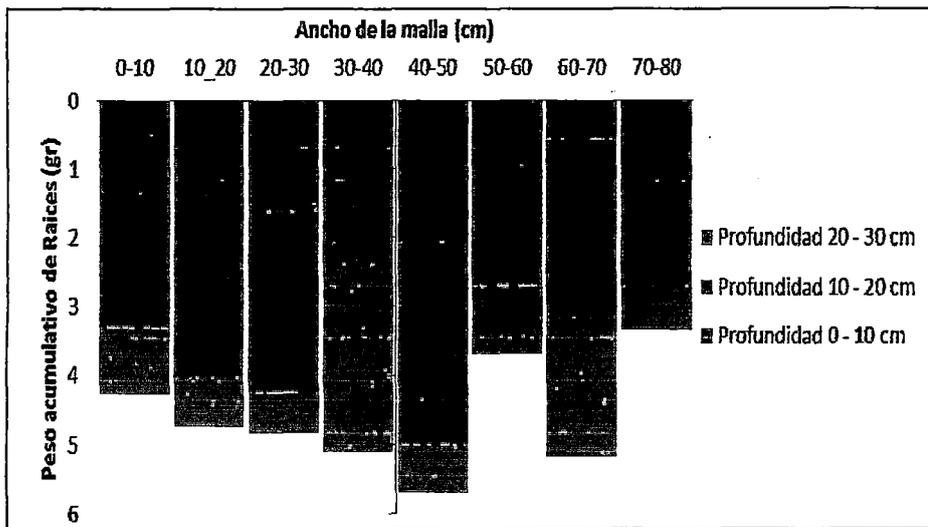
EVALUACION IV



FUENTE: Elaboración propia.



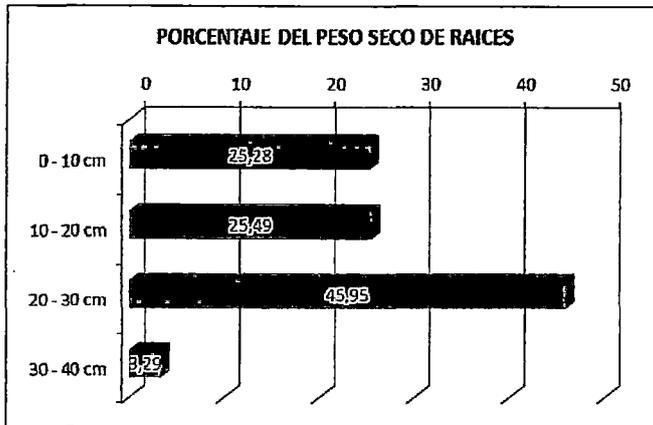
FUENTE: Elaboración propia.



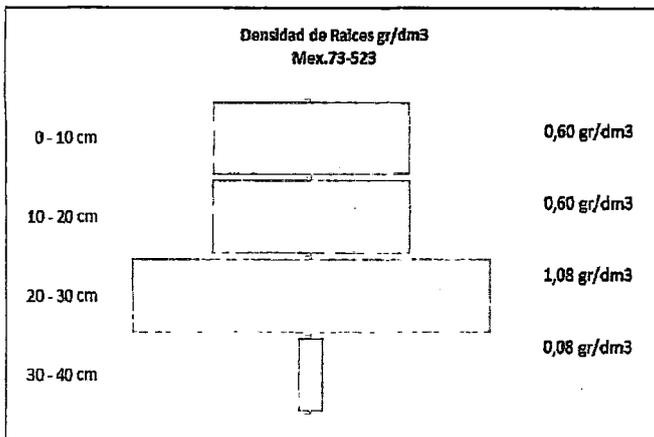
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: DON PEPE (RIEGO POR GOTEO)

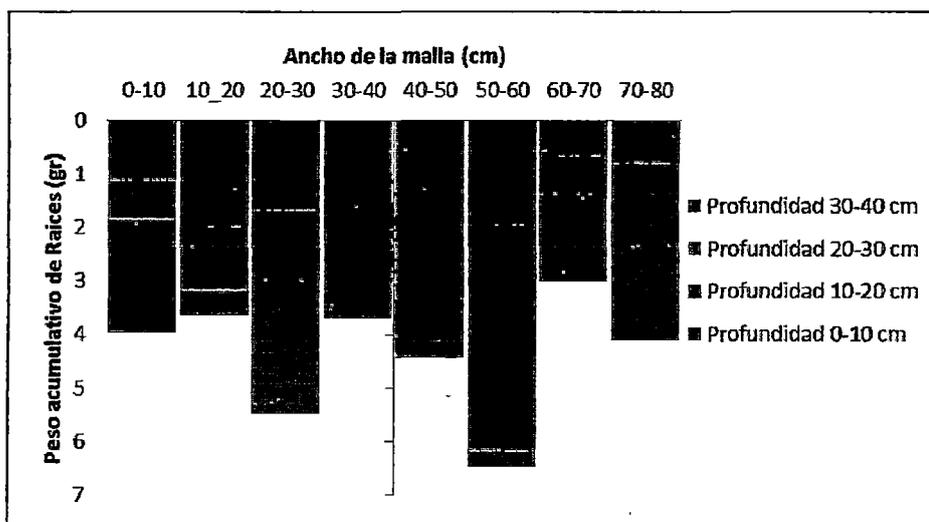
EVALUACION V



FUENTE: Elaboración propia.



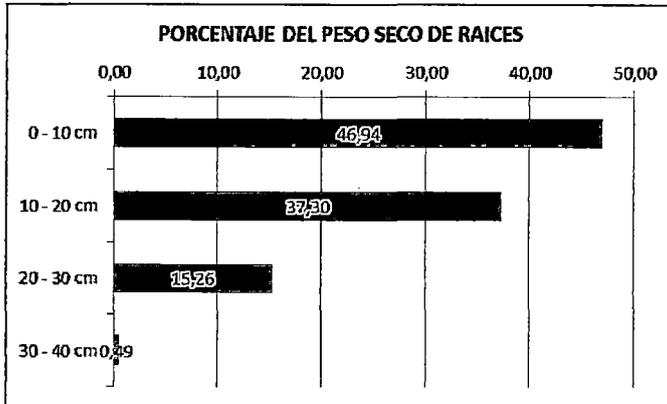
FUENTE: Elaboración propia.



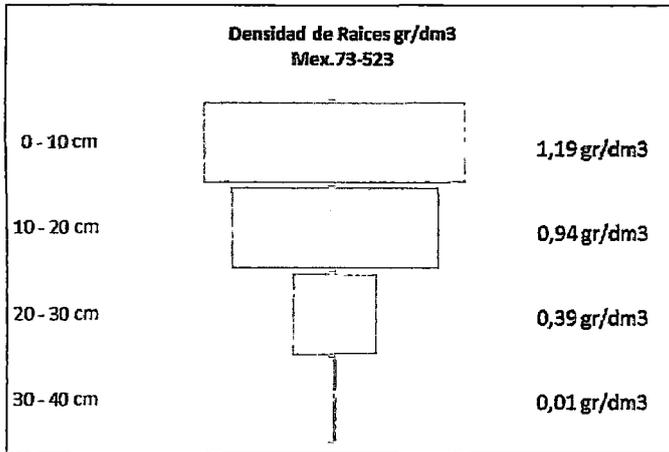
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: DON PEPE (RIEGO POR GOTEO)

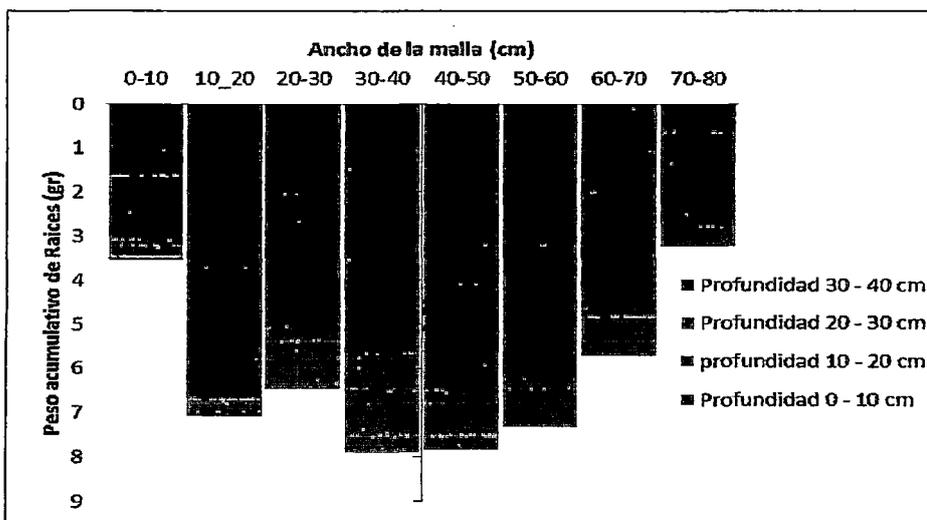
EVALUACION VI



FUENTE: Elaboración propia.



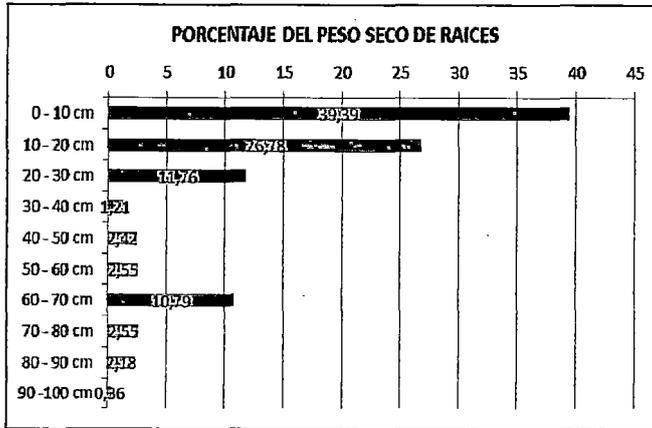
FUENTE: Elaboración propia.



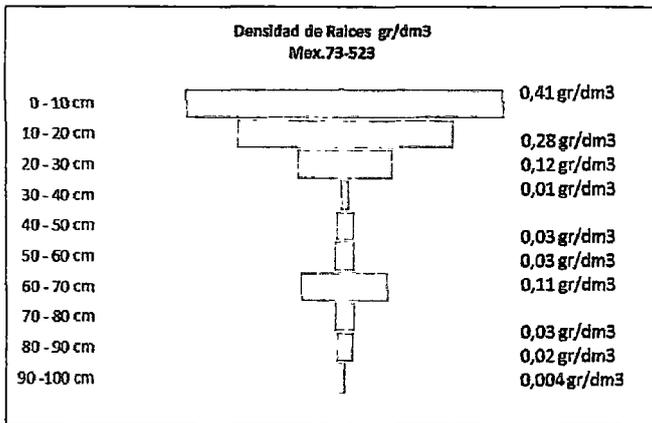
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: CANAVAL (RIEGO POR GOTEO)

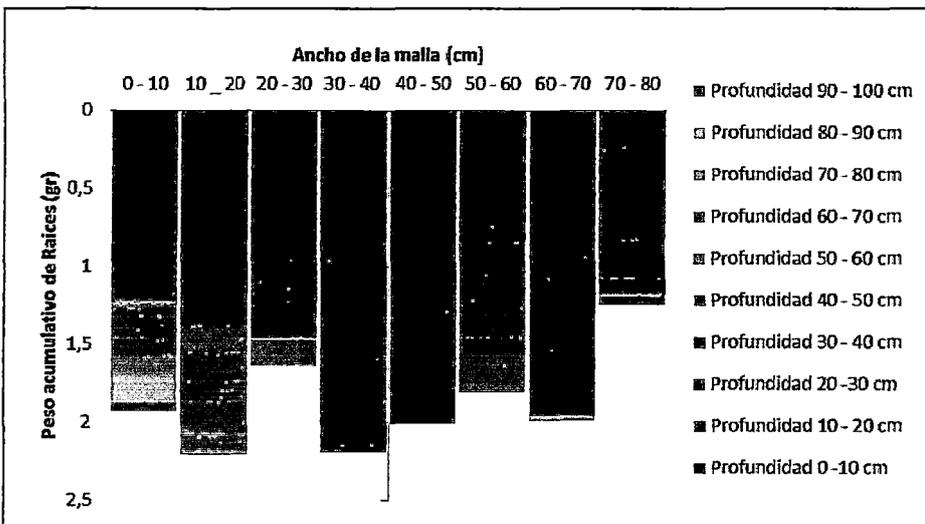
EVALUACION I



FUENTE: Elaboración propia.



