U N I V E R S I D A D C A T O L I C A D E V A L P A R A I S O
E S C U E L A D E A G R O N O M I A

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO RELACIONADAS CON EL RIEGO EN SIETE HUERTOS DE PALTOS DEL PIEDMONT EN LA ZONA DE QUILLOTA

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

JEAN A. BOUDEGUER QUESADA

Profesor Guía: Dr. Luis A. Gurovich R.

Quillota - 1976

INDICE

		Página
I	INTRODUCCION	1
II	MATERIALES Y METODOS	11
	1. Ubicación de las parcelas del estudio y características de cada huerto	11
	2. Análisis Físico del Suelo	13
	a) Análisis Granulométrico	13
	b) Densidad Aparente	14
	c) Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente	15
	d) Determinación del contenido de agua en las muestras de suelo	15
	e) Velocidad de Infiltración	15
III	RESULTADOS Y DISCUSION	17
	1. Humedad Aprovechable	17
	2. Estado Energético del agua en el suelo	20
	a) Tensión del agua del suelo antes de cada riego	21
	b) Agua disponible para las plantas antes de cada riego	27
	c) Exceso o déficit de agua en el suelo antes de cada riego	31
	d) Conclusiones con respecto a los riegos	33
	3. Stress Hídrico	44
	4. Uso Consumo	51
	a) Uso consumo del agua en paltos para las condiciones medidas	51
	b) Uso consumo mensual y de interacción entre el contenido de agua en el suelo, succión y velocidad de transpiración.	55
	5. Infiltración	61
IV	CONCLUSIONES	71
V	RESUMEN	73
	Summary	75
VI	BIBLIOGRAFIA	77

I INTRODUCCION

El palto, Persea americana, Mill, es un frutal de hoja persistente, que de acuerdo con Schoonover (1950), es afectado diferencialmente en su rendimiento por cinco prácticas de manejo, basadas en el hecho que el suelo es un reservorio de agua potencialmente aprovechable por las plantas y cumple la función de entregar a éstas los nutrientes minerales necesarios para el desarrollo vegetativo y reproductivo. Estas cinco prácticas son: riego y drenaje, fertilización, cubierta vegetal o malezas y labores.

Moore (1951) afirma que es posible conseguir un cierto desarrollo del palto sin aplicar fertilizantes y pesticidas, siendo el riego y el manejo de las aguas en general la práctica fundamental en la obtención del rendimiento potencial del cultivo.

Zentmyer (1950 y 1952) y Goodall (1962), reportan que uno de los principales problemas fitosanitarios del palto es el ataque del hongo Phytophthora cinnamomi, enfermedad conocida en Chile como "tristeza del palto". Este hongo produce un debilitamiento y/o muerte de los árboles; su ataque se presenta en forma muy rápida y aguda cuando se encuentran las siguientes condiciones relacionadas con el agua del suelo: drenaje deficiente, producto de la presencia de estratas impermeables o deexcesivo contenido de arcilla en el suelo.

Este debilitamiento o declinación y posterior muerte de los árboles se debe a una destrucción del sistema radicular del palto, causada por el hongo.

El ataque se ve favorecido al encontrar árboles debilitados, ya sea por falta de oxigeno en la zona radicular, condición a la cual es muy sensible el palto, o a cualquier otra causa.

En general, todos los investigadores concluyen que el manejo del agua en un huerto de palto es la práctica, más importante, para asegurar rendimientos económicos (Richards, 1950; Schoonover, 1950; Trask, 1950 y 1951; Moore, 1951).

Según Gustafson (1958), cada huerto representa una situación específica y el sistema de riego, así como sus frecuencias, deben ser adoptadas luego de estudiar las condiciones físicas del suelo, distribución de raices y otros aspectos que hacen variar esta práctica. Este mismo autor (1973), afirma que el palto puede desarrollarse en una amplia gama de suelos, pero que en suelos franco limosos es donde alcanza su mejor desarrollo y producción.

Moore (1951), señala que el palto posee raíces superficiales; en suelos profundos el mayor porcentaje de éstas se encuentra entre los 60 y 90 cm., pero en suelos delgados, sus raíces se confinan a los primeros 30 cm. En este último caso se debe conocer muy exactamente los volúmenes de agua a aplicar, así como sus frecuencias, ya que con excesos de agua se produce por una parte un gran lavado de nutrientes y también un estado de saturación del suelo, que impide una buena oxigenación; y en el caso inverso, es decir, en condiciones de déficit de agua, los primeros centímetros del perfil se ven muy afectados por la evaporación y consumo por parte de las malezas, lo que repercute directamente en la disponibilidad de agua para las raíces del palto.

Se puede estimar que la distribución normal de raíces en un suelo franco, moderadamente profundo y sin problemas de drenaje es de un cuarenta por ciento para los 30 cm. superficiales, 30% para los 30 cm. siguientes y un 30% para los últimos 60 cm.; de ésto se desprendeque el porcentaje de raíces bajo un metro de profundidad, en el caso del palto es relativamente escaso.

El agua del suelo forma parte de un sistema dinámico. El agua que infiltra en un perfil de suelo, gracias a las relaciones energéticas del sistema, es retenida y queda al alcance de las plantas para su posterior aprovechamiento, o se pierde por drenaje bajo la zona radicular.

El estado energético del agua del suelo depende de las características físicas de éste, especialmente de las propiedades termodinámicas del agua en su relación con la superficie de las

partículas de arcilla. Un indicador de este estado energéti la tensión del agua del suelo (Gornat y Goldberg, 1975). Es este estado representa la energía con que está retenida el a las partículas de suelo. Si el contenido de ésta es alto, l gía con que está retenida el agua es relativamente pequeña; da que el suelo se va secando, ya sea por evaporación desde perficie o por absorción del agua por parte de las raíces de plantas, la fuerza con que está retenida el agua remanente v mentando.

El rango de humedad aprovechable por las plantas según el estado energético del agua y las condiciones de dem evaporativa de la atmósfera (Kramer, 1973). Se acepta como bares de tensión-capacidad de campo- y 15 bares - punto de m tez permanente - el rango de la humedad aprovechable por las tas; entre estos dos extremos se encuentra entonces la "hume aprovechable"; los contenidos de agua correspondientes a cap de campo y punto de marchitez permanente son muy dispares pa pos diferentes de suelo (Veihmyer y Henrickson, 1960).

Cuando hay un alto contenido de agua en el suelo pacidad de campo por ejemplo - las plantas necesitan emplear pequeña cantidad de energía para absorver el agua del suelo, cuando este contenido de agua es bajo - en el caso de un sue está secando por ejemplo - las plantas deben emplear mucha e a expensas de su desarrollo y rendimiento (Russell, 1950).

El valor de retención del agua del suelo bajo el las plantas comienzan a disminuir su desarrollo y rendimient ra lograr absorver el agua del suelo, ha sido estudiado por investigadores, para muchas especies vegetales y condiciones manda atmosférica (Gornat y Goldberg, 1975).

Hasta hace algunas decenas de años se estimó que

contenido en el suelo equivale a un 50% de la humedad aprovechable, sin considerar específicamente al cultivo, el suelo y a la demanda evaporativa.

Con respecto a ésto, Kramer (1975) señala que la tensión hídrica o déficit hídrico de la planta se produce cuando la velocidad de pérdida de agua excede a la velocidad de absorción de ésta. Se producen déficits temporales de agua a mediodía en plantas que transpiran rápidamente, porque la resistencia al movimiento del agua a través de las raíces causa que la velocidad de absorción se hagæ menos respecto a la velocidad de transpiración, aunque el suelo esté húmedo. Déficits hídricos a largo plazo y más graves se producen cuando el potencial hídrico y la conductivilidad hidráulica decrecientes del suelo causan una absorción reducida de agua.

Así los ciclos diarios de tensión hídrica están directamente controlados por la transpiración e indirectamente por el contenido de agua del suelo, pero déficits hídricos graves a largo plazo se producen sobretodo porque la disponibilidad de agua en la totalidad de la masa del suelo disminuye.

La tensión hídrica afecta prácticamente a cada uno de los aspectos del crecimiento de la planta, modificando la anatomía, la morfología y la bioquímica de ésta. No se puede asegurar cuánta reducción del crecimiento es causada por una turgencia menguada, o cuánta por un potencial hídrico reducido del suelo. En condiciones intermedias, los déficits hídricos de mediodía reducen en cierto grado el agrandamiento celular y el alargamiento del tallo, y hay a menudo una reducción en la fotosíntesis. El agrandamiento celular reducido tiene por resultado plantas más pequeñas, hojas más gruesas y más fuertementeecutinizadas, mayor cantidad de materia seca y una proporción más grande de raíces respecto a la parte aérea. Al reducirse el contenido hídrico del suelo, los déficits hídricos en la planta se hacen más graves y disminuyen los ácidos nucleicos y con ello la división celular, se reduce la fotosíntesis y aumenta la respiración; finalmente cesan la fotosíntesis y el crecimiento.

Al aumentar la tensión, la síntesis y el traslado de reguladores del crcimiento se encuentran probablemente inhibidos, y se obstaculiza el traslado de otros compuestos, se hidrolizan los carbohidratos y las proteínas y a menudo hay un aumento de azúcares y compuestos nitrogenados. Finalmente la deshidratación del protoplasma se agrava tanto que las células y los tejidos empiezan a morir (Kramer, 1975).

Según Kramer, el factor básico que controla el movimiento del agua dentro de las plantas es la pérdida de agua por las hojas, lo cual produce un gradiente de potencial hídrico decreciente desde las raíces hasta las hojas; sin embargo, esta gradiente se modifica de muchas maneras. Debido a diferencias de exposición, varias partes de la zona aérea pierden agua según coeficientes distintos y constituyen diversos niveles de déficit y de potencial hídrico. Igualmente, diversas etapas de crecimiento se encuentran asociadas a diferencias en la capacidad de competir por el agua. Las hojas jóvenes y los frutos, suelen obtener agua a costa de las hojas más viejas y éstas pueden morir antes que las primeras cuando las plantas están padeciendo una grave tensión hídrica.

La distribución de la masa de agua en un suelo de textura uniforme no es siempre continuo, debido al movimiento del agua y a la acción de las raíces. En relación a ésto Black, citando a Gardner (1960) describe la succión matricial del suelo, o tensión del agua del suelo, en función de la distancia a una raiz.

En un suelo franco arenoso, si la gran masa de agua en el suelo se encuentra a cinco y diez bares - valores que caen dentro del rango de humedad aprovechable - en la superficie absorbente de la raiz, esta tensión sube a siete y casi treinta bares respectivamente. Cuando mayor es la absorción de agua, mayor será la gradiente de succión, a medida que aumenta la distancia desde la raiz.

Gardner (1960), en base a consideraciones teóricas, señala que la velocidad de absorción de agua del suelo por las plantas, es proporcional a la diferencia de succión del agua entre las

plantas y el suelo; la resistencia al movimiento de agua en las plantas existe sobretodo cuando la succión del suelo es menos de 0.6 bares, situación en la cual la conductibilidad hidráulica del agua en el suelo es alta y no es una limitante para su movimiento en el suelo, sin embargo, la resistencia al movimiento del agua en el suelo se hace importante cuando la succión sobrepasa los 0.6 bares, debido a que bajo este nivel de succión la conductibidad hidráulica ha disminuído en el suelo de manera significativa.

Sobre estos dos últimos puntos, otros autores tienen discrepancia, afirmando que estos valores límites son menores o muy superiores a 0.6 bares.

Es así como Schroeder y Wieland (1956) descubrieron el encojimiento de mediodía en diversas partes de un árbol de palto, causado por déficits hídricos debidos a la rápida transpiración. Elllos demostraron que ante una demanda evapotranspirativa alta, el tronco del palto es la parte del árbol que más se encoje durante el momento de mayor demanda, recuperando su diámetro normal durante la noche, es decir, en horas en que la demanda evapotranspirativa es mínima. Este encojimiento es inferior en raíces y ramas y muy leve en el fruto.

Richards et al (1958) relacionó la tensión hídrica del suelo y el crecimiento en árboles de palto, variedad Hass, de cuatro y cinco años de edad, reportando que hay un mayor crecimiento en alturas en los árboles que se regaban cuando la succión del suelo alcanzaba a 0.5 y 1.0 bar de succión máxima del suelo, a los 30 cm. de profundidad, comparado con el tratamiento en el cual se regaba cuando la succión del suelo alcanzaba a diez bares; agrega que hay un mayor desarrollo en diámetro del tronco en el tratamiento de 0.5 bares de succión, comparado con el tratamiento uno y diez bares. También demostró que hay un 20% más de desarrollo foliar - en base a peso seco - en los árboles bajo el tratamiento de 0.5 bares de succión del suelo, comparado con el de uno y diez bares.

Otro aspecto de esta investigación demuestra que los árboles que se regaron cuando se alcanzó 0.5 bares de succión del

suelo, mantuvieron un crecimiento constante durante todo el período de crecimiento; pero en los árboles que recibieron riego cada vez que la succión del suelo alcanzó los diez bares, ocurrió un cambio en el diámetro del tronco, cesando su crecimiento e incluso disminuyendo el diámetro en el período previo a los riegos. En este tratamiento, el crecimiento total del tronco, en diámetro durante la temporada, fue un 30% inferior al tratamiento en el cual se regó al alcanzar el agua del suelo 0.5 bares de succión.

En huertos de seis años este estudio indica resultados similares, además de obtenerse más frutos y un mayor peso/fruto por árbolen el tratamiento de baja suación.