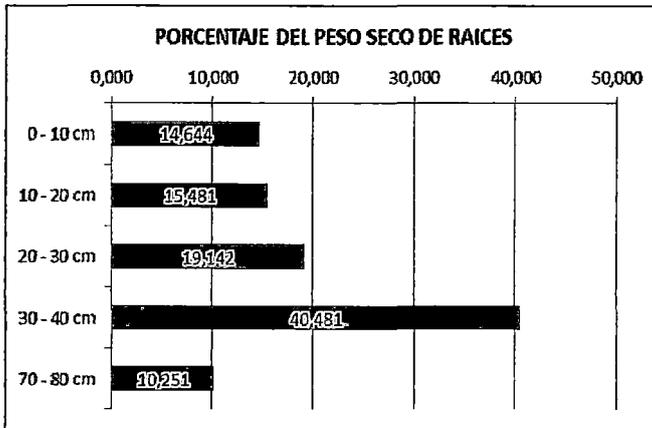
FUENTE: Elaboración propia.



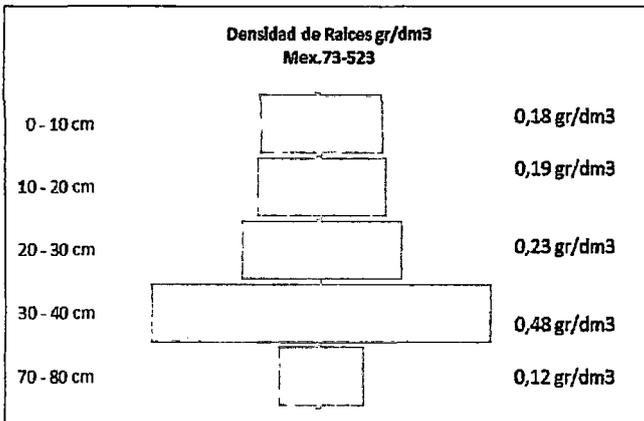
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: CANAVAL (RIEGO POR GOTEO)

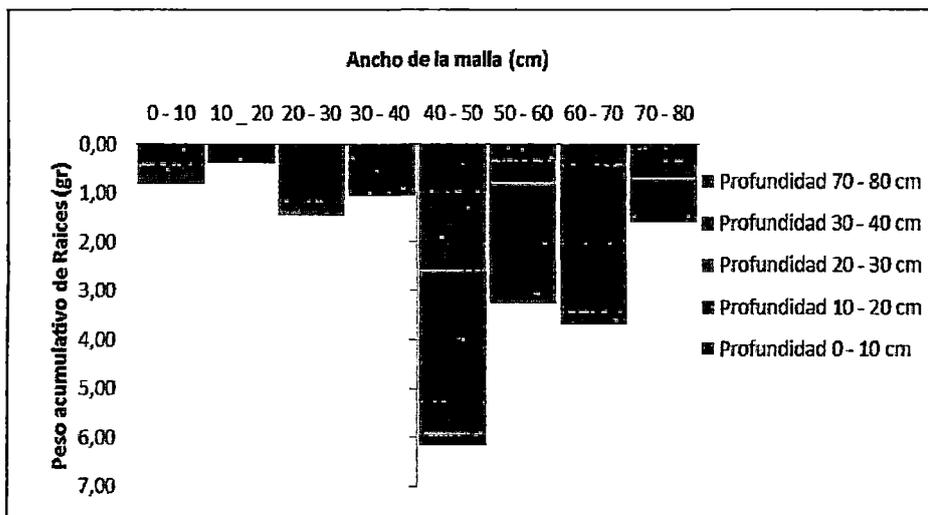
EVALUACION II



FUENTE: Elaboración propia.



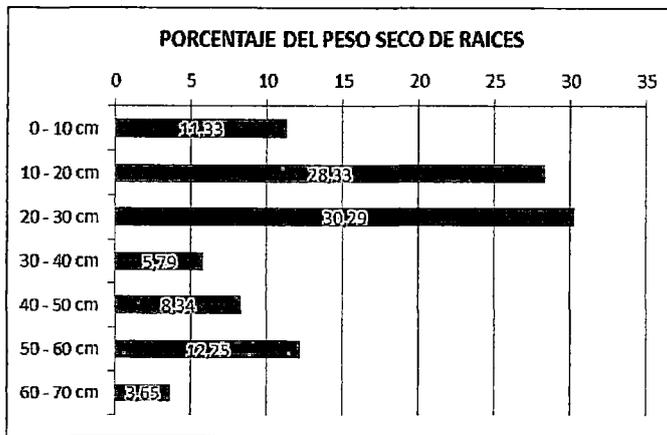
FUENTE: Elaboración propia.



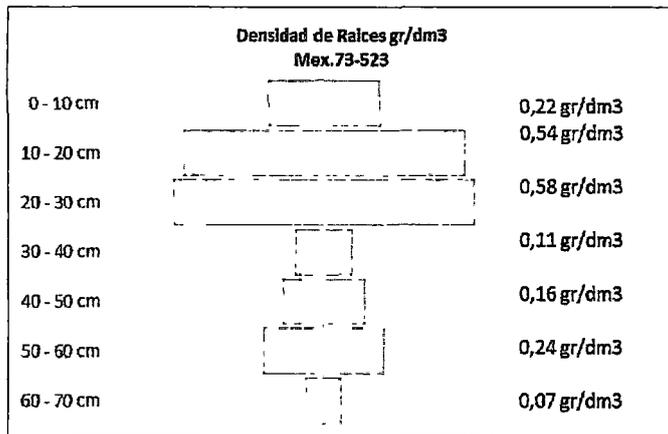
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: CANAVAL (RIEGO POR GOTEO)

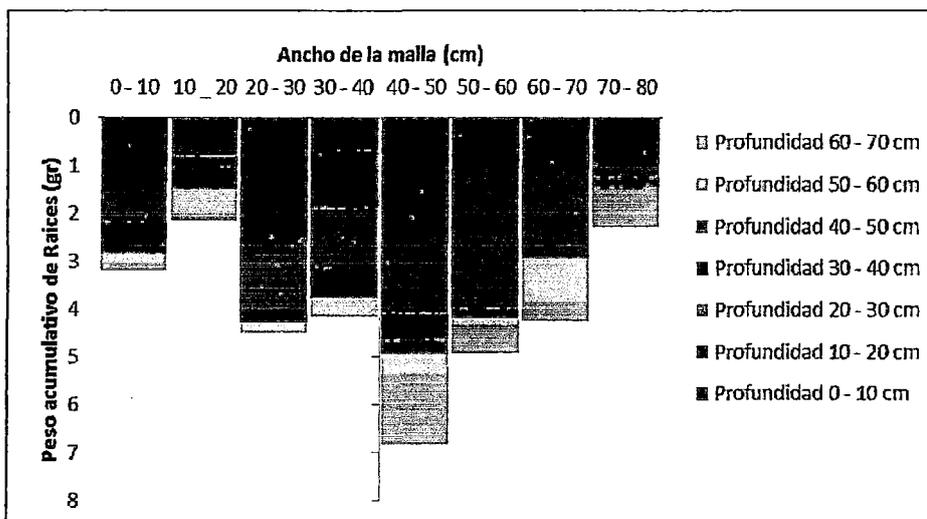
EVALUACION III



FUENTE: Elaboración propia.



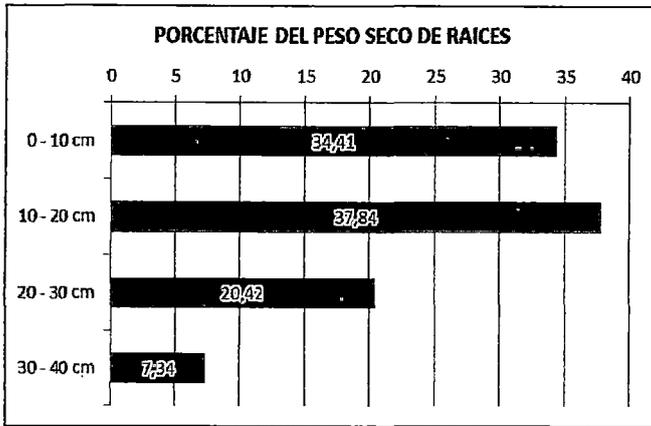
FUENTE: Elaboración propia.



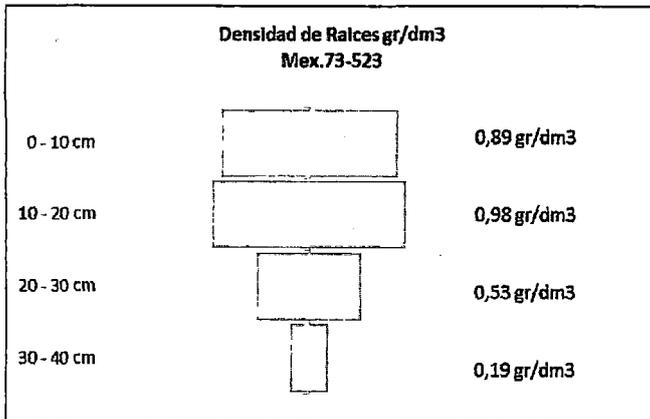
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: CANAVAL (RIEGO POR GOTEO)

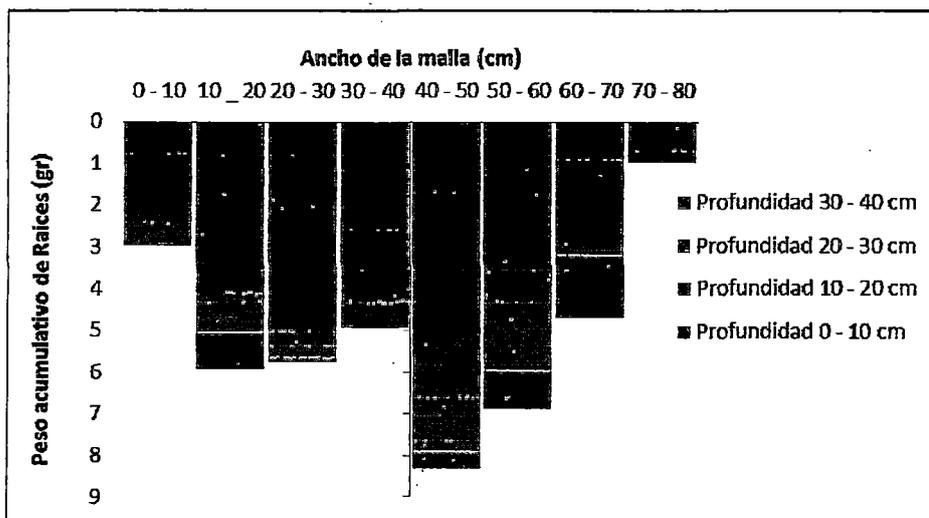
EVALUACION IV



FUENTE: Elaboración propia.



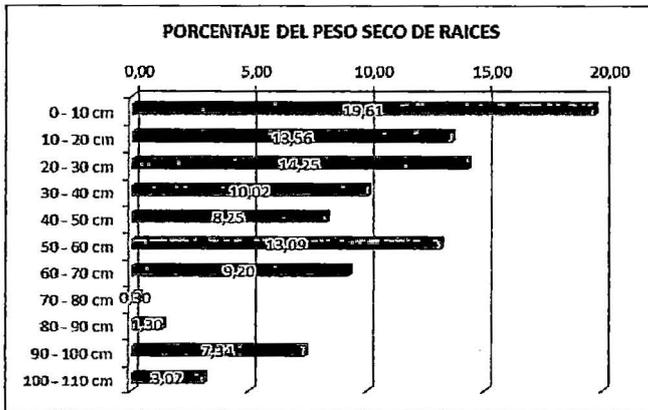
FUENTE: Elaboración propia.



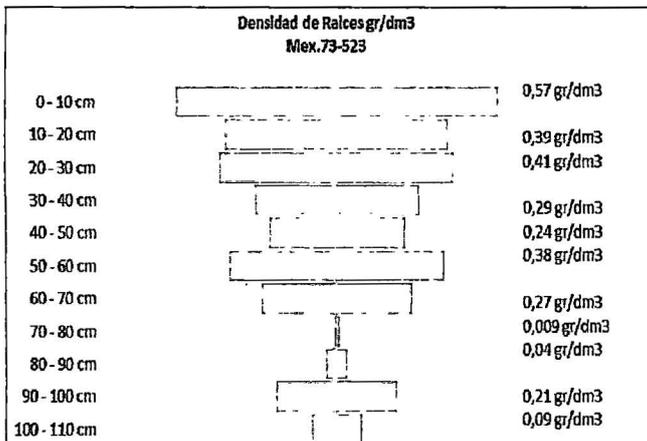
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: CANAVAL (RIEGO POR GOTEO)

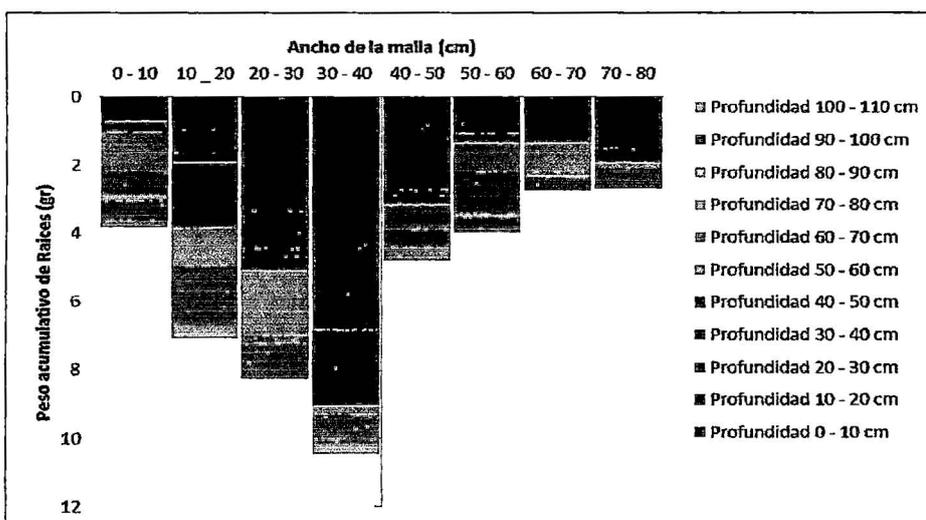
EVALUACION V



FUENTE: Elaboración propia.



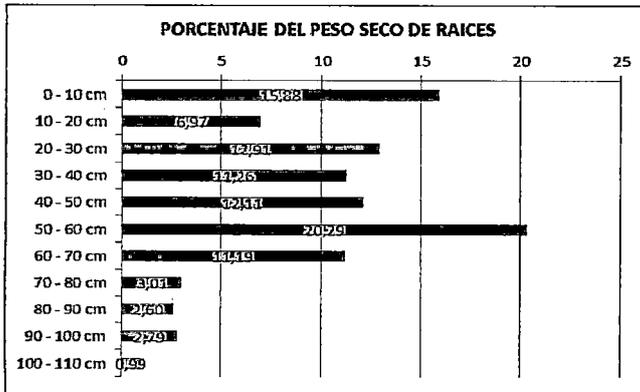
FUENTE: Elaboración propia.



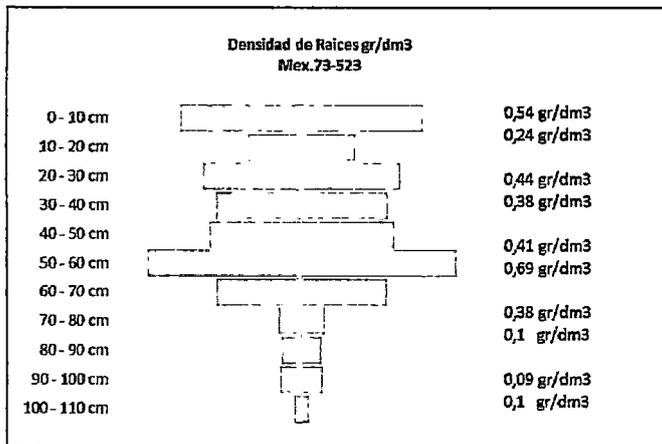
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: CANAVAL (RIEGO POR GOTEO)

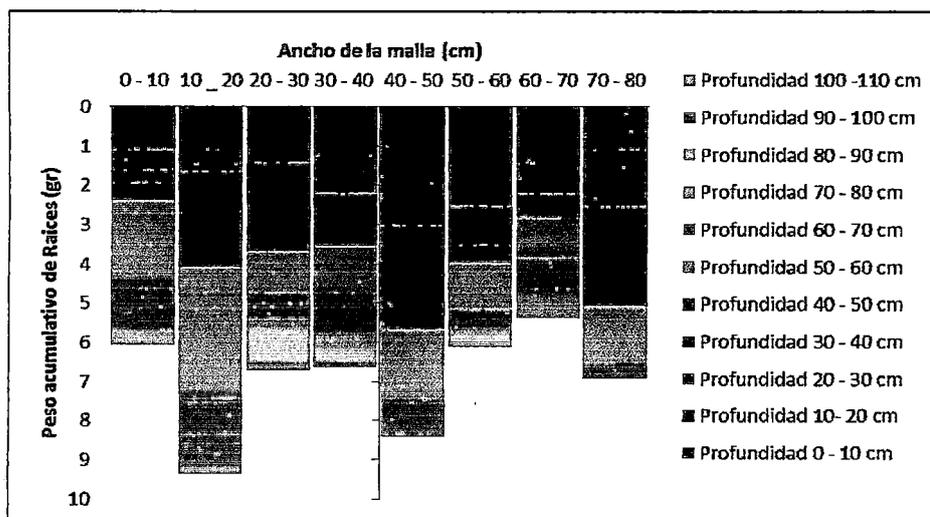
EVALUACION VI



FUENTE: Elaboración propia.



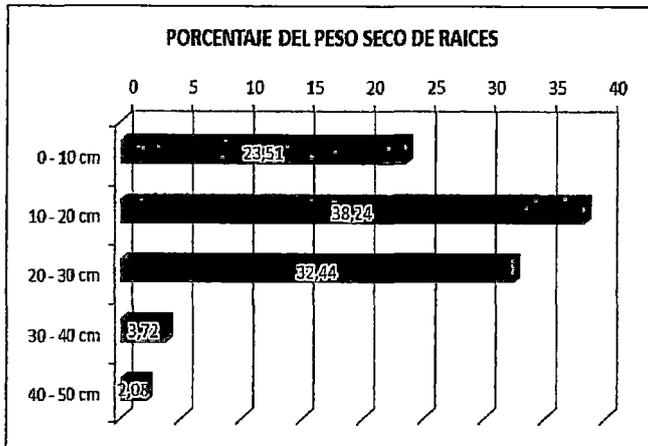
FUENTE: Elaboración propia.



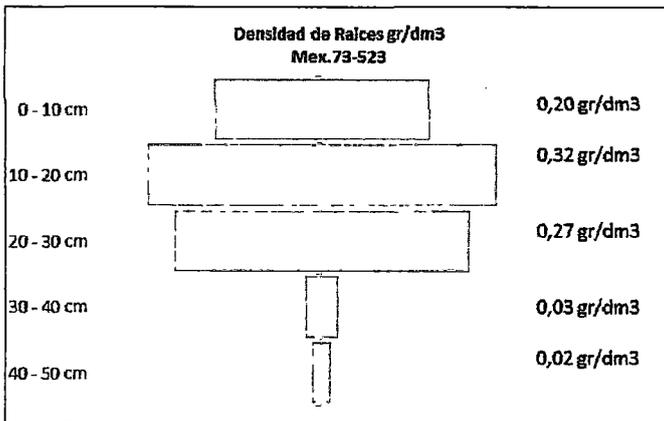
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: PORVENIR (RIEGO POR GRAVEDAD)

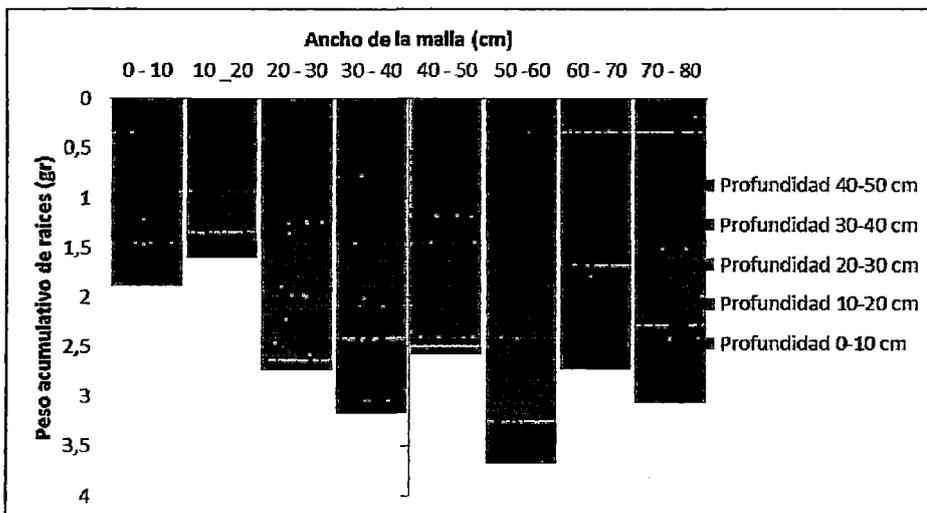
EVALUACION I



FUENTE: Elaboración propia.



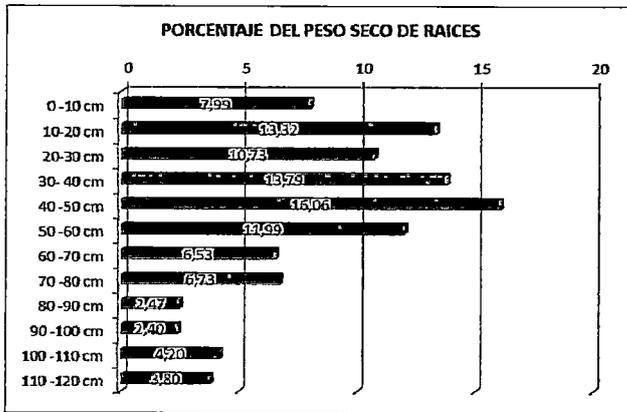
FUENTE: Elaboración propia.