Esta investigación concluyó que para obtener mayor desarrollo foliar, mayor diámetro del tronco y una tendencia a producir más frutos y un mayor peso por fruto, la tensión del agua del suelo debe mantenerse bajo 0.5 bares a los 30 cm. de profundidad. Esta misma investigación indica que para mantener niveles óptimos de agua en el suelo, las frecuencias de riego deben ser altas, aunque los volúmenes a aplicar relativamente pequeños, ya que la humedad óptima bajo los 30 cm. se mantiene entre riegos consecutivos; después de un cierto número de riegos consecutivos, se efectúa una aplicación de un volúmen mayor de agua, con el fin de aportar la lámina de agua y volver a la capacidad de campo la estrata del suelo comprendida bajo los 30 cm.

Está ampliamente aceptado que el clima es uno de los factores más importantes en la determinación de la cantidad de agua perdida por los cultivos en el proceso de evapotranspiración. Pero además de los factores climáticos, ésta depende del tipo de cultivo y su etapa y estado de crecimiento, así como de la tensión con la que está retenida el agua en el suelo. El ambiente local, las condiciones físicas del suelo y la humedad del mismo, fertilizaciones, ataque de insectos y enfermedades, prácticas agrícolas y de riego y otros factores pueden afectar la tasa de crecimiento de un cultivo y por consecuencia, su evapotranspiración.

Según Kramer (1975), un huerto cualquiera, si tiene un abastecimiento abundante de agua, y está en condiciones de crecimiento aceptable, tendrá una evapotranspiración (o uso consumo), relativamente más importante, ya que en gran medida, esta tasa depende también de las condiciones físicas del suelo y la capacidad de la planta para absorber el agua de éste. Ante una demanda evapotranspirativa alta y un bajo nivel de agua en el suelo, los cultivos, en general, poseen estructuras y sistemas de control que impiden un mayor o menor grado su deshidratación (Kramer, 1975)

W. Marsh y C. Gustafson (1958) afirman que el uso consumo de agua del palto está influenciado por factores del suelo, como textura , estructura, profundidad del suelo y drenaje, calidad de las aguas, humedad del suelo, humedad relativa, temperatura, viento y sanidad del árbol. Según estos autores, el uso consumo varía de una zona a otra, e incluso dentro de la zona. Cita en caso de una localidad de San Diego, California, U.S.A., en donde los volúmenes aplicados a los huertos de platos durante la temporada de riego, fluctúan entre los 4.500 m^3/há. y 10.500 m^3/há., aplicados mediante riego por aspersión, cuya eficiencia es de 85% aproximadamente, es decir, una mayor eficiencia que los sistemas comunmente usados en Chile.

Según Trask (1950) el uso consumo del palto varía según el tamaño (cobertura) y edad del árbol, influyendo además la sequedad del ambiente y velocidad del viento, tipo del suelo y posición de la pendiente expuesta al sol, afirma que los volúmenes de agua usados en California varían desde 7.000 m^3/há. en zonas costeras hasta trece mil m^3/há. en zonas de valles interiores cálidos.

Richards et al. (1958) en el experimento multianual de riego en paltos descrito anteriormente, en California, afirma que para mantener niveles de 0.5 bares de succión del agua en el suelo se deben aportar 15.900 m^3/há. durante la temporada de riego; para mantener la succión del agua en el suelo en un bar, los aportes deben alcanzar los 9.300 m^3/há.; y para mantener diez bares de succión

del agua en el suelo, debe aplicarse como mínimo 6.500 m^3-há. Este es un ensayo en huertos de 8 años.

El riego en la zona de Quillota, es una práctica bastante compleja por la presencia y comportamiento de las napas freáticas; en el palto esto cobra real importancia, por su sensibilidad a los excesos de agua y falta de oxígeno radicular (Zentmyer, 1950).

Una de las zonas menos afectadas por las napas, abastecidas por el río Aconcagua, es aquella de suelos de Piedmont, con exposición oeste.

El Piedmont es un suelo originado por el proceso normal de erosión y acumulación de materiales provenientes de los cerros colindantes. Por encontrarse en una cota más elevada tiene ciertas ventajas con respecto a zonas más bajas, como ser mayor radiación - producto de su pendiente y mayor exposición solar - y una ligera protección a las heladas, ya que el aire cálido por su menor densidad tiende a desplazarse a zonas más altas.

Pero estos suelos están afectados en cierta medida por napas subterráneas. El canal Waddington, que, junto con el canal Ovalle, abastecen de agua esta zona, tiene filtraciones estimadas en cuatro metros cúbicos por segundo (C. Silva, 1975), lo que implica una saturación de los suelos adyacentes. Esto causa problemas mayores graves en algunos huertos ubicados muy cerca de ellos, quedando demostrado en una parcela de Pocochay (Huerto N° 7), en donde se ha tenido que recurrir a drenes artificiales; y en otro huerto de este estudio, en San Isidro (Huerto N° 1), en donde cierta parte del huerto se ha afectado tanto que los árboles han terminado por morir.

Esta tesis entrega información, para relacionar ciertas condiciones físicas del suelo con el manejo de las aguas de riego. Tomando como base esta información se puede concebir un modelo para adoptar un sistema de riego que permita un uso racional del agua en un determinado huerto.

Los objetivos de este trabajo son:

1.- Determinar la tensión, de agua en el suelo, al iniciar cada riego en siete huertos de paltos de diferentes edades en la zona de Piedmont de Quillota.

2.- Estimar el uso consumo de huertos de paltos de diferentes edades para la misma zona anteriormente mencionada.

3.- Determinar la lámina de reposición de agua en cada riego para los huertos estudiados.

II MATERIALES Y METODOS

Se eligieron siete huertos de paltos, variedad Fuerte, todos ubicados en suelos de Piedmont, en el faldeo Oeste de la Cordillera de la Costa y al Este de la ciudad de Quillota.

En cada uno de estos huertos se escogió una parcela de cinco árboles de frente por cinco árboles de fondo en donde se hicieron los muestreos de suelo para determinar su contenido de agua, a través de la temporada de riego, 1975/1976. Además se hizo un reconocimiento de estos suelos, con su caracterización física para el riego y se determinaron sus velocidades de infiltración.

1. Ubicación de las parcelas del estudio y características de cada huerto.

Huerto N° 1, Parcela "Villafranca"

- Ubicada a 1,5 km. al sur oeste de la Escuela de Caballería de Quillota.
- Arboles en edad de plena producción, aproximadamente 16 años.
- Distancia de plantación: 8xx 8 m.
- Estado del huerto: Está ubicado muy cerca de los canales Wadding ton y Ovalle, los cuales generan una napa subterránea cuyo nivel está a 100 cm. de profundidad durante el verano. Se realizaron relativamente pocos riegos durante la temporada (seis), pero con volúmenes de agua relativamente grandes, que contribuyen a los problemas de drenaje. Esto se traduce en una muerte de algunos árboles y mal estado de desarrollo de los árboles remanentes. El riego se reqliza por borde. Abundante cantidad de malezas perennes.

Huerto N° 2, Chacra California

- Ubicado a 500 m. al sur oeste de la Escuela de Caballería.
- Arboles en edad de plena producción, de 30 años o más.
- Distancia de plantación: 14 x 10 mt.
- Estado del huerto: Buen estado general del huerto, los árboles alcanzan su pleno desarrollo. La parte aérea cubre totalmente

- La superficie del suelo, hecho que impide el crecimiento de malezas bajo los árboles. El riego se realiza por borde. No se utiliza maquinaria agrícola para labores del suelo.

Huerto N° 3, Escuela de Agronomía

- Ubicado en la Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.
- Arboles en formación, de tres años de edad.
- Distancia de plantación: 12 x 12 mt.
- Estado del huerto: Buen estado general de los árboles. El diámetro de la copa alcanza 1.5 m. El riego se realiza por taza, abundante cantidad de malezas del tipo anual entre los árboles; la taza se mantiene libre de ellas.

Huerto N° 4, Parcela "Quiñimapu"

- Ubicado a escasa distancia al noroeste del cruce del camino Pocochay-La Palma.
- Arboles entrando en producción, de 6 años.
- Distancia de plantación: 6 x 6 mt.
- Estado del huerto: Buen estado general de los árboles. El diámetro de la copa alcanza 5.5 m. aproximadamente, existiendo un leve sombreamiento entre los árboles. El riego se realiza por borde. Buen control mecánico de malezas.

Huerto N° 5, Hijuela 1 Sur de Pocochay

- Ubicado en la parte noroeste del cruce del camino Pocochay-La Palma.
- Arboles entrando en producción, de 6 años.
- Distancia de plantación: 6 x 6 mt.
- Estado del huerto: Buen estado general de los árboles. El diámetro de la copa alcanza los 5.5 y 6.5 mt. lo que produce un marcado sombreamiento entre los árboles. El riego se realiza por surcos; buen control de la maleza.

Huerto N° 6, Reserva del fundo Santa Laura de Pocochay

- Ubicado a 1 km. al norte del cruce del camino Pocochay-Camino a la ciudad de La Cruz.

- Arboles en plena producción de 20 años aproximadamente.
- Distancia de plantación: 12 x 10 mt.
- Estado del huerto: Buen estado general de los árboles, sin problemas de sombreamiento. Muy buen control mecánicp de la maleza. El riego se realiza por borde.

Huerto N° 7, Fundo "El Cerrillo"

- Ubicado a dos km. al norte del cruce del camino Pocochay-Camino a la ciudad de La Cruz.
- Arboles en plena producción de 20 años aproximadamente.
- Distancia de plantación: 8 x 8 mt.
- Estado del huerto: Por problemas de pendiente y mal diseño del sistema de riego, el suelo ha perdido parte de su primera estrata como efecto de la erosión causada por el riego. Algunos árboles presentan amarillez por problemas causados por la napa subterránea que se encuentra a 120 cm. en verano. El huerto se encuentra muy cerca del canal Waddington, y el canal Ovalle pasa por el centro de dicho lugar. Las filtraciones de estos canales crean el problema anteriormente descrito.

Recientemente se cambió el sistema de riego y se realizó un sistema de drenajes en base de tubos enterrados, los que solucionaron en parte el problema.

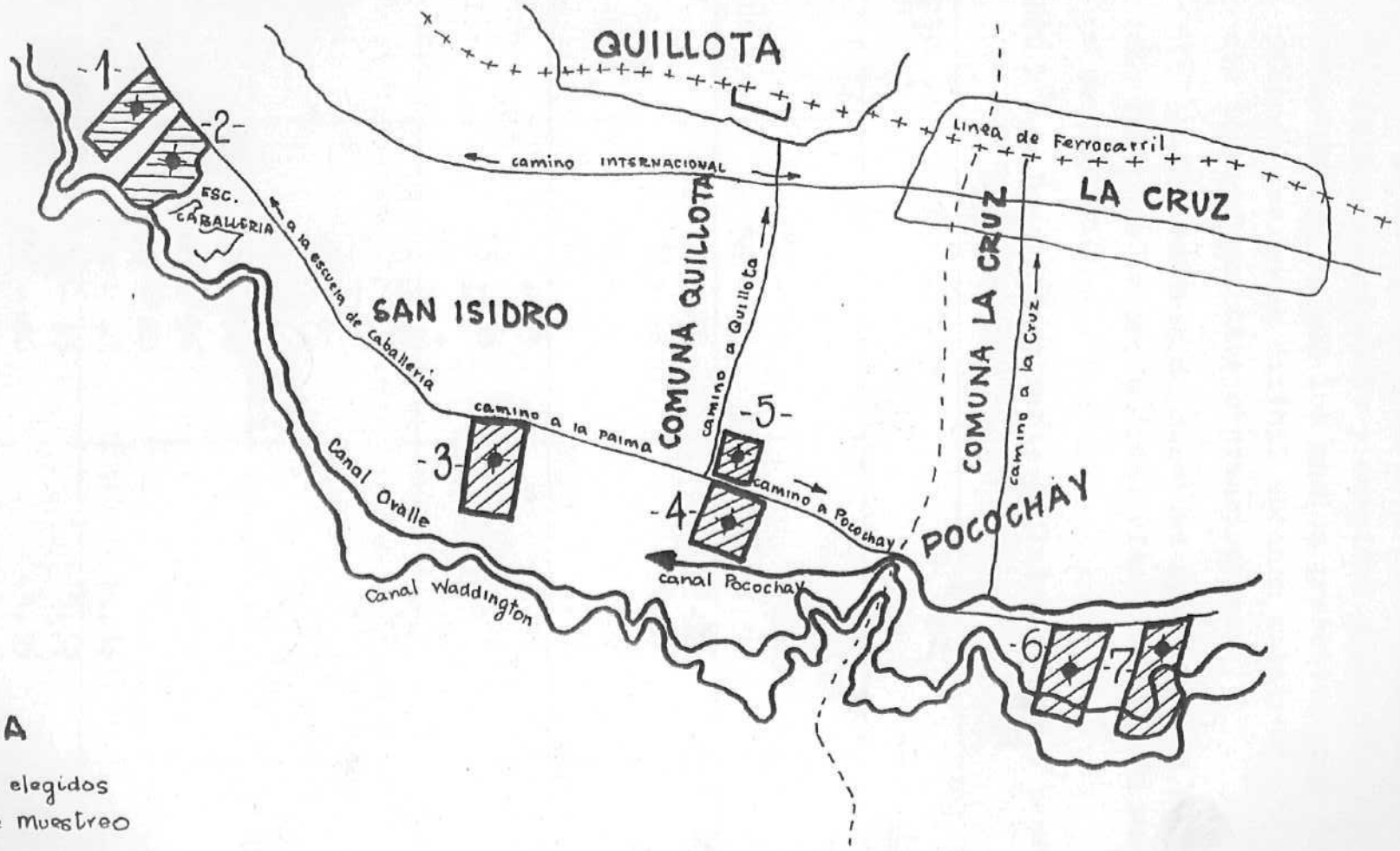
Debido a que existe una estrata de textura predominantemente arenosa a los 30 cm. en el perfil, de límite abrupto, se produce una napa colgante temporal, con el consiguiente problema con la infiltración del agua en el perfil.