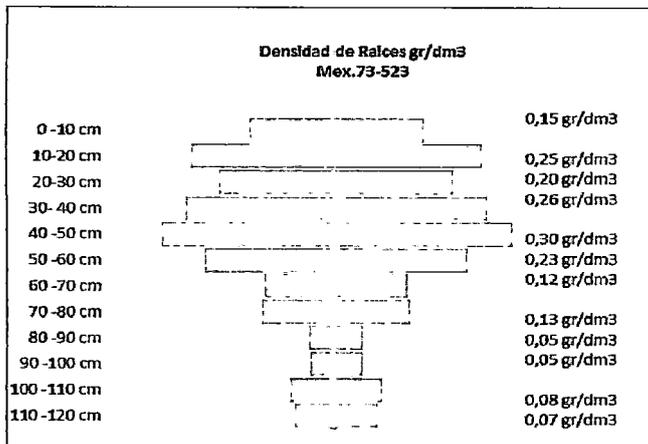
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: PORVENIR (RIEGO POR GRAVEDAD)

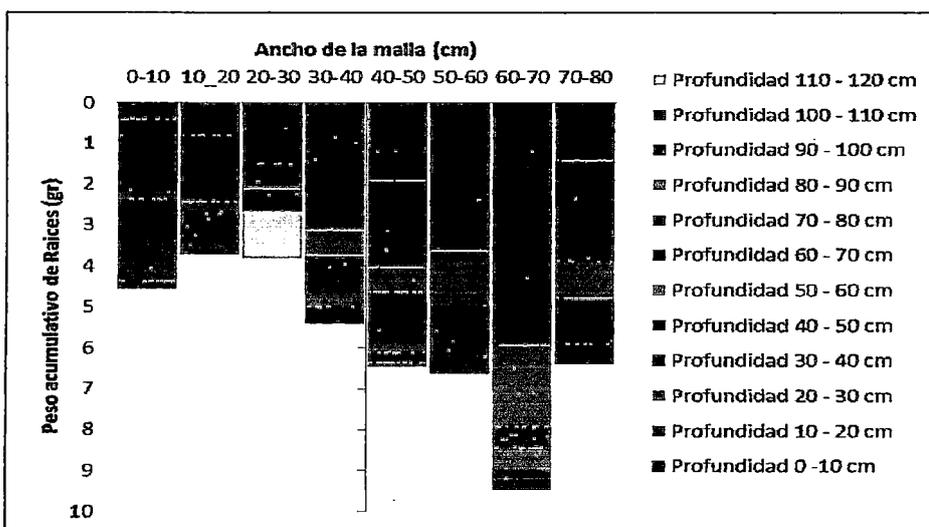
EVALUACION II



FUENTE: Elaboración propia.



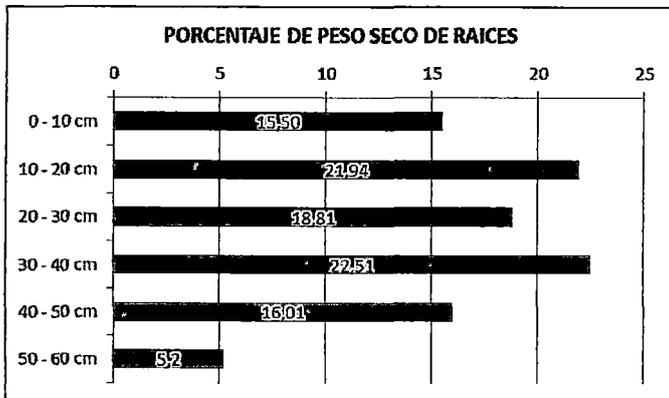
FUENTE: Elaboración propia.



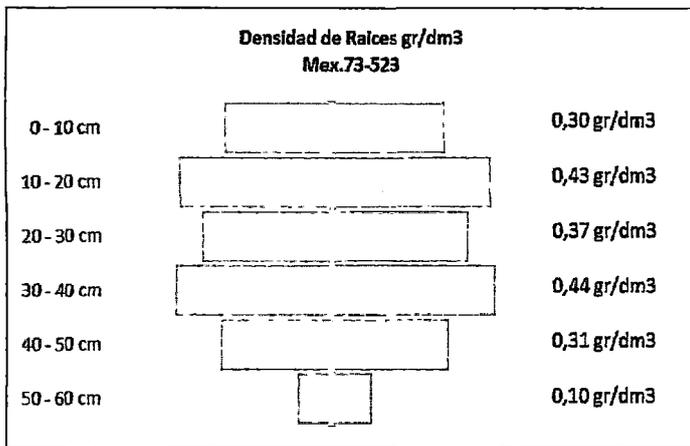
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: PORVENIR (RIEGO POR GRAVEDAD)

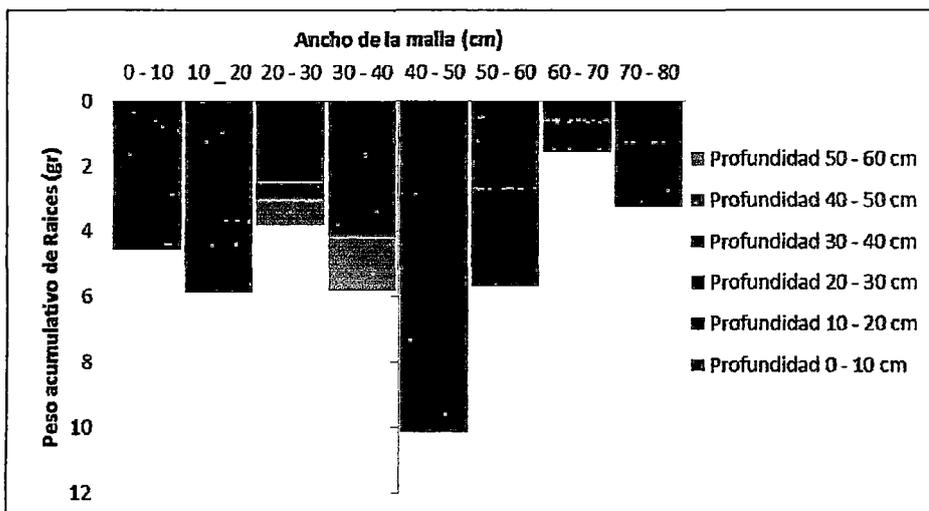
EVALUACION III



FUENTE: Elaboración propia.



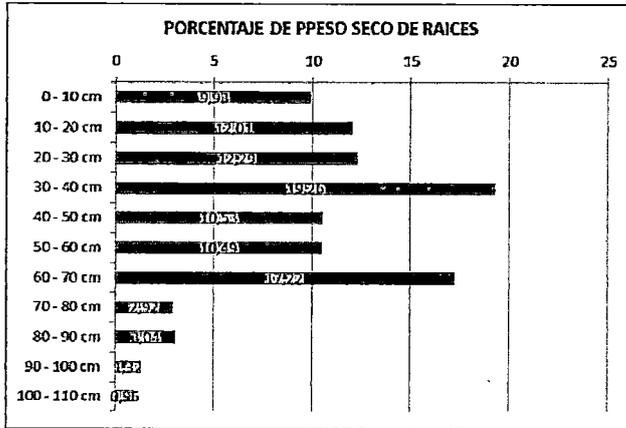
FUENTE: Elaboración propia.



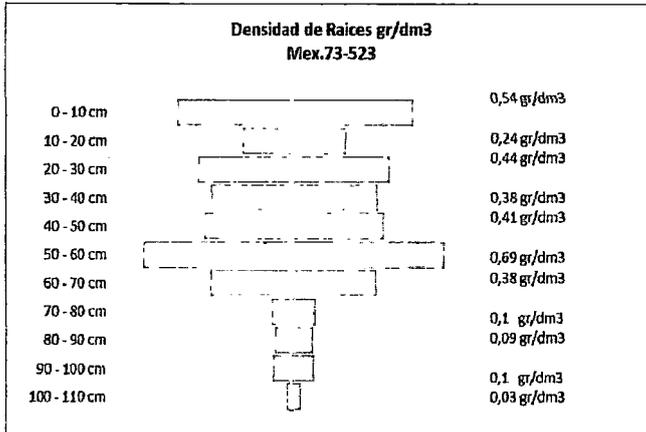
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: PORVENIR (RIEGO POR GRAVEDAD)

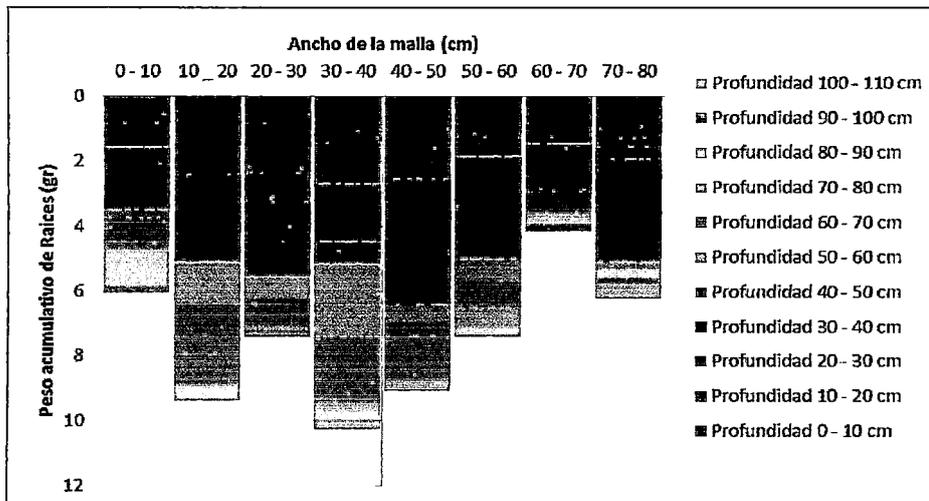
EVALUACION IV



FUENTE: Elaboración propia.



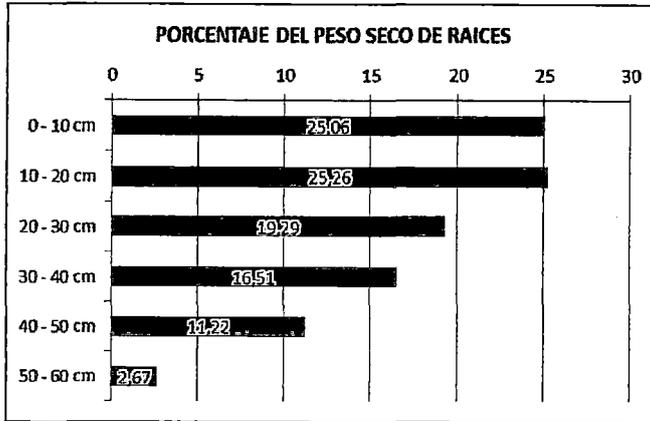
FUENTE: Elaboración propia.



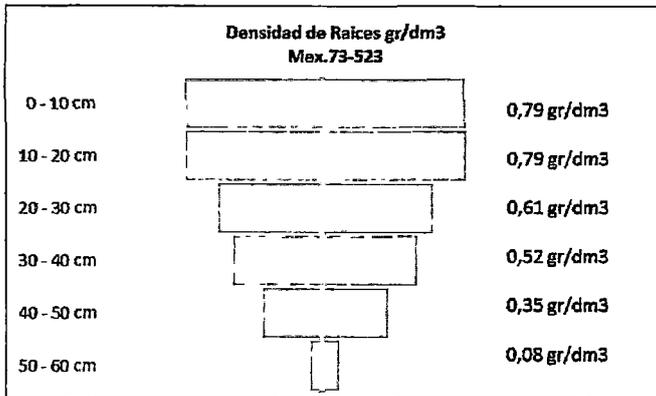
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: PORVENIR (RIEGO POR GRAVEDAD)

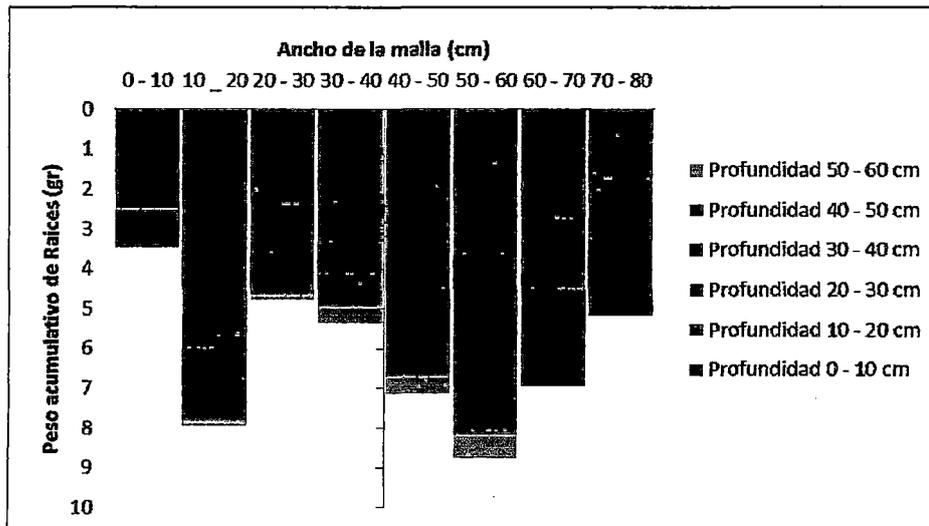
EVALUACION V



FUENTE: Elaboración propia.