La figura N° 1 muestra la ubicación geográfica de cada uno de los sitios estudiados.

2. Análisis Físico del Suelo

a) Análisis granulométrico

Se determinó por el método del hidrómetro de Bouyoucos (Black, 1965), empleando para ello las tablas de clasificación internacional.



SIMBOLOGIA

- huertos elegidos
- Sitio de muestreo
- Caminos
- Canales
- Limite Comunal
- V^a REGION

PROV. DE QUILLOTA
COMUNAS QUILLOTA Y LA CRUZ
ESC. 1:50.000

FIGURA Nº 1

b) Densidad Aparente

Se estimó de acuerdo a las tablas de Israelsen (1965), que relacionan textura y densidad aparente. Se recurrió a estas tablas ya que los suelos presentan gran cantidad de piedras que hacen difícil obtener muestras no disturbadas con los instrumentos convencionales.

Los valores de densidad aparente por estrata y promedio ($\bar{X}$) para la profundidad efectiva de cada suelo se indican a continuación.

CUADRO N°1. Densidad aparente de las estratas y densidad aparente promedio

Huerto N°	Profundidad cm.	D. Ap. gr/cm^3	D. Ap. $\bar{X}$ gr/cm^3
1	0 - 25	1.34	1.34
	25 - 58	1.35	
	58 - 85	1.34	
2	0 - 28	1.36	1.37
	28 - 56	1.37	
	56 - 84	1.39	
	84 +	1.37	
3	0 - 33	1.42	1.44
	33 - 58	1.44	
	58 +	1.47	
4	0 - 32	1.35	1.43
	32 - 59	1.58	
	59 - 79	1.40	
	79 +	1.42	
5	0 - 28	1.34	1.37
	28 - 56	1.38	
	56 - 88	1.40	
	88 +	1.36	
6	0 - 35	1.32	1.34
	35 - 60	1.35	
	60 - 110	1.37	
7	0 - 30	1.36	1.40
	30 - 52	1.58	
	52 - 88	1.33	
	88 +	1.35	

La densidad aparente de los suelos estudiados señala la cantidad de material sólido en un volúmen aparente de suelo, constituyendo una variable de los componentes principales del suelo como son los sólidos, aire y agua.

c) Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Estos valores se determinaron en laboratorio para cada estrata de los suelos, empleando muestras disturbadas, usando el método propuesto por Richards en platos de presión (Black, 1965)

Se determinaron los contenidos de agua a 0,3 y 15 bares de tensión respectivamente.

d) Determinación del contenido de agua en las muestras de suelo

Se tomaron muestras de suelo aproximadamente 24 horas antes de cada riego en tres a cinco puntos diferentes de cada parcela elegida. Se muestreó las estratas 0-30, 30-60, 60-90 y 90-120 cms. Para ello se empleó un barreno de tarro, tirabuzón y/o holandés, dependiendo de la pedregosidad y resistencia a la penetración del suelo.

Luego se determinó el contenido de agua de estas muestras por el método gravimétrico, sometiendo éstas a una temperatura de 105° C, durante 48 horas. Para el pesaje se usó una balanza analítica marca Sartorius, expresando los resultados en base a peso seco.

Se calculó las desviaciones standard para los resultados de contenido de agua para cada muestra, teniendo tres a cinco repeticiones cada una. Estas desviaciones son relativamente pequeñas, lo que indica una gran uniformidad entre las repeticiones. (Apéndice 2).

e) Velocidad de infiltración

Se determinó por el método del cilindro infiltrómetro (Tosso y Tondreau, 1975), determinando primeramente el contenido de humedad del suelo y realizándose en momentos previos al riego.

La altura de agua en el cilindro con que se comenzó la medición era de 20 cm. rellenando cuando el nivel alcanzaba los 14 cm.

La velocidad de infiltración es un proceso a través del cual el agua se mueve desde la superficie hasta penetrar en el suelo. En otros términos, es la capacidad del suelo para absorber el agua aplicada al terreno en forma natural o artificial durante el período de tiempo que dura esta aplicación. Este proceso está regido, en términos generales, por la gradiente hidráulica, porosidad del suelo y viscosidad del agua (Tosso y Tondreau, 1975).

III RESULTADOS Y DISCUSION

Se realizaron muestreos, previos a cada riego, en los huertos de paltos estudiados, ubicados en los suelos de Piedmont del área de Quillota, durante la temporada de riego 1975/1976. En las muestras obtenidas, se determinó el contenido gravimétrico de agua. Los parámetros hídricos del suelo, como CC, PMP y velocidad de infiltración, se determinaron experimentalmente.

Los resultados obtenidos de los muestreos periódicos de suelos se presentan en esta sección.

1. Humedad aprovechable

Se entiende por humedad aprovechable de un suelo a aquel volúmen de agua que puede ser almacenado en el perfil del suelo para la subsiguiente utilización por las plantas. Los valores de humedad aprovechable promedio de cada estrata del perfil, se obtienen como la diferencia entre el volúmen de agua retenido en CC y el PMP del suelo. La humedad aprovechable puede expresarse en porcentaje de agua en base a peso, porcentaje de agua en base a volúmen o en espesor de la lámina de agua, siendo esta última una expresión más gráfica (Gurovich, 1975).

El volúmen de agua aprovechable depende de las propiedades de retención de agua por el suelo; éstas son función de la textura, estructura y profundidad del perfil del suelo.

Cálculo de la humedad aprovechable

La lámina de agua almacenada por cada suelo, se obtiene de la siguiente relación:

$$h = \frac{CC - PMP}{100} \times D\,Ap. \times R \qquad \text{Ecuación N}^{o}1$$

donde:

h = lámina de agua almacenada (cm.), aprovechable por las plantas

CC = contenido de agua gravimétrica (porcentaje) para capacidad de campo

PMP = contenido de agua gravimétrica (porcentaje) para el punto de marchitez permanente

D Ap= Densidad aparente (gr/cm^3)

R = profundidad potencial de arraigamiento en determinado suelo (cm.).

Los valores de la humedad aprovechable y los parámetros empleados para su cálculo, junto a la lámina de agua almacenada por el suelo se presentan en la Tabla N°1

TABLA N°1. Valores promedio, para todo el perfil, de CC, PMP, lámina de agua almacenada (h), y volúmen de agua almacenada por hectárea, en los huertos estudiados.

Huerto N°	R (cm)	CC (%)	PMP (%)	h (cm)	V (m^3/há)
1	90	26,8	17,3	11,70	1.170
2	120	23,0	12,3	16,80	1.680
3	90	18,5	8,4	12,60	1.260
4	120	14,7	7,8	10,80	1.080
5	120	18,6	9,1	15,60	1.560
6	120	16,8	8,3	13,20	1.320
7	120	16,2	7,0	14,40	1.440

Esta Tabla señala que los suelos estudiados presentan diferencias en el volúmen de agua aprovechable.

En el caso del suelo del Huerto N°1 se estimaron los cálculos en base a 90 cm. de profundidad potencial de raíces ya que como resultado de la presencia de una napa freática, se impide un crecimiento radicular más profundo.

El Huerto N°3, por ser una plantación de tres años, la cantidad de raíces que posee bajo los 90 cm. es muy escasa. Por otra parte el área efectivamente ocupada por los árboles es significativamente menor que la de un huerto en plena producción; si se estima el diámetro de cada taza en 3.5 m., con una distancia de

plantación de 12 x 12 mt., la superficie de aprovechamiento se reduce a 666 m^2. Por lo tanto, el volúmen aprovechable real es de 84 m^3/há.

Para el caso del Huerto N°7, que también presenta una capa subterránea, se tomó, como una profundidad potencial de 120 cm., ya que ésta comenzó a ser drenada artificialmente al finalizar la investigación.

Como las distancias de plantación y estado de desarrollo de los árboles fueron diferentes en cada huerto, se ha considerado de interés calcular el volúmen de agua aprovechable por cada árbol, con fines comparativos. Estos resultados se presentan en la Tabla N°2

TABLA N°2. Volúmen de agua aprovechable por árbol.

Huerto N°	Distancia de plantación (mt)	árboles/há	%cobertura	Vol.agua aprovechable por árbol (m^3)
1	8 x 8	156	35	7,5
2	14 x 10	71	85	2,4
3	12 x 12	69	5	1,2
4	6 x 6	276	60	3,9
5	6 x 6	276	85	5,7
6	12 x 10	81	70	16,3
7	8 x 8	156	65	9,2

El volúmen de agua aprovechable por cada árbol, depende de la capacidad de retención del suelo, de la densidad de árboles y del desarrollo de éstos.

Una alta densidad de árboles y una baja capacidad de retención de agua del suelo redundan en una gran competencia, tanto de nutrientes como de agua. Por ello, la disminución del agua del suelo ocurre más rápido y se hace necesario reponer la lámina consumida en forma más contínua. Así es como los árboles entran en stress en un período menor de tiempo.

2. Estado energético del agua en el suelo

La medida del contenido de agua o humedad del suelo, aunque es esencial en muchas investigaciones de Física de Suelos y de Ingienería, no es sufmciente para dar una descripción del estado del agua del suelo. Para obtener una descripción de este tipo es necesario la evaluación del estado de energía del agua en el suelo, llamado también potencial del agua o succión.

El potencial total del agua del suelo se entiende en general como la suma del potencial matricial, generado por la matriz del suelo (partículas sólidas del suelo), del potencial osmótico, generado por los solutos y del potencial gravitacional. Este es un índice de gran utilidad para caracterizar el estado energético del agua del suelo con respecto a la disponibilidad del agua por las plantas, debido a que las raíces de éstas deben gastar mayor o menor cantidad de energía para vencer la fuerza con que el agua está retenida a las partículas de suelo. (Russell, 1959; Gurovich, 1975).

Richards, weecks y Jhonston (1958) y J. Marsh y W. Marsh (1961), comprobaron experimentalmente que el palto responde favorablemente a contenidos relativamente altos de humedad en el suelo, siempre que este contenido de agua no sobrepase la CC del suelo.

Así se establece, que en general, no debe regarse este cultivo si la tensión del agua en el suelo oscila entre los 0 y 20 centibares, pues favorece enfermedades y alteraciones fisiológicas (Marsh y Gustafson, 1962) a medida que el suelo se seca, estos valores de tensión van aumentando y se hace necesario reponer el agua del suelo consumida.

Los investigadores antes señalados recomiendan regar el palto cuando la tensión del agua en el suelo alcanza los 50 centibares a los 30 cm. de profundidad. Según Marsh y Gustafson (1962), la necesidad de riego para mantener estos niveles de agua en el suelo, parece ser más importante durante la cuaja de los frutos y durante las ondas de calor. La cuaja de la variedad Fuerte corres-

ponde en Chile a los meses de Agosto, Septiembre y Octubre. En un año normal, desde el punto de vista de las precipitaciones, en la zona de Quillota se puede encontrar un contenido de agua en el suelo correspondiente a los valores de tensión anteriormente señalados. No ocurre lo mismo para los períodos de calor, durante la primavera y el verano, ya que no hay normalmente precipitaciones y debe reponerse el agua del suelo artificialmente a través del riego.

Estos investigadores indican que durante el período que dura el riego, la saturación, es decir valor de tensión entre 0 y 5 centibares, se mantiene sólo por algunas horas, dependiendo ésto del suelo, su velocidad de infiltración y el caudal utilizado; esta saturación debe durar el menor tiempo posible pues favorece el ataque de hongos saprófitos en la zona radicular e impide el intercambio gaseoso entre la atmósfera y el aire del suelo, con la consiguiente falta de oxigenación del sistema radicular.

a) Tensión del agua del suelo, antes de cada riego

Si al aplicar una pequeña succión, es decir, una presión ligeramente subatmosférica a un suelo saturado, no se apreciará flujo de agua hasta que el incremento en la succión llegue a un valor crítico en el cual el poro más grande comience a vaciarse. Este valor crítico de succión es pequeño en suelo de texturas gruesas o suelos con buena agregación, sin embargo, como los suelos de texturas gruesas tienen sus poros relativamente uniformes en tamaño, estos suelos presentan el fenómeno del vaciamiento en forma más aguda y distintiva que los suelos de texturas finas.

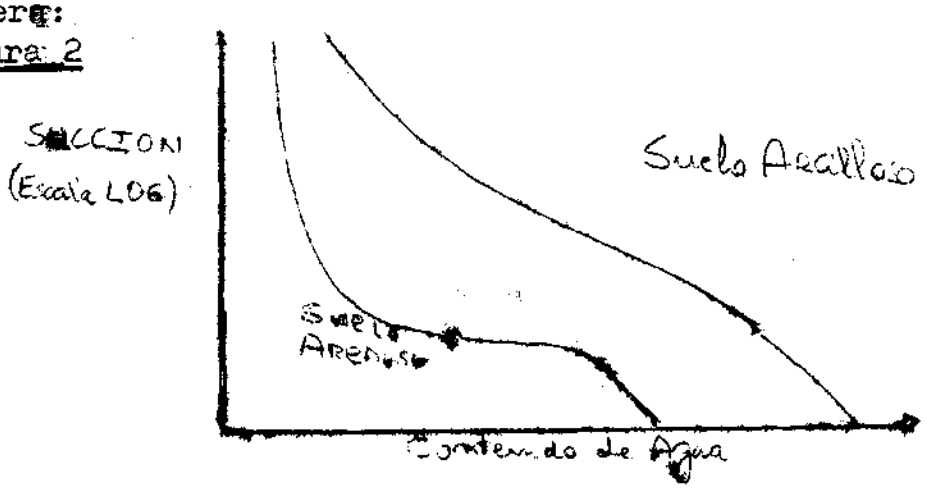
A medida que la succión se va haciendo mayor, más y más agua se va extrayendo del suelo y un mayor número de poros se va vaciando, en la medida que ya no pueden retenerse con el agua contra la succión aplicada. Por ello, se puede predecir que un incremento gradual de la succión tendrá como resultado el vaciamiento de los poros cada vez más pequeños hasta que, en condiciones de muy alta succión, sólo los poros muy pequeños van a retener agua.

En forma similar, un incremento en la succión del agua del suelo está asociado con una disminución en el grosor de las envolturas de hidratación que cubren la superficie de las partículas del suelo.

La cantidad de agua que permanece en el suelo en el equilibrio, a una succión determinada, depende del tamaño y volúmen de los poros llenos de agua y por lo tanto es función de la succión matricial del suelo. Esta relación es generalmente medible en forma experimental y es representada gráficamente por una curva llamada Curva de Retención de humedad o Curva Característica de Humedad.

A modo de ejemplo, el efecto de la textura sobre la retención del agua del suelo puede ser graficado de la siguiente manera:

Figura 2



La Tabla N°3 expresa los valores de tensión o succión del agua del suelo, antes de cada riego determinados a partir de los contenidos de agua de las muestras de los huertos estudiados durante la temporada de riego 1975-1976, según la Curva Característica de Humedad mencionada anteriormente.

Para tal caso se promediaron los valores de humedad de la estrata 0-30 cm. y 30-60 cm.; en otras palabras, los valores de tensión que se presentan en la tabla N°3 fueron determinados por la ecuación en la curva anteriormente mencionada que relaciona humedad y succión.

TABLA N°3. Valores de tensión del agua del suelo, previo al riego (bares)

Huerto N°	Estrata N°	Riegos												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1 y 2		68.6	203.9	7.6	4.7	9.2							
	3		2.0	3.8	0.8	0.7	2.5							
2	1 y 2		14.3	4.4	2.0	18.5	7.2	14.9	12.5	16.5				
	3		11.8	2.5	2.2	16.5	4.5	9.0	15.3	8.0				
	4		7.6	3.4	2.4	10.4	4.5	5.2	22.4	8.9				
3	1 y 2	1.8	0.7	1.5	1.3	5.4	1.7	1.9	1.0	2.2	4.3	2.5	3.0	6.4
	3	0.8	1.3	0.8	0.4	6.8	1.1	5.4	0.6	1.6	2.9	1.4	1.8	4.6
4	1 y 2		13.7	6.9	4.4	14.6	8.5	12.1	9.4	8.6				
	3		2.9	1.0	0.3	2.1	0.9	2.4	2.6	1.6				
	4		12.1	3.5	3.1	6.0	3.7	7.2	10.9	4.1				
5	1 y 2			4.2	1.2	2.6	0.8	3.2	5.7	4.2	4.3	13.2	16.8	
	3			1.1	0.6	0.9	0.5	1.3	1.8	1.1	1.7	4.2	13.6	
	4			1.2	1.0	1.5	1.8	1.5	1.9	2.5	2.3	4.2	8.6	
6	1 y 2		6.3	4.3	5.7	16.0	9.1	18.1	13.0	6.8	5.7	13.7	14.2	
	3		0.5	0.3	1.0	1.8	1.0	6.3	2.8	0.8	1.0	1.4	1.7	
	4		0.4	0.3	0.8	1.6	0.8	1.6	3.3	0.9	0.8	0.7	2.0	
7	1 y 2		0,2	0.2	3.3	1.0	0.1	0.4	0.3	0.5	1.7			
	3		0.5	0.3	4.7	1.2	0.7	1.0	0.2	1.1	6.9			
	4		0.4	0.2	9.6	2.2	0.6	1.2	0.1	1.2	9.4			

Los valores presentados en la Tabla N°3 se han calculado de acuerdo con el siguiente procedimiento:

1. Al graficar en papel doble logarítmico la curva característica de humedad del suelo - tensión versus contenido gravimétrico de agua - se obtiene una recta de la forma

$$\psi = s\,\theta + C \qquad \text{Ecuación N°2}$$

en que ψ = succión matricial del suelo
θ ϕ = contenido gravimétrico de agua
s = pendiente de la curva característica de humedad
C = intercepción de la curva

2. El valor de tensión (ψ) correspondiente al contenido de agua (θ) antes del riego se calcula de acuerdo a la ecuación N°2, tomando en consideración que los parámetros y θ deben estar expresados como el log. de la tensión y el log. del contenido de agua.

Los resultados expresados en la Tabla N°3 incluyen las siguientes consideraciones: en el perfil del huerto N°1 no se consideró las cuarta estrata por estimarse que no hay raíces bajo los 90 cm. de profundidad, hecho que se deriva de la napa freática presente en invierno y que tiende a bajar en verano hasta los 100 cm. aproximadamente.

La gran desigualdad de tensiones, como también del agua disponible para las plantas, que no conservan regularmente una lógica, — es decir una tensión alta cerca de la superficie y paulatinamente más baja hacia las estratas más profundas — se debe a que la mayor parte de los sistemas de riego son por borde e inundación, donde la altura de agua que se aplica a través de la superficie no es uniforme y por ello no hay una buena distribución de ésta. Por otra parte, los tiempos de riego tienen diferencias, por lo que en ocasiones los riegos son superficiales y no saturan las estratas más profundas. Esta desigualdad de tensiones coincide también, con una mayor o menor acción absorbente de las raíces dado sus diferentes grados de concentración, distribución y actividad en el perfil del suelo. Con respecto a ésto, las raíces del palto tienden a desarrollarse en las estratas más fértiles y es en ellas donde el consumo de agua es mayor.

Los valores de tensión presentados en la Tabla N°3 para el huerto N°1 indican que en los primeros 60 cm. de suelo el agua está retenida con valores de tensión elevados, que sobrepasan en algunos casos el PMP; la estrata que va entre los 60 y 90 cm., a pesar de la frecuencia de riego superior a un mes, presenta valores de retención relativamente bajos. Esto está indicando que hay aporte de la napa freática la que tiene un efecto sobre la absorción de agua y nutrientes.

Ahora bien, por los antecedentes que señalan la tendencia del palto a desarrollar la mayor cantidad de sus raíces en las estratas superficiales, esta desuniformidad en el abastecimiento de agua a los árboles durante el año y a través de las estratas del perfil – es decir el alto volúmen de agua presente en invierno y escaso en verano en los primeros 60 cm. de suelo - se traduce en que los árboles muestran síntomas de debilitamiento, amarillez foliar y escaso follaje y en algunos casos muerte de árboles. Esto es producto de una escasa aireación y posiblemente también al desarrollo del hongo Phithophthora cinnamoni. Por otra parte, este efecto negativo se ve aumentado por los altos valores de succión - muy superior al PMP, en algunos casos – que se alcanzan en los primeros 30 cm. y en ocasiones hasta los 60 cm., hecho que impide un mejor desarrollo.

El huerto N°2 posee una alta densidad de follaje, que cubre toda la superficie del suelo. En este suelo también se encuentran valores relativamente altos de tensión, pero en ningún caso alcanzan el PMP. Esto sucede principalmente en los primeros 90 cm., lo que está indicando una frecuencia de riego más adecuada - sin ser la óptima – que en el caso del Huerto N°1. Los árboles se muestran con un buen desarrollo y vigor, y con gran densidad de follaje, mostrando un leve marchitamiento normal en horas de gran demanda atmosférica.

El huerto N°3, con árboles de tres años, en formación, no posee raíces bajo los 90 cm. Estos árboles se regaron trece veces en la temporada, justificando la gran evaporación de los prime-

ros 30 cm. superficiales, en donde los contenidos de agua se mantuvieron entre 0.7 y 6.4 bares, como máximo antes de los riegos. Estas tensiones pueden considerarse como muy aceptables comparadas con los otros huertos. Es así como mostraron un muy buen vigor y desarrollo. La estrata que se encuentra entre los 90 y 120 cm. muestra contenidos de agua (ver anexo 2) bastante bajos lo que indica que el riego no alcanzó esta profundidad. Este aspecto es de menor importancia para estos árboles ya que la cantidad de raíces en la estrata es muy escasa.

En los huertos N°4 y N°5 – ambos entrando en producción- se muestra, en los primeros 30 cm. una tensión alta, pero sin llegar al PMP.

Bajo los 90 cm., en el huerto N°5 se notan tensiones levemente más bajas, lo que indicaría tiempos de riego mayores, aunque ambos son huertos muy similares en edad y densidad de plantación, el huerto N°5 tiene un mayor desarrollo foliar, que incluso crea problemas de sombreamiento entre los árboles. El huerto N°4 no tiene aún este problema, y este menor desarrollo se debe a que a través de los riegos de esta temporada y posiblemente de las anteriores las tensiones del agua de riego han alcanzado valores más altos, causando condiciones de stress hídrico.

El huerto N°6 muestra tensiones relativamente altas hasta los primeros 60 cm. antes del riego como producto de la gran concentración de raícesen estas estratas. Estas tensiones tienden a bajar en los 60 cm. siguientes, lo que está indicando en general que los volúmenes de agua aplicados alcanzaron con regularidad los 100 cms.

El huerto N°7 posee una napa freática cuyo nivel se sitúa aproximadamente a los 120 cm. de profundidad. Como se demostrará más adelante en los gráficos de stress, esta napa tiene fluctuaciones en su nivel a través del tiempo.

Al existir un alza capilar a partir del espejo de agua, las estratas entre los 90 y 120 cm., e incluso en ocasiones las es-

tratas superiores a ella, muestran valores que van desde la saturación hasta valores cercanos al PMP en períodos en que la napa baja y el consumo por parte de las raíces es alto. Por otra parte, entre los 30 y 60 cm. existe una estrata de características arenosa, de límite abrupto que posee un bajo poder de retención de agua, y que está alterando la uniformidad del perfil. Esta estrata crea una napa colgante eventual durante los riegos, que impide el rápido y continuo paso de agua hacia abajo, el cual se ve agravado por el aporte de agua por parte de la napa y por el drenaje restringido del suelo. La baja capacidad de retención de agua de la estrata como también su baja fertilidad permite el estado de saturación y la baja velocidad de absorción por parte de las raíces, a través de todo el período de riego.

b) Agua disponible para las plantas antes de cada riego

El agua disponible para las plantas es aquel volúmen presente en el suelo retenido entre los valores de tensión correspondientes al contenido de agua antes del riego y el PMP (Gurovich, 1975).

Como se ha mencionado anteriormente, estos contenidos volumétricos de agua pueden ser traducidos a valores de tensión de agua en el suelo, en base a la curva de retención de agua del suelo que se presenta en los gráficos N°1 al N°20.

Afirmar que existe agua disponible en el suelo, no significa que el riego deba aplazarse o bien emplear volúmenes menores de agua. No obstante, que el agua retenida a 10 o 12 bares de tensión es aprovechable por las plantas, no es menos cierto que lo hace con un gasto de energía que va en desmedro del desarrollo y producción.

Los valores de agua disponible son obtenidos de la siguiente ecuación:

$$\text{agua disponible } (m^3) = \frac{\theta - PMP}{100} \times H \times D\,Ap \times 10.000\ m^2 \quad \text{Ecuación N°3.}$$

donde:

Θ = contenido gravimétrico de agua de la estrata
PMP = contenido gravimétrico de agua de la estrata en PMP
H = espesor de la estrata en cm.
DAp = densidad aparente de la estrata

Estos valores de humedad aprovechable se encuentran en la Tabla N°4.

Los valores con signo positivo (+), indican la cantidad en m^3/há que posee un suelo sobre su PMP y que está a disposición de las plantas antes del riego. El signo negativo (-) indica la cantidad de agua en m^3/há que falta en el suelo para alcanzar recién el PMP.

Los valores de agua disponible presentados en la Tabla N°4 muestran que hay déficits significativos en algunos huertos antes de cada riego.

Tabla N°4 en la hoja que sigue..