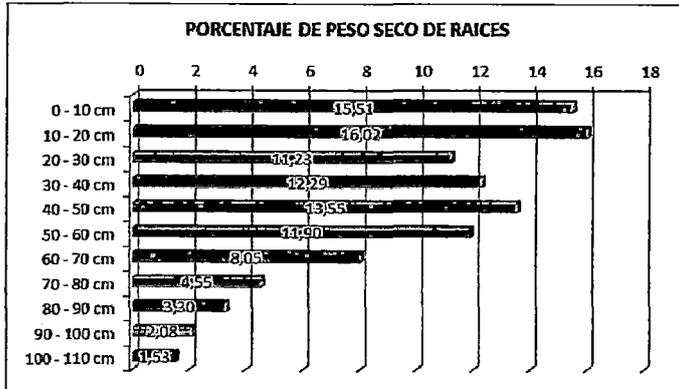
FUENTE: Elaboración propia.



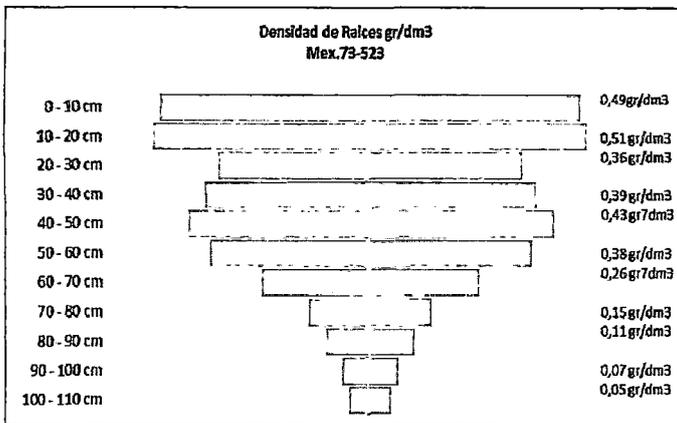
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: PORVENIR (RIEGO POR GRAVEDAD)

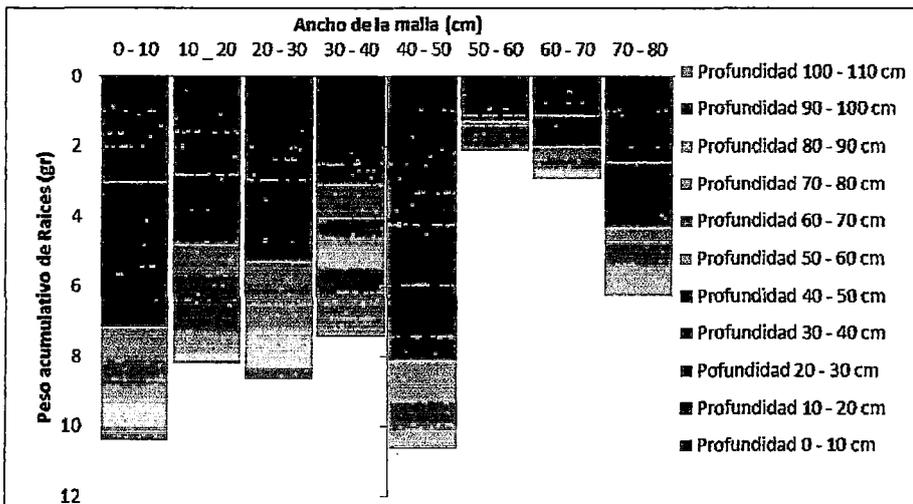
EVALUACION VI



FUENTE: Elaboración propia.



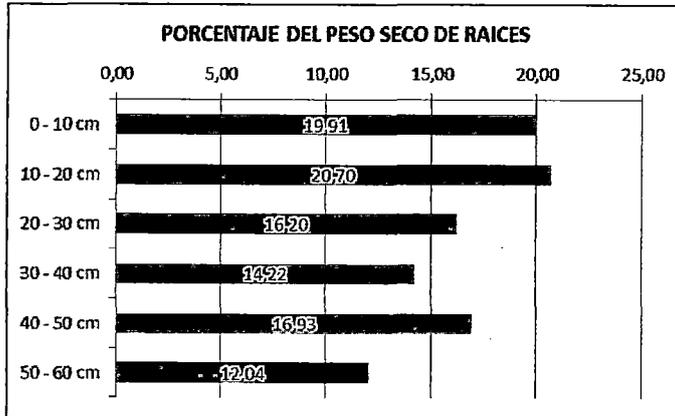
FUENTE: Elaboración propia.



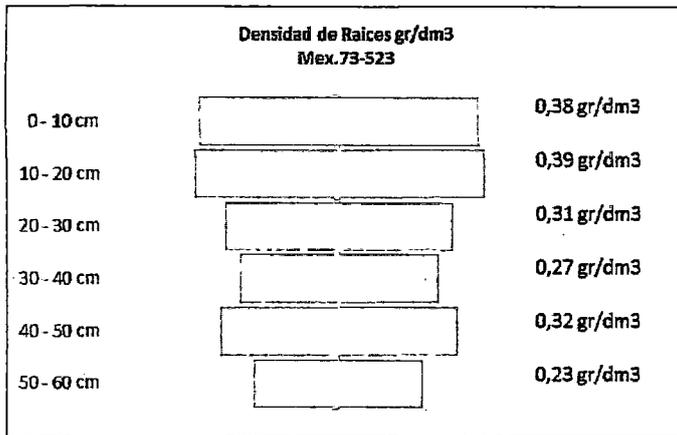
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ALAMEDA (RIEGO POR GRAVEDAD)

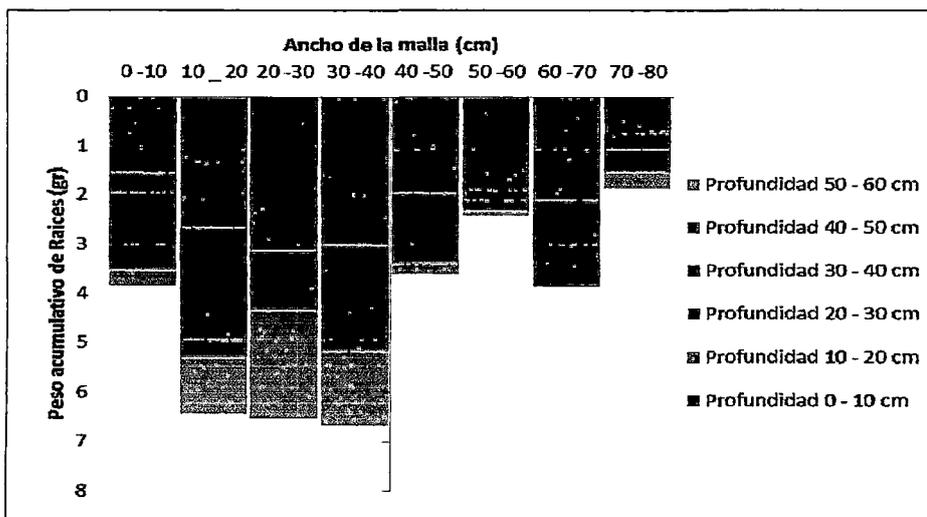
EVALUACION I



FUENTE: Elaboración propia.



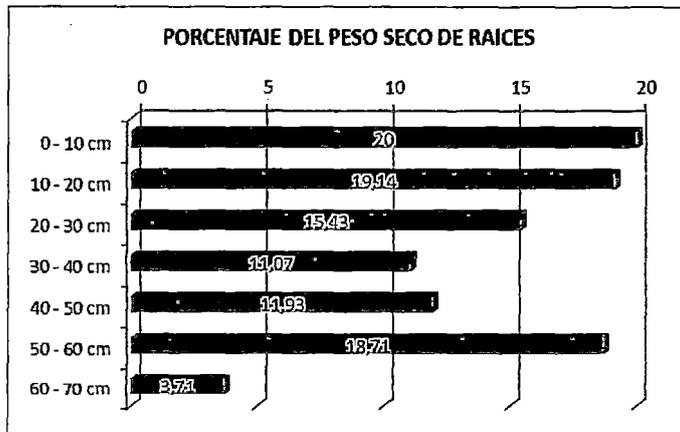
FUENTE: Elaboración propia.



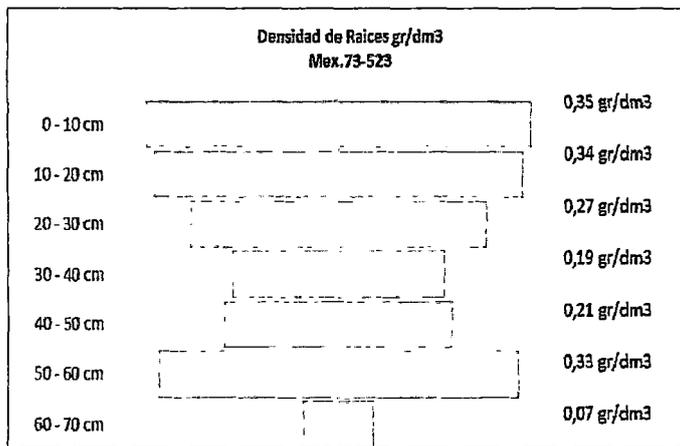
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ALAMEDA (RIEGO POR GRAVEDAD)

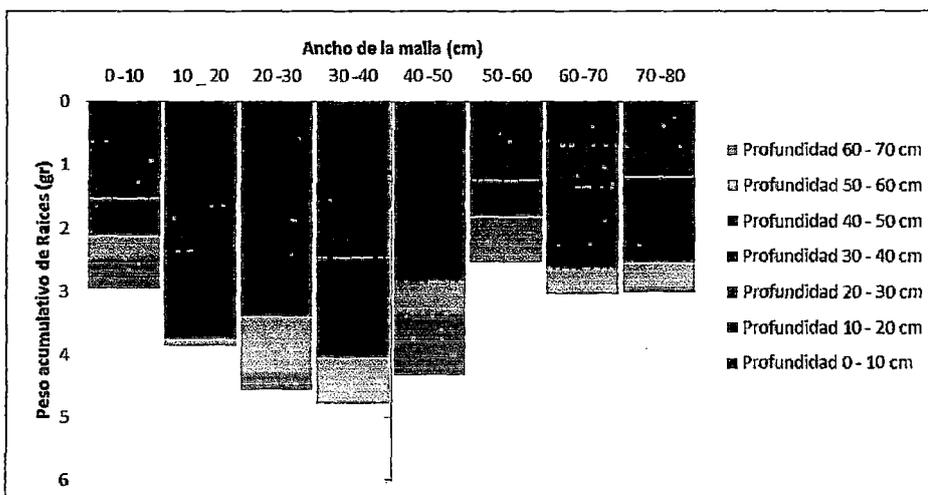
EVALUACION II



FUENTE: Elaboración propia.