TABLA N°4 Agua disponible en el suelo, por riego, por estrata y por Há. (m^3)

Huerto N°	Estrata Nº	Número de Riegos 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1		-133.46	-196.98	15.67	81.20	22.91							
	2		-75.73	-142.56	90.31	102.87	137.88							
	3		144.16	71.15	271.35	278.35	129.44							
	Total		-95	-268.4	377.3	463.0	290.2							
2	1		-34.68	8.16	76.4	-50.59	39.38	-44.88	-19.58	-100.36				
	2		41.92	198.92	279.9	18.90	78.91	45.62	48.49	86.72				
	3		19.59	165.13	175.65	-7.50	103.41	45.03	-1.66	51.70				
	4		66.58	156.18	199.33	34.52	123.71	107.27	-35.34	48.49				
	Total		93.4	528.4	731.3	-4.6	346	153	-8.1	86.6				
3	1	9.4	9.3	12.9	12.9	8.0	11.9	12.7	17.0	11.4	4.9	9.8	7.6	4.0
	2	13.5	12.9	17.4	20.3	3.9	16.6	14.5	19.5	13.0	9.0	13.1	12.0	5.8
	3	17.9	13.7	17.8	22.7	4.4	15.5	5.0	20.3	12.3	8.7	13.4	11.6	6.0
	Total	40.8	35.9	48.1	55.9	16.3	44.0	32.2	57.7	36.7	22.6	36.3	31.2	15.8
4	1		-24.70	62.37	85.45	6.65	32.40	1.21	21.46	12.44				
	2		136.03	143.14	197.66	92.43	143.62	124.66	140.77	157.84				
	3		92.40	168.00	269.04	111.72	169.26	102.90	96.6	131.04				
	4		12.78	97.55	106.07	34.08	94.14	46.86	20.87	86.90				
	Total		216.51	471.06	658.22	242.68	439.42	275.63	153.0	359.22				
5	1			64.32	164.0	105.32	247.23	114.06	46.63	38.59	90.04	47.03	-22.51	
	2			139.10	290.21	187.54	308.47	138.27	101.84	163.53	144.90	149.45	39.33	
	3			214.6	237.84	227.22	300.3	194.04	158.34	207.06	196.56	168.42	87.78	
	4			223.58	242.76	197.47	179.72	195.43	170.13	143.20	145.24	152.59	97.51	
	Total			641.42	970.81	717.55	1035.92	641.80	476.94	552.38	576.54	517.59	202.11	
6	1		24.55	24.15	-11.08	-87.12	-38.8	-64.54	-30.88	-17.42	-11.08	-53.46	-78.8	
	2		180.22	180.22	165.05	78.52	114.54	36.81	51.08	156.10	162.27	64.08	87.59	
	3		218.70	287.28	170.50	123.12	168.07	45.36	94.77	188.32	170.50	142.56	127.96	
	4		235.53	312.77	182.89	133.98	190.70	62.06	78.5	179.60	182.89	195.63	118.36	
	Total		699.00	804.4	507.4	248.5	434.5	79.7	193.5	506.6	504.6	352.8	255.1	
7	1		254.59	269.68	38.07	243.16	285.60	220.63	212.97	233.78	192.98	105.26		
	2		435.63	438.45	181.54	385.83	549.36	449.01	458.83	452.67	382.51	219.46		
	3		359.89	418.15	89.77	280.49	294.46	252.16	490.89	436.90	240.99	57.45		
	4		376.65	476.28	32.40	163.21	323.59	229.63	549.58	602.54	228.82	34.83		
	Total		1426.8	1602.6	341.8	1072.7	1453.0	1151.4	1712.3	1726.0	1045.3	417.0		

Cabe destacar el huerto N°1, en donde se estimó que los paltos se encontraban bajo humedades relativamente altas a lo largo del período de riego, suponiendo que la napa subterránea lo abastecía en forma demás suficiente y que era ella la causante del daño de los árboles. Esto en cierta medida es justificado, aunque los valores de tensión se encuentren muy por debajo de la CC de las estratas más profundas. Pero si se toma en cuenta los 60 cm. superficiales - donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces activas - existe un déficit de agua apreciable, que en algunos casos sobrepasa en forma significativa el PMP. Esto es producto de la poca frecuencia de riego, ya que éstos se distancian por períodos de un mes o más.

El huerto N°7, refleja en la estrata más profunda volúmenes de agua a veces cerca de la saturación. A partir de los últimos dos riegos éstos volúmenes tienden a disminuir al iniciar su actividad el dren construído con tales fines. La estrata ubicada entre los 30 y 60 cm. muestra valores de saturación ya que posee características arenosas lo cual hace que el poder de retención de agua sea bastante menor a las otras; de ahí los contenidos elevados y con signo positivo.

En el huerto N°3, debido a la alta frecuencia de riegos, pero con volúmenes pequeños, se mantiene agua disponible en los primeros 60 cm. la cual tiende a disminuir en profundidad y llegar a contenidos más bajos en la estrata más profunda.

En el resto de los huertos se observan déficit bastante marcados en la estrata superficial, como producto de la alta evapotranspiración inherente a esta estrata; pero los volúmenes de agua tienden a aumentar en profundidad hasta nuevamente disminuir, bajo los 100 cm. de profundidad.

Como quedará demostrado más adelante, la acción transpirativa de malezas que pudieran existir así como el proceso evaporador del sol se limita a la estrata superficial, son pocas las malezas que arraigan en profundidad por ello el consumo de agua a es-

te nivel se reduce principalmente a la acción de las raíces del pasto.

c) Exceso o déficit de agua en el suelo, antes de cada riego

Exceso es todo aquel volúmen de agua que se encuentra en el suelo que sobrepase el volúmen correspondiente a la CC de una estrata. Se describe con el signo positivo (+).

Déficit es aquel volúmen de agua que falta en una estrata, para alcanzar su CC se le expresa con el signo negativo (-).

La relación que se establece es:

$$\text{Exceso o déficit} = \frac{\theta - CC}{100} \times Dap \times H \times 10.000\ m^2 \quad \text{Ecuación } N^{o}4$$

Los parámetros empleados ya han sido descritos anteriormente.

Los valores de exceso o déficit de agua se presentan en la Tabla $N^{o}5$.

En general todos los suelos muestran déficits, a veces bastante considerables antes de cada riego. Al observar el caso de los huertos N°s 1, N° 2, N° 5 y principalmente el N° 6, este déficit es importante, sobretodo en las estratas superficiales, en donde se alcanza valores muchas veces bajo el PMP. Los volúmenes tienden a aumentar en profundidad, a medida que disminuye la tensión del agua en el suelo.

TABLA N°5. Exceso o déficit de agua en el suelo por riego, por estrata y por Há. (m^3)

Huerto N°	Estrata N°	Número de Riegos 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1		-512.00	-574.86	-363.4	-297.88	-356.17							
	2		-423.70	-490.03	-258.88	-246.42	-210.64							
	3		-303.51	-346.52	-156.32	-138.69	-288.23							
	Total		-1239.2	-1411.4	-768.6	-682.99	-855.0							
2	1		-424.72	-383.88	-313.34	-440.64	-350.06	-434.92	-409.63	-409.41				
	2		-376.97	-219.47	-138.50	-399.49	-339.78	-382.97	-389.90	-331.67				
	3		-406.57	-261.04	-250.61	-433.68	-322.75	-381.13	-427.84	-374.46				
	4		-467.71	-378.12	-334.86	-499.77	-410.58	-427.02	-569.64	-484.56				
	Total		-1675.5	-1240.5	-1[illegible]7.4	-1773.6	-1422.9	-1615.8	-1777.0	-1681.1				
3	1	-20.5	-20.6	-17.0	-27.0	-21.0	-18.0	-17.0	-18.0	-8.5	-25.0	-20.1	-22.3	-25.9
	2	-16.5	-17.1	-12.6	-9.7	-26.1	-13.4	-15.5	-10.5	-17.0	-21.0	-16.9	-18.0	-24.2
	3	-6.1	-10.3	-6.2	-1.3	-19.6	- 8.5	-19.0	-3.7	-11.7	-15.3	-11.6	-12.4	-18.0
	Total	-43.1	-48.0	-35.8	-28.0	-67.6	-39.9	-51.7	-26.2	-47.2	-61.3	-47.6	-52.7	-68.1
4	1		-383.94	-296.86	-273.78	-354.78	-326.83	-358.02	-337.77	-339.79				
	2		-82.47	-75.36	-22.75	-126.08	-74.89	-93.85	-77.73	-60.67				
	3		-173.51	-98.83	4.22	-153.72	--96.18	-162.54	-168.86	-134.40				
	4		-317.37	-232.59	-224.07	-296.07	-236.0	-283.29	-310.12	-243.24				
	Total		-957.3	-703.6	-520.6	-930.7	-733.9	-897.7	-894.5	-778.1				
5	1			-383.94	-278.58	-337.27	-195.37	-528.43	-395.97	-404.01	-352.55	-395.56	-465.11	
	2			-228.94	-77.83	-180.5	-59.61	-229.77	-262.2	-204.5	-223.14	-218.59	-328.71	
	3			-140.7	-81.48	-128.1	-55.02	-161.28	-196.98	-198.26	-158.76	-186.9	-267.54	
	4			-175.84	-156.67	-201.96	-219.50	-204.0	-229.29	-256.22	-254.18	-246.8	-301.92	
	Total			-929.4	-594.6	-847.1	-529.5	-923.5	-1088.4	-1013.0	-988.6	-1047.9	-1363.3	
6	1		-428.47	6428.86	-464.11	-540.14	-491.83	-517.57	-483.91	-473.8	-464.11	-506.48	-531.82	
	2		-198.45	-198.45	-213.8	-299.29	-264.84	-341.61	-326.43	-220.72	-216.84	-310.63	-290.38	
	3		-51.78	13.56	-100.69	-148.78	-103.16	-227.69	-177.55	-82.61	-100.69	-129.05	--143.85	
	4		-38.22	39.04	-90.83	-139.74	-83.02	-211.66	-195.22	-94.11	-90.83	-78.09	-153.35	
	Total		-716.92	-577.7	-869.4	-1128.0	-942.9	-1298.3	-1183.1	-870.2	-872.5	-1024.6	-1119.4	
7	1		-266.01	-259.08	-478.71	-273.55	-230.92	-298.24	-307.63	-286.82	-325.17	-415.34		
	2		291.55	294.4	37.44	241.74	405.27	284.4	314.73	308.57	238.42	75.36		
	3		-39.69	-5.58	-333.96	-143.24	-129.27	-171.57	67.03	13.16	-182.74	-366.28		
	4		-39.69	59.94	-383.94	-253.12	-92.74	-186.70	133.24	186.30	-187.51	-381.51		
	Total		-53.84	89.68	-1164.17	-428.17	-47.66	-372.11	207.37	221.2	457.1	-1087.8		

En la Tabla N°6 se presentan los valores de tensión calculada teóricamente a 30, 60 y 90 cm, de profundidad.

Los valores de tensión calculados o, para hacer más gráficas las tablas, la lectura del "tensiómetro teórico", relaciona el agua disponible y exceso o déficit de agua en el suelo.

Los valores negativos señalan la cantidad de agua, en m^3/há que falta para alcanzar la CC de las estratas.

d) Conclusión con respecto a los riegos

Indidablemente los regímenes de riego utilizados para mantener contenidos de agua aceptables por las plantas en estos suelos, tienen ciertos problemas que se producen por el desconocimiento de los parámetros físicos de los suelos.

En el caso del huerto N° 1 en donde se estimó que el problema radicaba únicamente en el exceso de agua. Pero los datos presentados en las Tablas N° 4 y N° 5 indican lo contrario: seis riegos desde Octubre a Marzo son escasos para obtener resultados que aseguren valores de tensión del agua del suelo en un nivel adecuado, que se traduce en un comportamiento deficiente de los árboles. Recomendable sería la aplicación de volúmenes menores de agua, pero con una mayor frecuencia de riegos, con el objeto de mantener húmedas las estratas 0-30 cm. y 30-60 cm., ya que más abajo hay un aporte de agua por parte de la napa subterránea.

El huerto N° 2 recibió nueve riegos desde el mes de Octubre hasta el de Abril, con lo que se mantuvieron contenidos de agua en el suelo dentro de los rangos de humedad aprovechable durante la mayor parte de la demanda evapotranspirativa, aunque estos valores bordearan el PMP.

TABLA N° 6. Huerto N° 1

Lectura de los "tensiómetros" o valores de tensión calculados

Volúmen de agua disponible para las plantas por hectárea

Exceso o déficit de agua para las plantas

Lectura del Tensiómetro (Centibares)	Agua disponible m^3/há	Exceso o déficit (-) de agua m^3/há
Estratas N° 1 y N° 2	Profundidad del tensiómetro = 30 cm.	
10	964.75	258.76
15	865.58	159.59
20	797.85	91.86
25	746.76	40.77
30	705.93	-0.06
35	672.04	-33.95
40	643.14	-62.85
45	617.99	-88.00
50	595.78	-110.21
55	575.90	-130.09
60	557.93	-148.06
65	541.55	-164.44
70	526.51	-179.48
75	512.62	-193.37
80	499.72	-206.27
85	487.69	-218.30
90	476.41	-229.58
Estrata N° 3	Profundidad del tensiómetro = 60cm	
10	516.26	140.35
15	462.31	86.40
20	425.56	49.65
25	397.90	21.99
30	375.82	-0.09
35	357.52	-18.39
40	341.94	-33.97
45	328.39	-47.52
50	316.43	-59.48
55	305.74	-70.17

TABLA N° 6 Huerto N°1 (Continuación)

Estrata N° 3 Profundidad del Tensiómetro = 60 cm.

Lectura del Tensiómetro (Centibares)	Agua disponible m^3/há	Exceso o Déficit (-) de agua m^3/há
60	296.08	-79.83
65	287.28	-88.63
70	279.21	-96.70
75	271.76	-104.15
80	264.84	-111.07
85	258.39	-117.52
90	252.35	-123.56

TABLA N° 6. Huerto N° 2

Lectura del Tensiómetro	Agua disponible m^3/há	Exceso o déficit (-) de agua, en m^3/há
Estratas N° 1 y N° 2	Profundidad del tensiómetro = 30 cm.	
10	1.161.62	407.15
15	1.037.34	282.88
20	953.62	199.15
25	891.10	136.64
30	841.54	87.08
35	800.68	46.22
40	766.03	-11.57
45	736.04	-18.43
50	709.65	-44.82
55	686.13	-68.34
60	664.95	-89.52
65	645.70	-108.76
70	628.09	-126.38
75	611.86	-142.60
80	596.83	-157.63
85	582.85	-171.62
90	569.78	-184.69
Estrata N° 3	Profundidad del tensiómetro = 60 cm.	
10	561.47	163.71
15	497.65	99.89
20	454.79	57.03
25	422.88	25.12
30	397.63	-0.13
35	376.84	-20.92
40	359.25	-38.52
45	344.03	-53.73
50	330.66	-67.10
55	318.76	-79.01
60	308.05	-89.72
65	298.32	-99.44
70	289.43	-108.33
75	281.25	-116.52
80	273.67	-124.09
85	266.62	-131.14
90	260.04	-137.72
Estrata N° 4	Profundidad del tensiómetro = 90 cm.	
10	668.65	205.59
15	587.63	124.57
20	533.84	70.78
30	462.91	-0.15
35	437.35	-25.71
40	415.82	-47.24
50	381.04	-82.02
60	353.71	-109.35
75	321.53	-141.53
80	312.48	-150.58
85	304.08	-158.98
90	296.25	-166.81

TABLA N° 6. Huerto N° 3

Lectura del Tensiómetro	Agua disponible m^3/há	Exceso o déficit (-) de agua en m^3/há
Estratas N° 1 y N° 2	Profundidad del tensiómetro = 30 cm.	
10	1.317.55	418.89
15	1.151.31	252.66
20	1.041.78	143.13
25	961.34	62.68
30	898.39	-0.26
35	847.05	-51.60
40	803.92	-94.74
45	766.88	-131.77
50	734.53	-164.13
55	705.88	-192.78
60	680.23	-218.42
65	657.05	-241.60
70	635.94	-262.71
75	616.59	-282.07
80	598.74	-299.92
85	582.19	-316.46
90	566.79	-331.87
Estrata N° 3	Profundidad del tensiómetro = 60 cm.	
10	965.22	292.55
15	850.29	177.62
20	773.76	101.09
25	717.11	44.44
30	672.50	-0.17
35	635.93	-36.74
40	605.08	-67.60
45	578.48	-94.20
50	555.16	-117.51
55	534.45	-138.22
60	515.86	-156.81
65	499.02	-173.65
70	483.64	-189.03
75	469.51	-203.16
80	456.46	-216.22
85	444.33	-228.34
90	433.02	-239.65

TABLA N° 6. Huerto N° 4

Lectura del Tensiómetro	Agua disponible m^3/há	Exceso o déficit (-) de agua en m^3/há
Estratas N° 1 y N° 2	Profundidad del tensiómetro = 30 cm.	
10	824.14	241.57
15	729.90	147.33
20	666.71	84.14
25	619.68	37.11
30	582.51	-0.06
35	551.92	-30.65
40	526.04	-56.53
45	503.67	-78.90
50	484.02	-98.56
55	466.53	-116.05
60	450.79	-131.78
65	436.51	-146.06
70	423.46	-159.12
75	411.44	-171.13
80	400.32	-182.25
85	389.98	-192.59
90	380.33	-202.24
Estrata N° 3	Profundidad del tensiómetro = 60 cm.	
10	250.65	73.69
15	221.90	44.94
20	202.62	25.66
25	188.28	11.32
30	176.95	-0.01
35	167.63	-9.33
40	159.74	-17.22
45	152.93	-24.03
50	146.94	-30.02
55	141.62	-35.34
60	136.82	-40.14
65	132.48	-44.48
70	128.50	-48.46
75	124.85	-52.11
80	121.46	-55.50
85	118.32	-58.64
90	115.38	-61.58
Estrata N° 4	Profundidad del tensiómetro = 90 cm.	
10	483.80	142.65
15	428.08	86.93
20	390.76	49.60
25	363.01	21.85
30	341.08	-0.07
35	323.05	-18.10
40	307.81	-33.35
45	294.63	-46.52
50	283.07	-58.09
55	272.78	-68.38
60	263.52	-77.63
65	255.12	-86.03
70	247.45	-93.71
75	240.39	-100.77
80	233.86	-107.30
85	227.78	-113.37
90	222.11	-119.04

TABLA N° 6. Huerto N° 5

Lectura del Tensiómetro	Agua disponible m^3/há	Exceso o déficit(-) de agua M^3/há
Estratas N° 1 y N° 2	Profundidad del tensiómetro = 30 cm.	
10	1.081.44	323.65
15	954.60	196.65
20	869.90	112.11
25	807.08	49.29
30	757.54	-0.26
35	716.87	-40.93
40	682.51	-75.28
45	652.87	-104.93
50	626.86	-130.93
55	603.75	-154.05
60	582.87	-174.81
65	564.15	-193.64
70	546.95	-210.84
75	531.14	-226.65
80	516.52	-241.27
85	502.93	-254.86
90	490.26	-267.53
Estrata N° 3	Profundidad del tensiómetro = 60 cm.	
10	545.15	166.14
15	479.81	100.80
20	436.34	57.34
25	404.20	25.19
30	378.91	-0.10
35	358.19	-20.82
40	340.71	-38.30
45	325.65	-53.35
50	312.46	-66.55
55	300.75	-78.26
60	290.23	-88.78
65	280.71	-98.30
70	272.02	-106.99
75	264.03	-114.97
80	256.66	-122.35
85	249.81	-129.20
90	243.42	-135.58
Estrata N° 4	Profundidad del tensiómetro = 90 cm.	
10	425.19	132.27
15	372.93	80.01
20	338.33	45.41
25	312.82	19.90
30	292.81	-0.11
35	276.44	-16.47
40	262.67	-30.25
45	250.82	-42.10
50	240.45	-52.46
55	231.26	-61.65
60	223.02	-69.89
65	215.57	-77.35
70	208.77	-84.15
75	202.53	-90.38
80	196.77	-96.14
85	191.43	-101.48
90	186.45	-106.46

TABLA N°6. Huerto N° 6

Lectura del tensiómetro	Agua disponible m^3/há	Exceso o déficit (-) de agua m^3/há
Estratas N° 1 y N° 2	Profundidad del tensiómetro = 30 cm.	
10	1.199.87	367.24
15	1.055.26	222.62
20	959.17	126.62
25	888.16	55.52
30	832.32	-0.32
35	786.59	-46.05
40	748.03	-84.60
45	714.83	-117.81
50	685.74	-146.90
55	659.93	-172.71
60	636.76	-195.88
65	615.79	-216.85
70	596.65	-235.99
75	579.07	-253.57
80	562.83	-269.82
85	547.75	-284.89
90	533.70	-298.94
Estrata N° 3	Profundidad del tensiómetro = 60 cm.	
10	648.54	192.33
15	573.29	117.08
20	522.95	66.74
25	485.56	29.35
30	456.04	-0.17
35	431.78	-24.43
40	411.27	-44.94
45	393.56	-62.65
50	378.02	-78.19
55	364.19	-92.02
60	351.77	-104.44
65	340.50	-115.71
70	330.19	-126.02
75	320.72	-135.49
80	311.96	-144.25
85	303.81	-152.40
90	296.21	-160.00
Estrata N° 4	Profundidad del tensiómetro = 90 cm.	
10	648.54	192.33
15	573.29	117.08
20	522.95	66.74
25	485.95	29.35
30	456.04	-0.17
35	431.78	-24.43
40	411.27	-44.94
45	393.56	-62.65
50	378.02	-78.19
55	364.19	-92.02
60	351.77	-104.44
65	340.50	-115.71
70	330.19	-126.02
75	320.72	-135.49
80	311.96	-144.25
85	303.81	-152.40
90	296.21	-160.00

TABLA N° 6. Huerto N°7

Lectura del Tensiómetro	Agua Disponible m^3/há	Exceso o déficit (-) de agua m^3/há
Estratas 1 y 2		Profundidad del tensiómetro = 30 cm.
10	689.77	86.28
15	614.28	10.78
20	563.91	-39.58
25	526.57	-76.93
30	497.13	-106.37
35	472.96	-130.53
40	452.56	-150.94
45	434.95	-168.54
50	419.51	-183.99
55	405.78	-197.71
60	393.45	-210.05
65	382.27	-221.23
70	372.06	-231.44
75	362.67	-240.83
80	353.99	-249.51
85	345.92	-257.57
90	338.40	-265.10
Estrata N°3		Profundidad del tensiómetro = 60 cm.
10	749.58	241.09
15	653.73	145.25
20	590.74	82.26
25	544.56	36.08
30	508.48	-0.01
35	479.08	-29.40
40	454.41	-54.07
45	433.25	-75.24
50	414.77	-93.71
55	398.43	-110.06
60	383.80	-124.68
65	370.59	-137.89
70	358.57	-149.91
75	347.55	-160.93
80	337.40	-171.09
85	327.99	-180.50
90	319.23	-189.26
Estrata N° 4		Profundidad del tensiómetro = 90 cm.
10	444.07	138.75
15	389.23	83.91
20	352.95	47.64
25	326.23	20.91
30	305.27	-0.04
35	288.15	-17.17
40	273.73	-31.58
45	261.34	-43.98
50	250.50	-54.82
55	240.89	-64.43
60	232.28	-73.04
65	224.49	-80.83
70	217.38	-87.93
75	210.87	-94.45
80	204.85	-100.46
85	199.28	-106.04
90	194.08	-111.24

Con respecto a ésto la literatura es muy clara, ya que resalta la importancia de mantener la humedad aprovechable en valores de baja tensión. Esto se logra con aplicaciones frecuentes de riego, que según Richards y Marsh (1961) pueden llegar a cuatro días de diferencia en períodos de altas temperaturas.

El huerto N° 3, con trece riegos desde Octubre a Mayo justifica plenamente este esfuerzo, ya que es de mucha importancia mantener húmedas las estratas superficiales en un huerto jóven, que tiende a arraigar muy cerca de la superficie en donde las estratas están mayormente expuestas a la evaporación y competencia por las malezas.

En los huertos N° 4 (nueve riegos) y N° 5 (doce riegos), ambos con árboles entrando en producción y con alta densidad de árboles por há, tienen diferencias bastante claras en cuanto a tensión y agua disponible previo a cada riego. El huerto N° 5 tiene tensiones más bajas y por lo tanto, un mayor volúmen de agua disponible, sobretodo en las estratas profundas. Esto debido al sistema de riego empleado ya que se riega por surco y en donde se realiza una labor de aplicación más uniforme y con tiempos más prolongados.

En cambio el huerto N° 4 es regado por taza, en donde por la poca nivelación de éstas y el menor tiempo de riego impiden una penetración profunda y uniforme del agua.

En ambos huertos, es también de importancia mantener las estratas superficiales con contenidos hídricos de baja succión, ya que debido a la edad que presentan los árboles se estima que las raíces no llegan a su profundidad potencial. En relación a ésto, dado el régimen de riego más profundo que ha llevado el huerto N°5, se puede esperar una mayor cantidad de raíces en aquel nivel, al compararlo con el huerto N° 4, aunque en ambos casos puede considerarse que las frecuencias de riego no han sido las óptimas.

El huerto N° 6 presenta tensiones muy altas y por ello un bajo volúmen de agua disponible sobretodo en la estrata más superficial. Esto señala la necesidad de realizar riegos más frecuentes, aunque con volúmenes menores a los empleados comúnmente,

con el fin de aportar la lámina de agua consumida en esta estrata. Puede afirmarse que los doce riegos realizados en la temporada no alcanzan a reponerla, aunque en las estratas más profundas, estos déficits no son tan marcados.

El huerto N° 7, que al poseer una napa freática, necesita de un réginen de riego que impida una alza en el nivel de agua subterránea. Pero como esta napa fluctúa en su nivel a través del tiempo se dificulta el proceso de riego por cuanto hay ocasiones donde los déficits son cercanos al PMP y en otras hay una saturación por largo tiempo. Por ello se hace necesario conocer el nivel de la napa y sus fluctuaciones, con el objeto de que las aplicaciones de agua mojen solamente el perfil necesario sin acrecentar el daño de la napa. Por otro lado, la estrata arenosa, que dificulta el paso de agua hacia abajo, también debe considerarse en el riego, ya que tiende a formar una napa colgante que como queda demostrado en el gráfico N° 20 demora en drenarse. Esto hace necesario frecuencias bastante altas, y con volúmenes pequeños con el objeto de permitir que el agua se infiltre lentamente en el perfil y no escurra por la superficie. En general, de esto se desprende que las frecuencias de riego deben ser bastante altas, si se quiere mantener los rangos de humedad óptima aprovechable por el palto.

En relación a lo anterior, el ensayo realizado por Richards et al. (1958) - mencionado en la Introducción - a los 30 cm. de profundidad, en suelos de texturas medias, deben aplicarse 36 riegos en la temporada; si la tensión se desea mantener en 1 bar, deben realizarse 18 riegos; y si se desea lograr tensiones de 10 bares, los riegos disminuyen a 11.

Sin duda los sistemas de riego actualmente usados en el país dificultan la obtención de valores de baja tensión en el suelo, a través de una temporada. Por ello deben emplearse sistemas que se adecúen a las necesidades de agua que tiene el palto, con objeto de obtener un mejor desarrollo y también una mayor producción.