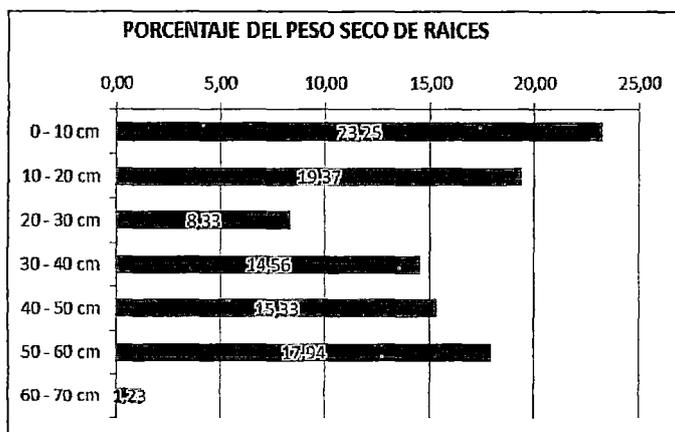
FUENTE: Elaboración propia.



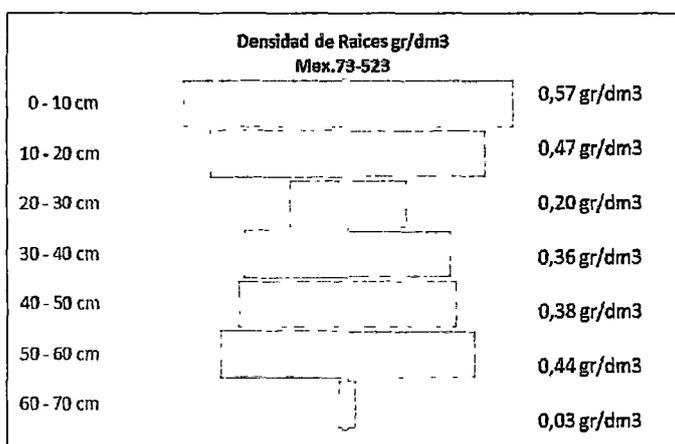
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ALAMEDA (RIEGO POR GRAVEDAD)

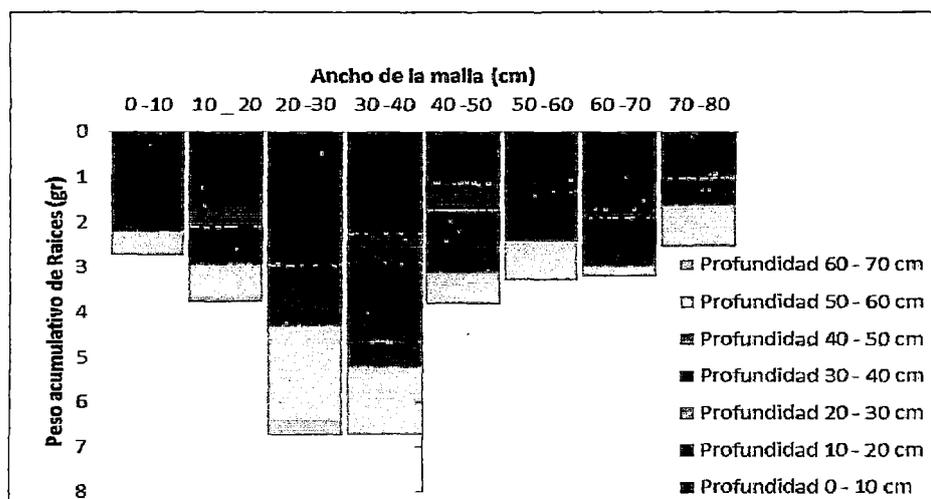
EVALUACION III



FUENTE: Elaboración propia.



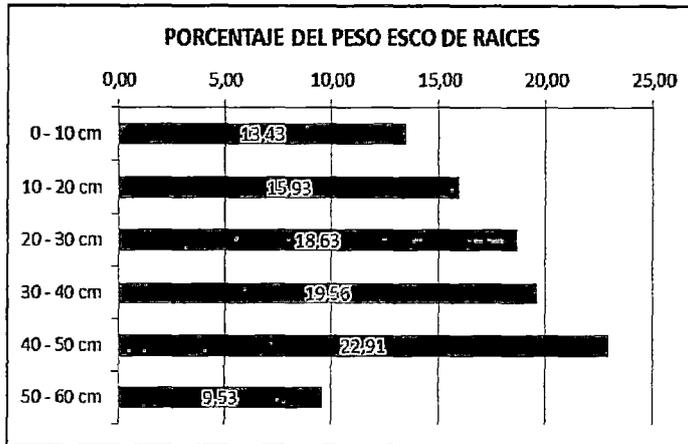
FUENTE: Elaboración propia.



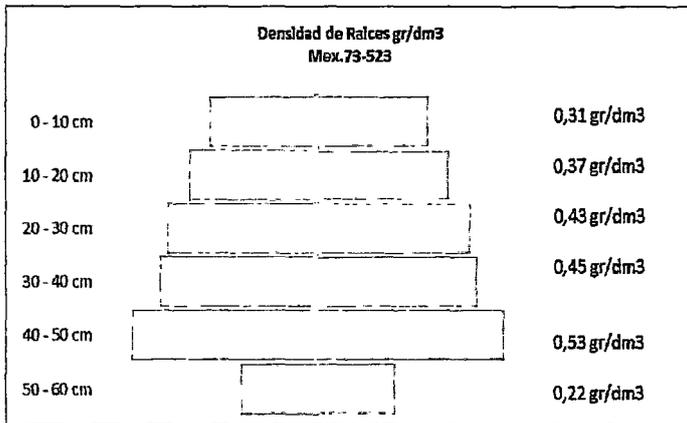
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ALAMEDA (RIEGO POR GRAVEDAD)

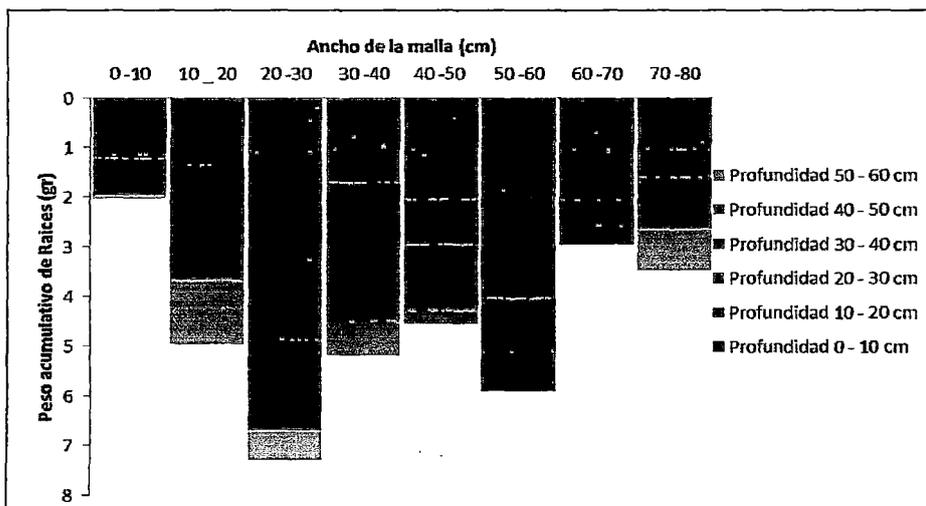
EVALUACION IV



FUENTE: Elaboración propia.



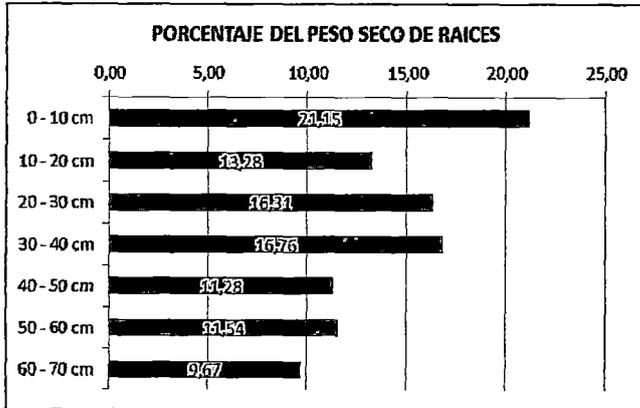
FUENTE: Elaboración propia.



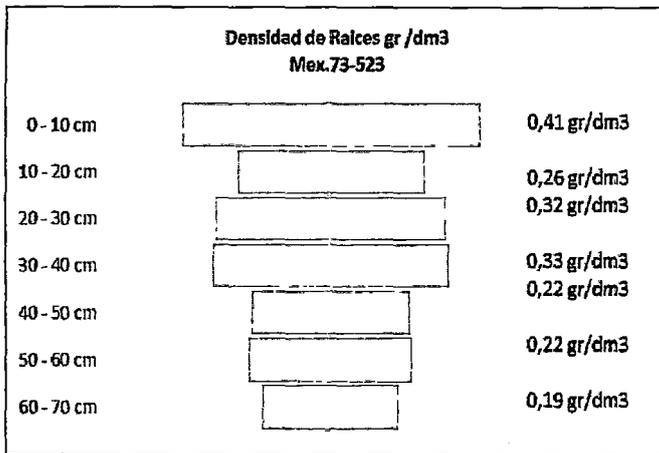
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ALAMEDA (RIEGO POR GRAVEDAD)

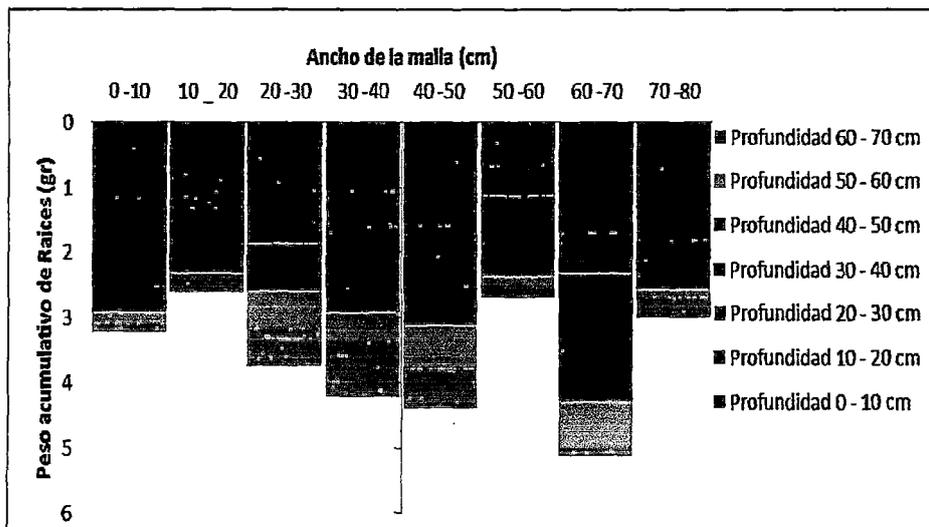
EVALUACION V



FUENTE: Elaboración propia.



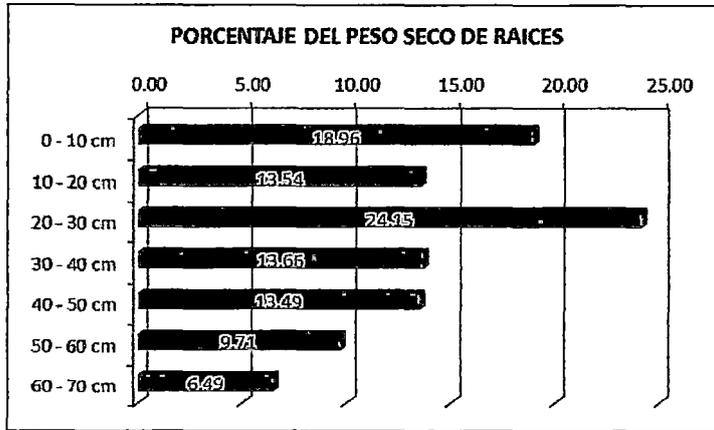
FUENTE: Elaboración propia.