3. Stress Hídrico

De acuerdo a los antecedentes expuestos en la Introducción, puede afirmarse que la tensión del agua del suelo sobre la cual el palto ve afectado su crcimiento y desarrollo es de aproximadamente 0.5 bares. Gustafson (1961) afirma que, debido a la apreciable concentración de raíces del palto en los primeros treinta centímetros del suelo y la acción evaporadora del sol, las variaciones en la tensión del agua del suelo son muy rápidas en esta estrata superficial; sin embargo, la tensión del agua del suelo en estratas más profundas se mantiene por un período relativamente prolongado en valores inferioresa 0.5 bares. Es por esto que entre varios riegos sucesivos, en los que se emplea poco caudal para reponer el agua en las estratas superficiales, debe efectuarse un riego con caudales mayores o durante más tiempo, para reponer la lámina de agua en todo el perfil del suelo.

A este respecto las experiencias de Gustafson y Marsh (1962) indican que riegos que repongan el agua hasta los 50 cm. de profundidad, con una frecuencia de siete a diez días, permiten realizar un riego profundo solamente en el 25% de los casos, obteniéndose así una condición muy adecuada de tensión de agua en el perfil del suelo.

Con los sistemas de riego empleados en los huertos estudiados, resulta poco práctico suponer la posibilidad de realizar riegos tan frecuentes que implican el uso de volúmenes de agua exactos. Es por esto que, por razones prácticas, se eligió un valor de 0.75 bares de tensión del agua en el suelo, como la tensión bajo la cual es necesario regar para no afectar el palto. El período de tiempo que transcurre, durante la época de riego, entre tensiones de 0.5 a tensiones de o.75 bares es aproximadamente de 3 a 4 días. Esto tiene como efecto disminuir el número de riegos en un 25%; como se verá en los gráficos siguientes, regar con tensiones del agua del suelo de 0.75 bares es una práctica poco usual entre los agricultores, siendo la frecuencia de riegos normalmente muy inferior a esto (mayor número de días entre riegos).

Los gráficos N°1 a N° 7 presentan las curvas de humedad de la estrata 0-30 cm. durante la temporada de riego en los huertos estudiados, en la temporada 1975-1976. Se indica con una línea horizontal el contenido de agua del suelo correspondiente a 0.75 bares de tensión.

La tensión del agua en el suelo aumenta rápidamente en los días siguientes al riego, en esta primera estrata. Este aumento se hace menos importante a medida que el contenido de agua del suelo disminuye.

En la gran mayoría de los huertos estudiados, los riegos se realizaron cuando la tensión del agua en el suelo se aproximó al PMP e incluso, en varias oportunidades, esta tensión fue superior al PMP.

TABLA N°7.

Huerto N°	N° total de riegos en la temporada	N° de riegos realizados caundo la tensión a los 30 cm. de profundidad era igual o mayor que PMP.	% de riegos realizados cuando la tensión a los 30 cm. era = o mayor que PMP
1	6	3	50
2	9	5	55
3	13	0	0
4	9	2	22
5	12	1	8
6	12	9	75
7	11	1	9

De esta Tabla se desprende que el huerto N° 6 tuvo el mayor porcentaje de riegos, en donde la tensión del agua en el suelo, a los 30 cm. de profundidad, alcanzó valores realmente críticos.

GRAFICO N° 1

HUERTO Nº 1
ESTRATA: 0-30 cm
↑ : RIEGO

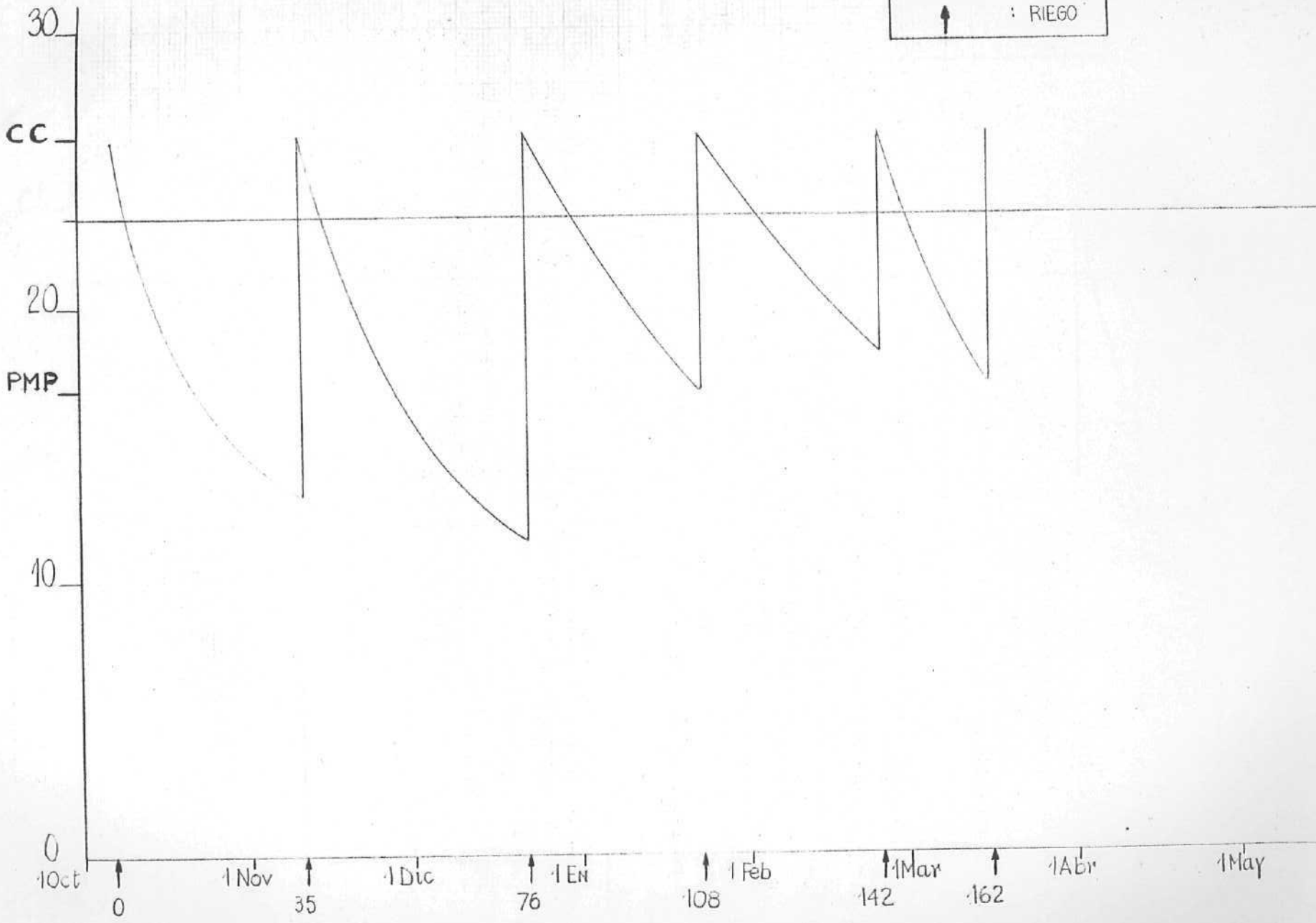


GRAFICO N° 2

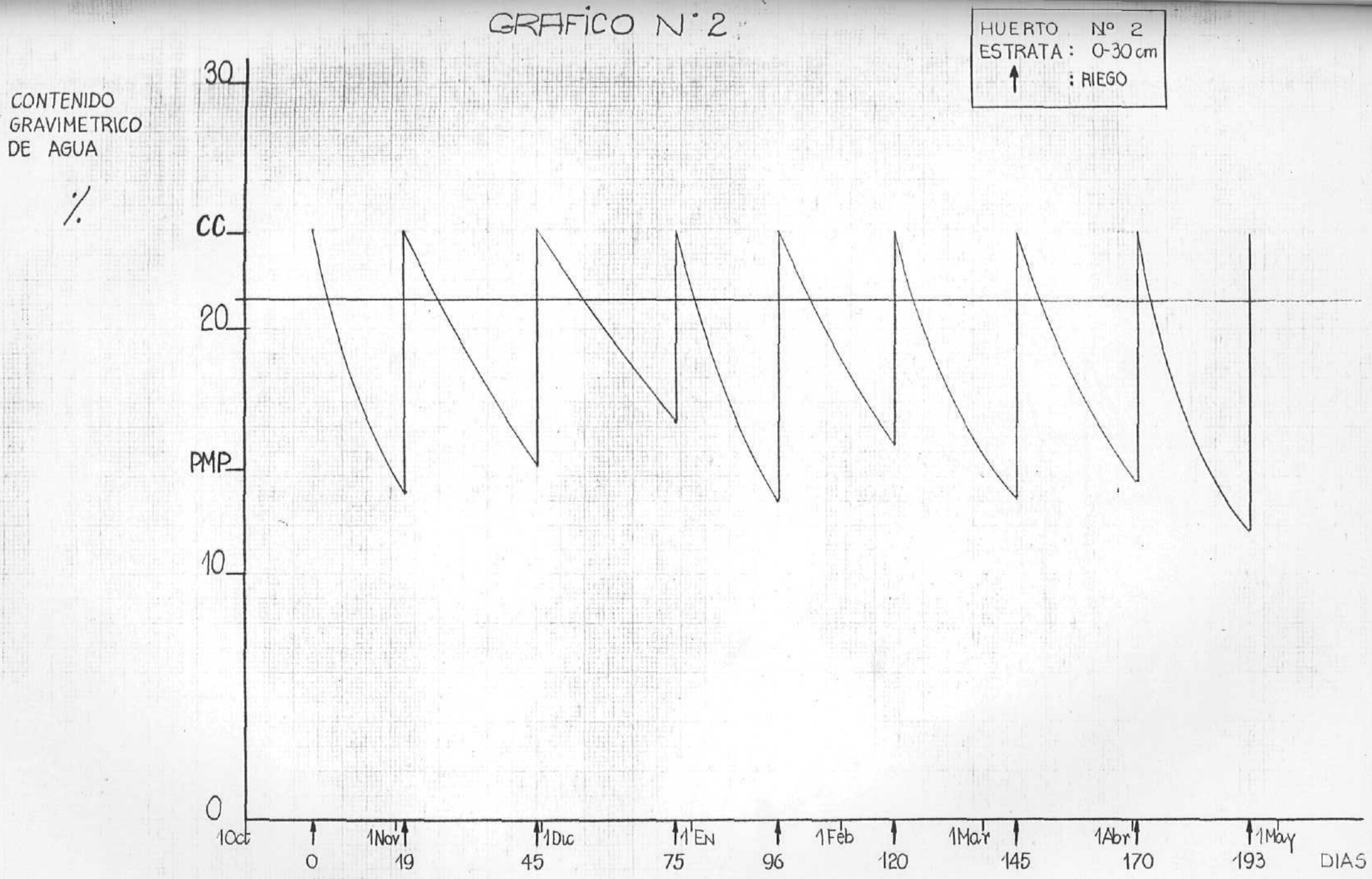

HUERTO Nº 2
ESTRATA : 0-30 cm
: RIEGO
CONTENIDO GRAVIMETRICO DE AGUA
%
30
CC
20
PMP
10
0
10ct
1Nov
1Dic
1'EN
1Feb
1Mar
1Abr
1May
0
19
45
75
96
120
145
170
193
DIAS