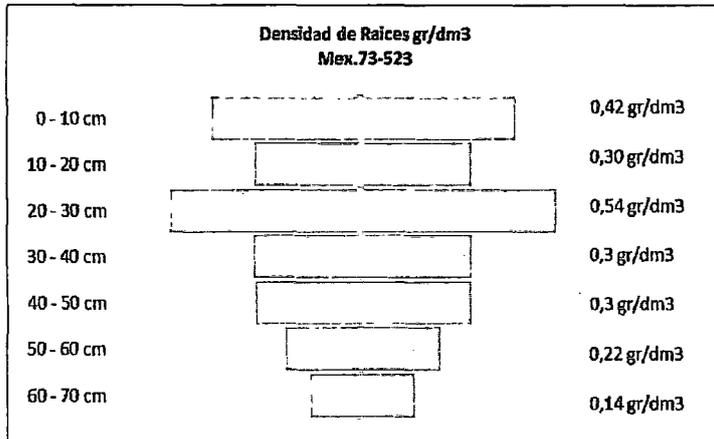
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ALAMEDA (RIEGO POR GRAVEDAD)

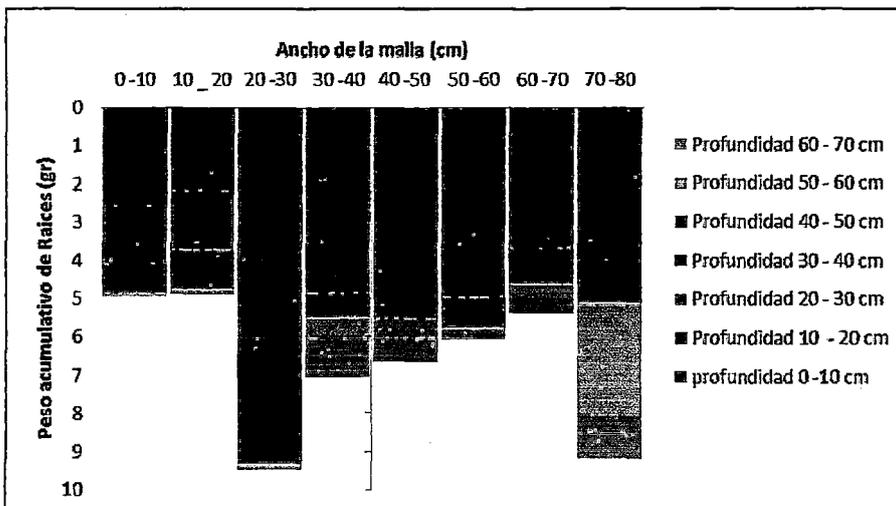
EVALUACION VI



FUENTE: Elaboración propia.



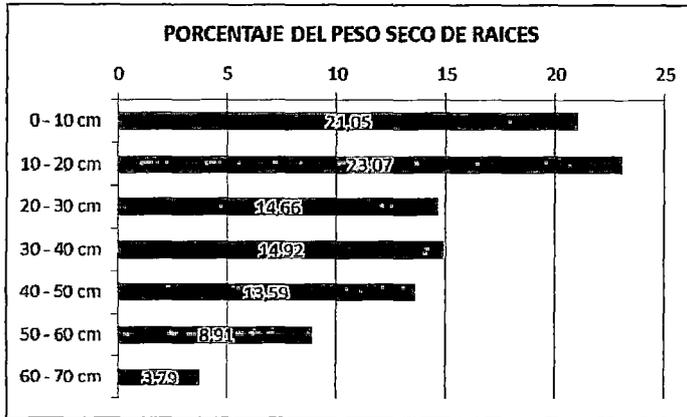
FUENTE: Elaboración propia.



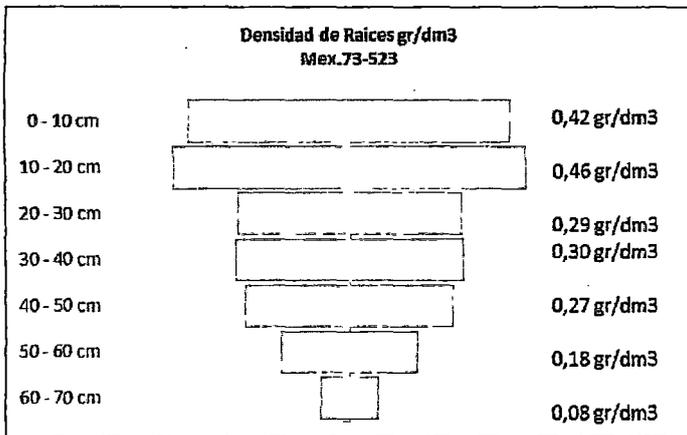
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ESTACADA (RIEGO POR GRAVEDAD)

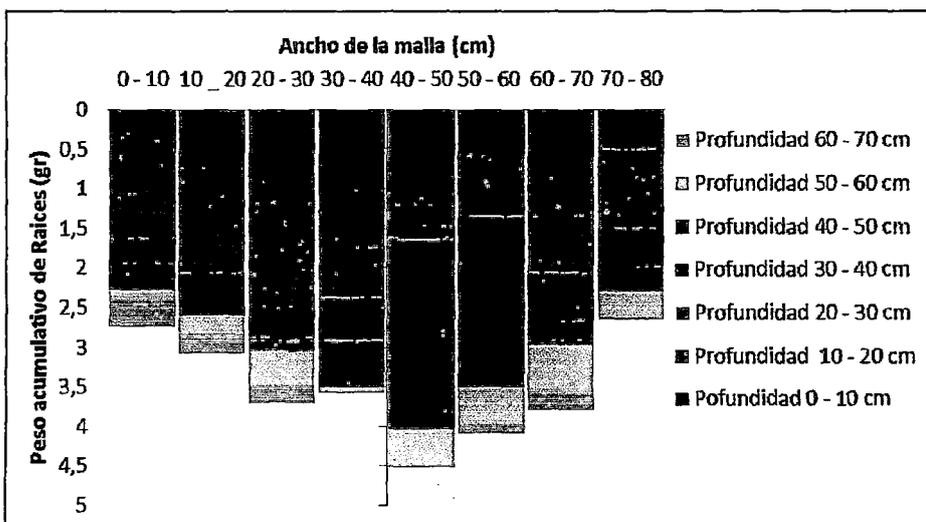
EVALUACION I



FUENTE: Elaboración propia.



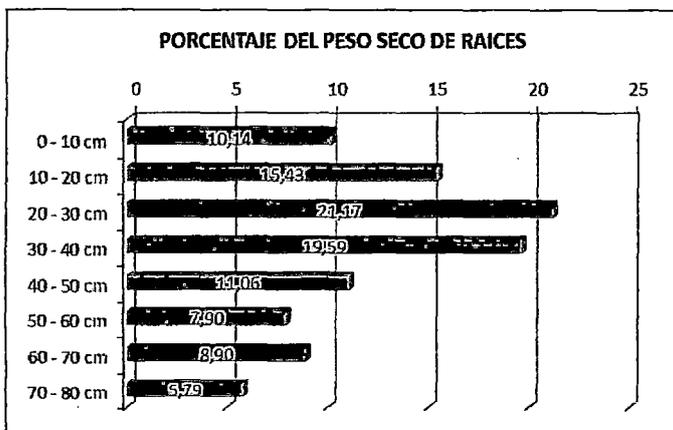
FUENTE: Elaboración propia.



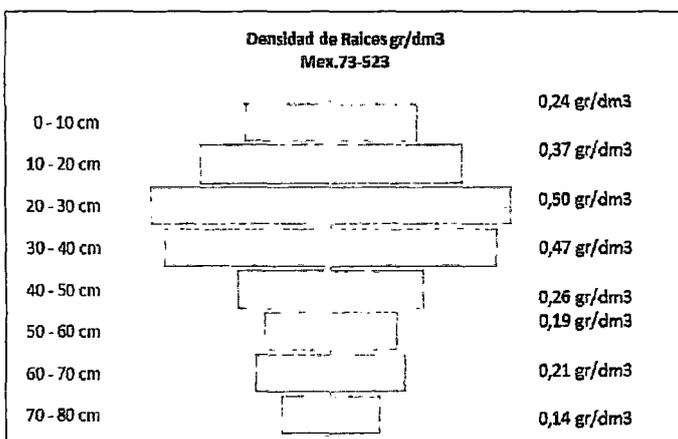
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ESTACADA (RIEGO POR GRAVEDAD)

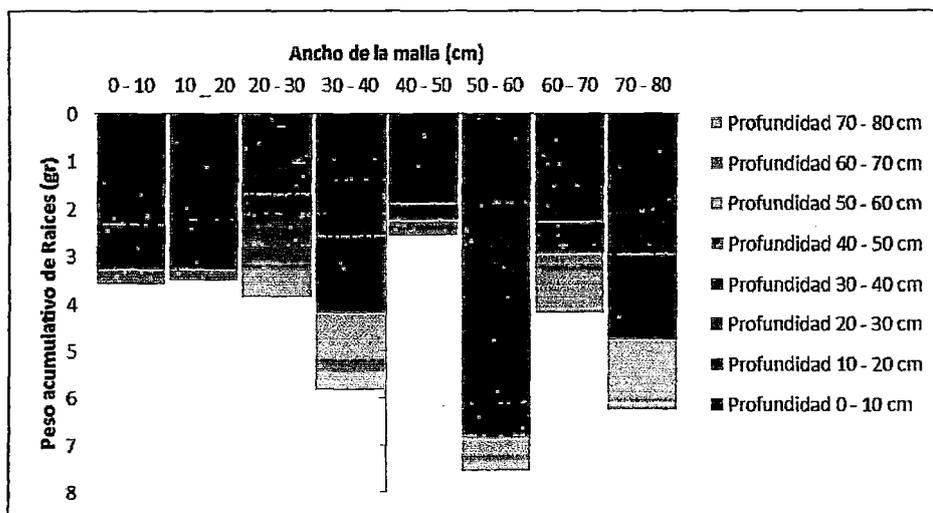
EVALUACION II



FUENTE: Elaboración propia.



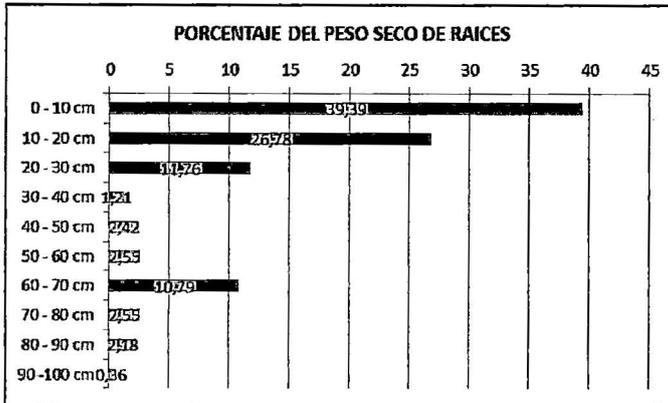
FUENTE: Elaboración propia.



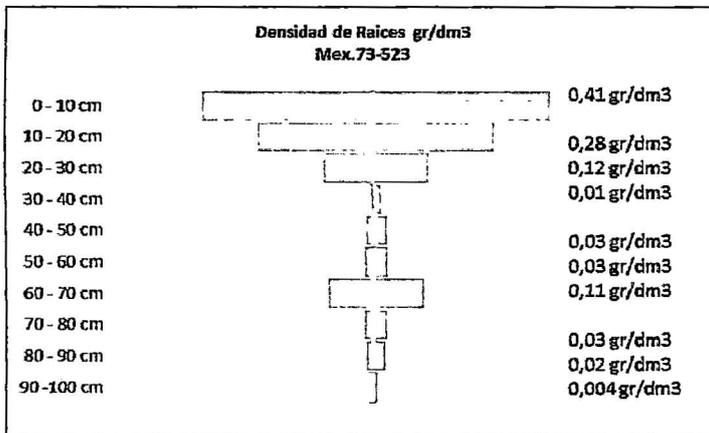
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ESTACADA (RIEGO POR GRAVEDAD)

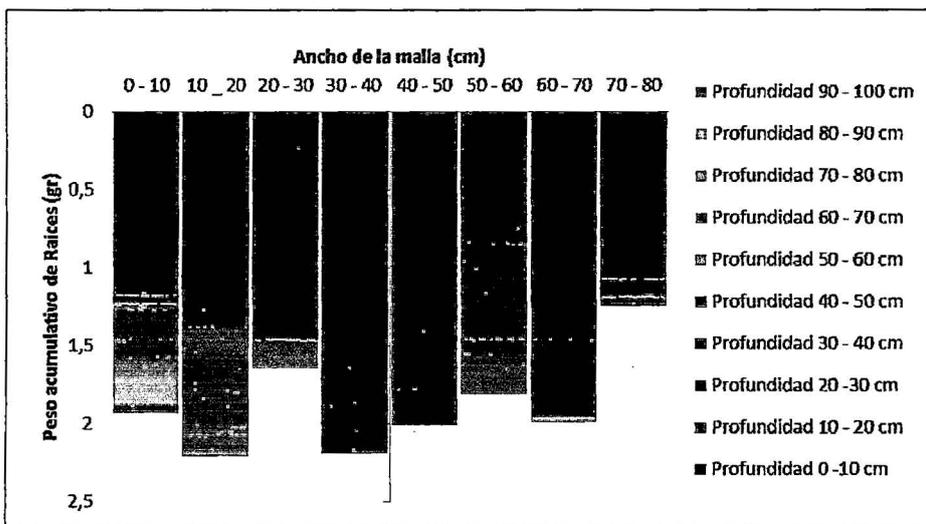
EVALUACION III



FUENTE: Elaboración propia.



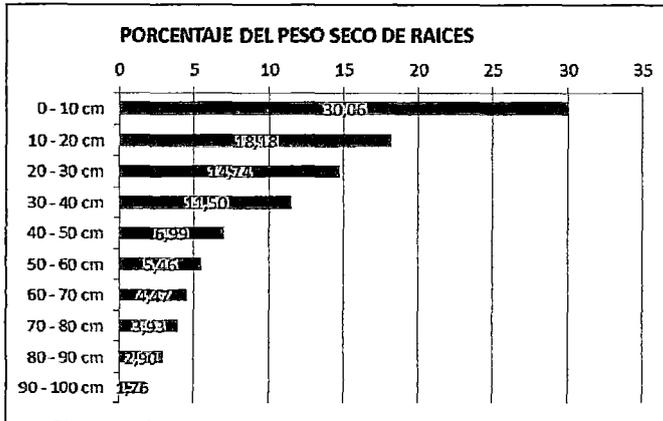
FUENTE: Elaboración propia.



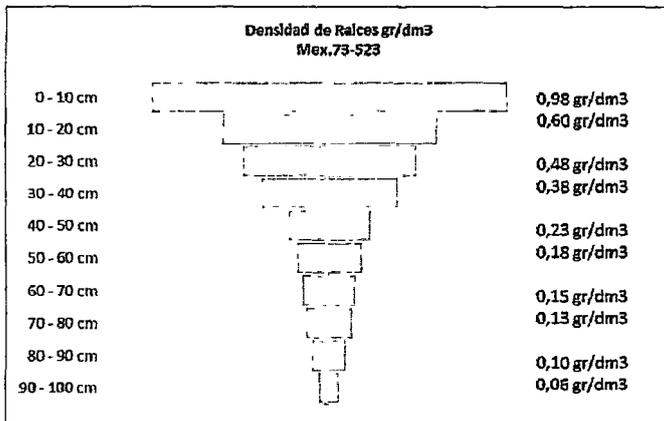
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ESTACADA (RIEGO POR GRAVEDAD)

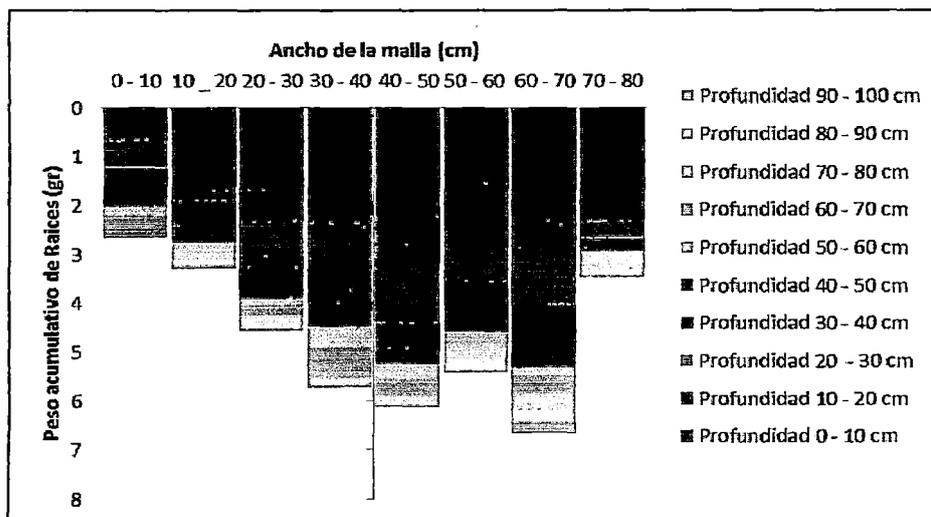
EVALUACION IV



FUENTE: Elaboración propia.



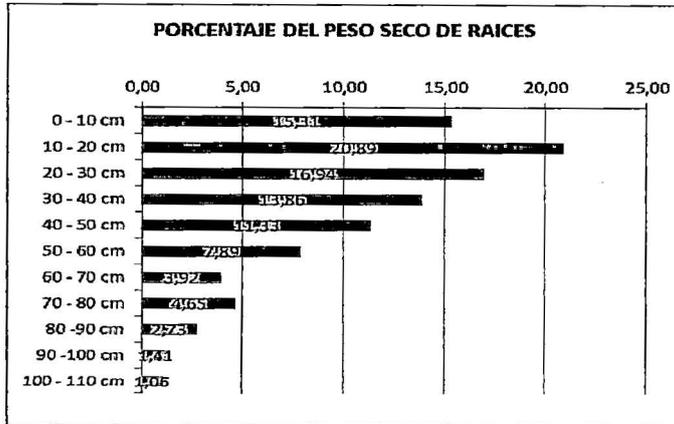
FUENTE: Elaboración propia.



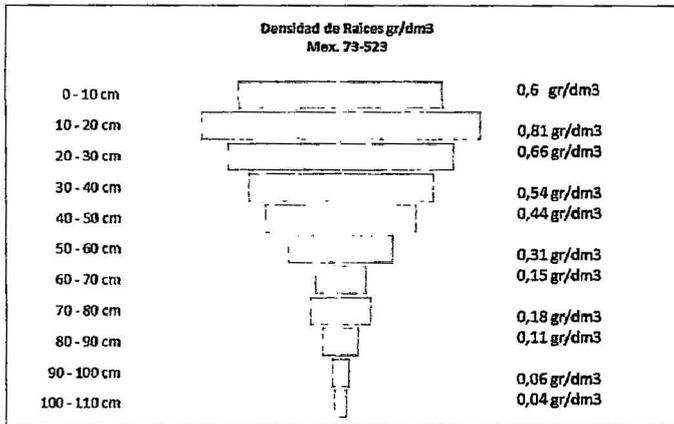
FUENTE: Elaboración propia.

CAMPO: ESTACADA (RIEGO POR GRAVEDAD)

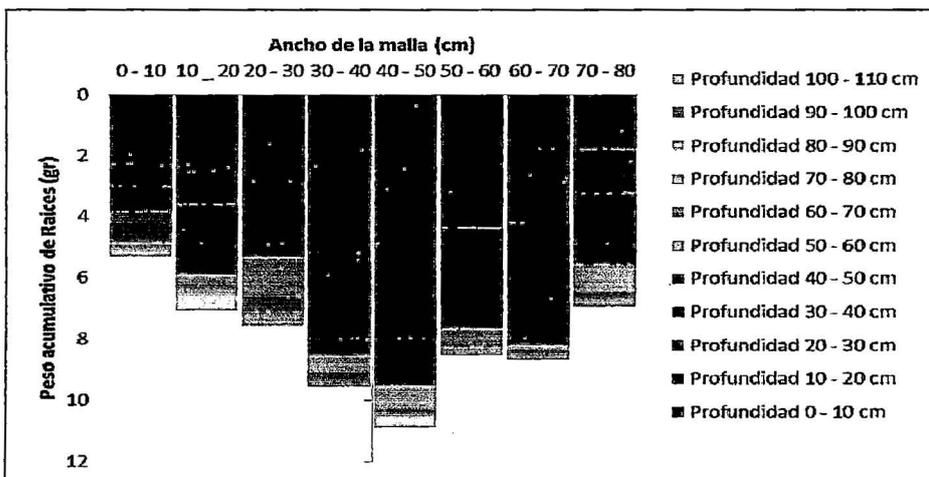
EVALUACION V



FUENTE: Elaboración propia.



FUENTE: Elaboración propia.



FUENTE: Elaboración propia.

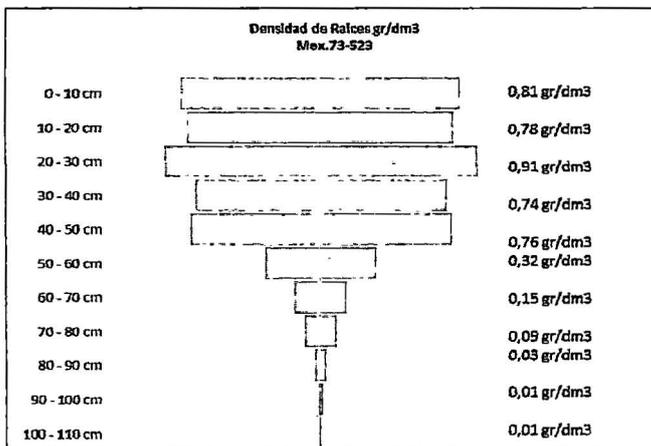
43615

CAMPO: ESTACADA (RIEGO POR GRAVEDAD)

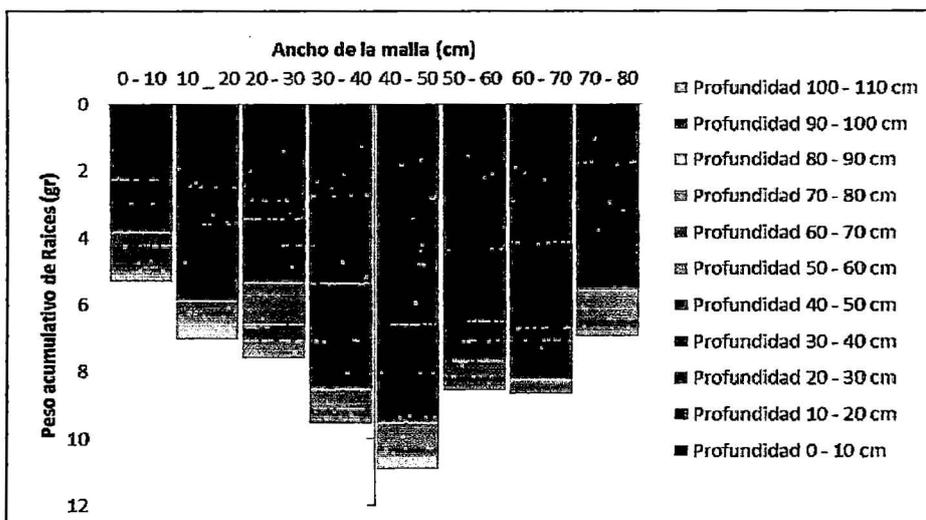
EVALUACION VI



FUENTE: Elaboración propia.



FUENTE: Elaboración propia.



FUENTE: Elaboración propia.