GRAFICO N° 3

HUERTO N°3
ESTRATA : 0-30cm
↑ : RIEGO

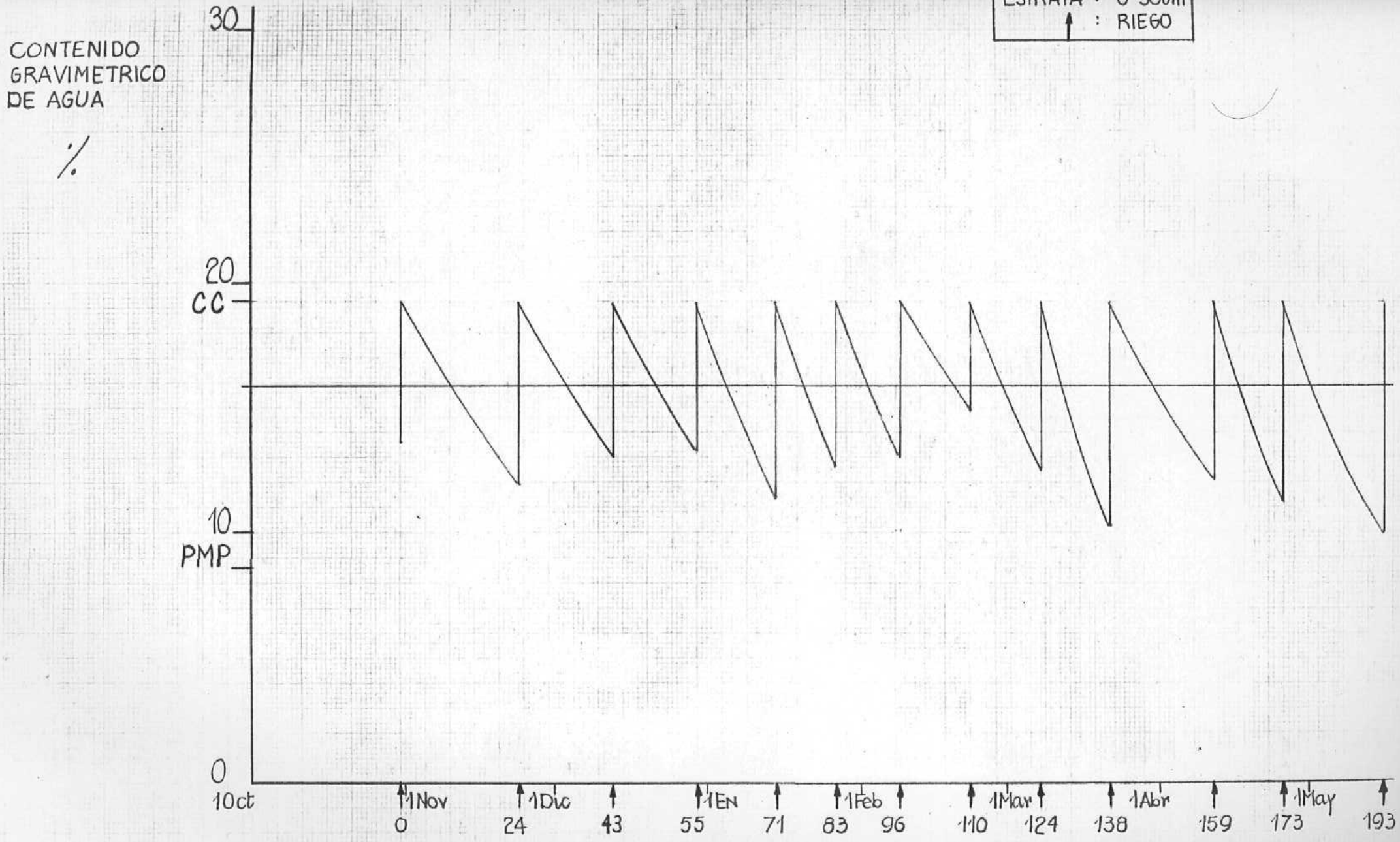


GRAFICO N°4

HUERTO Nº 4
ESTRATA: 0-30cm
↑ : RIEGO

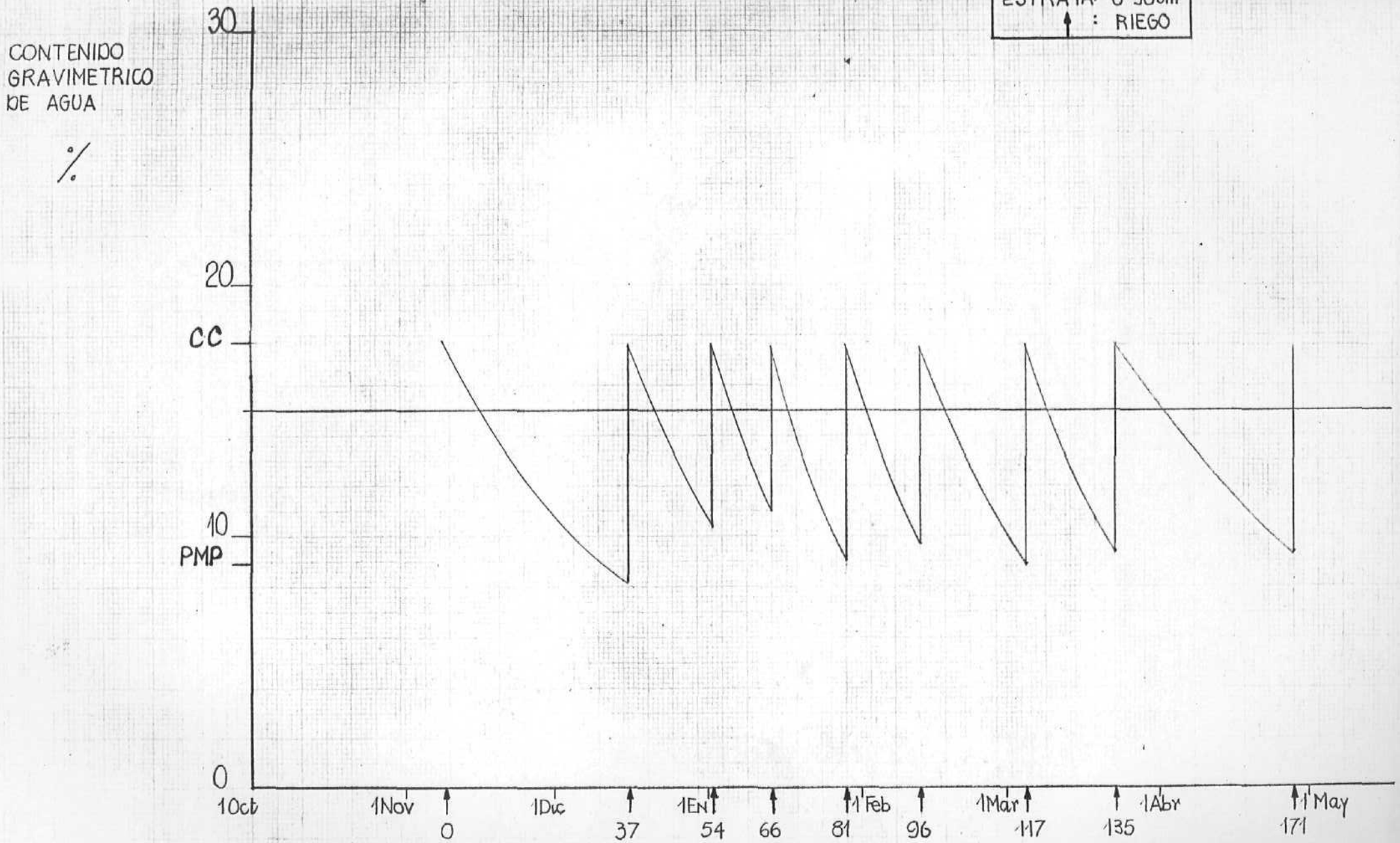


GRAFICO N°5

HUERTO Nº 5
ESTRATA: 0-30 cm
↑ : RIEGO

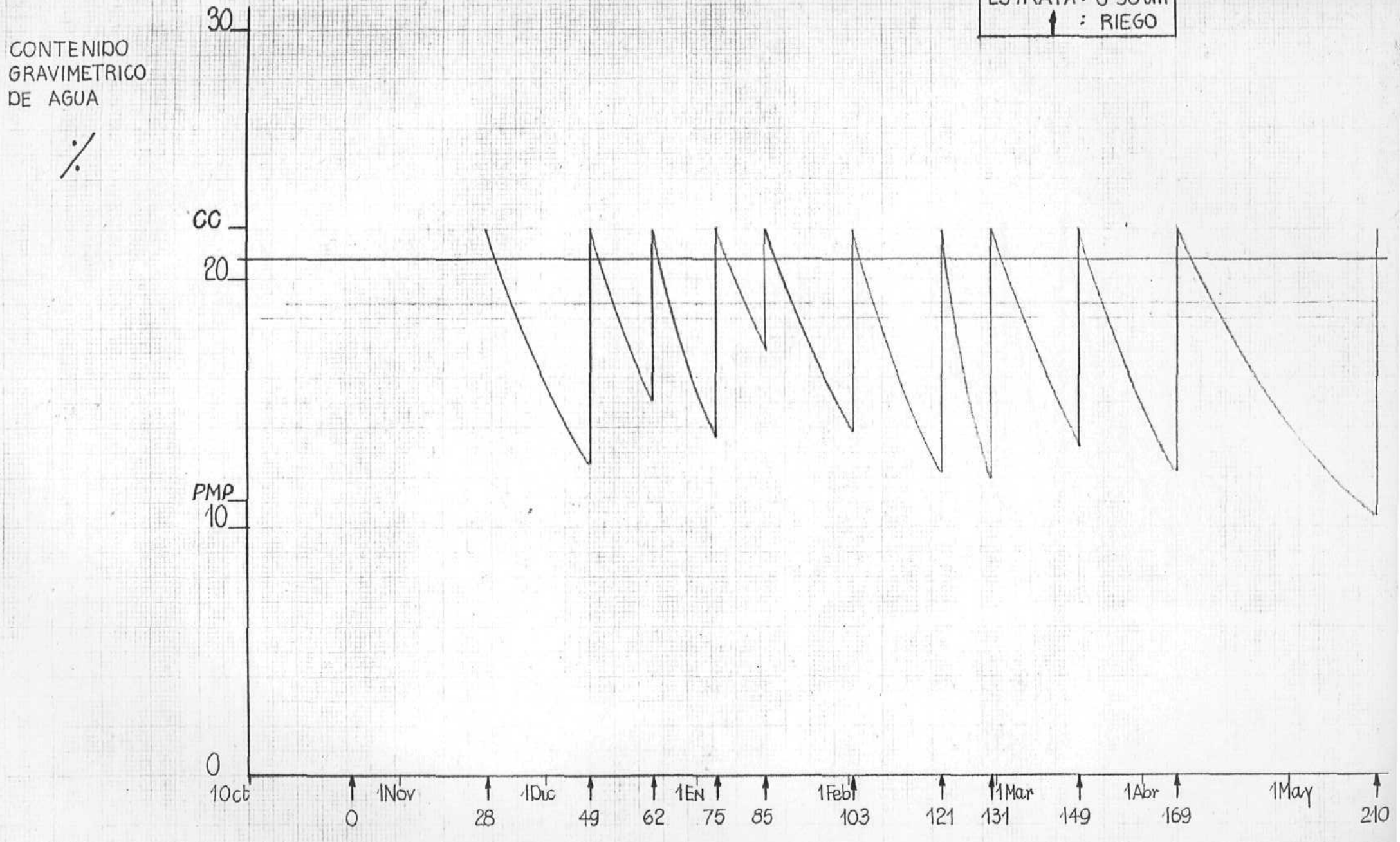


GRAFICO N° 6

HUERTO Nº 6
ESTRATA: 0-30 cm
↑ : RIEGO

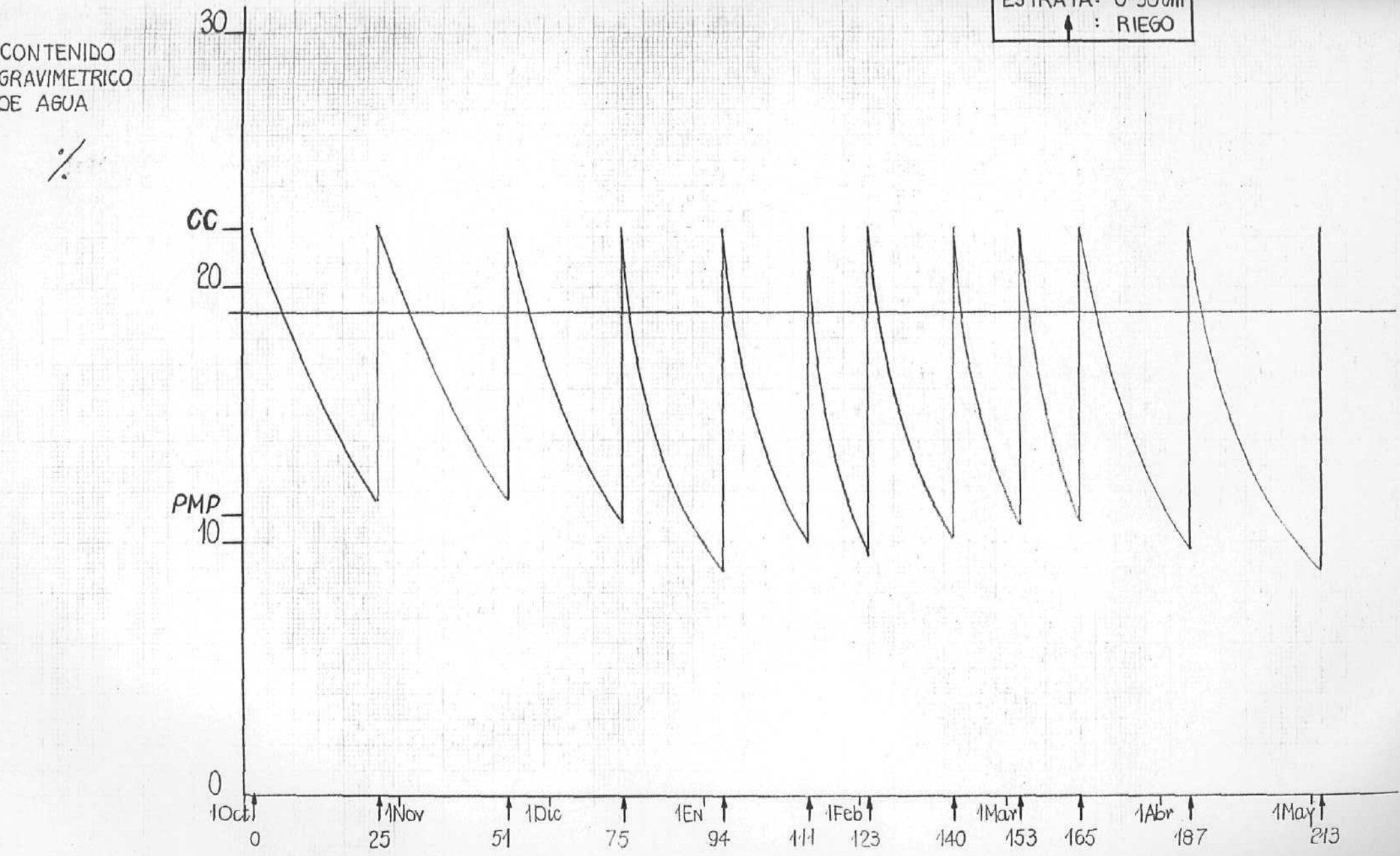
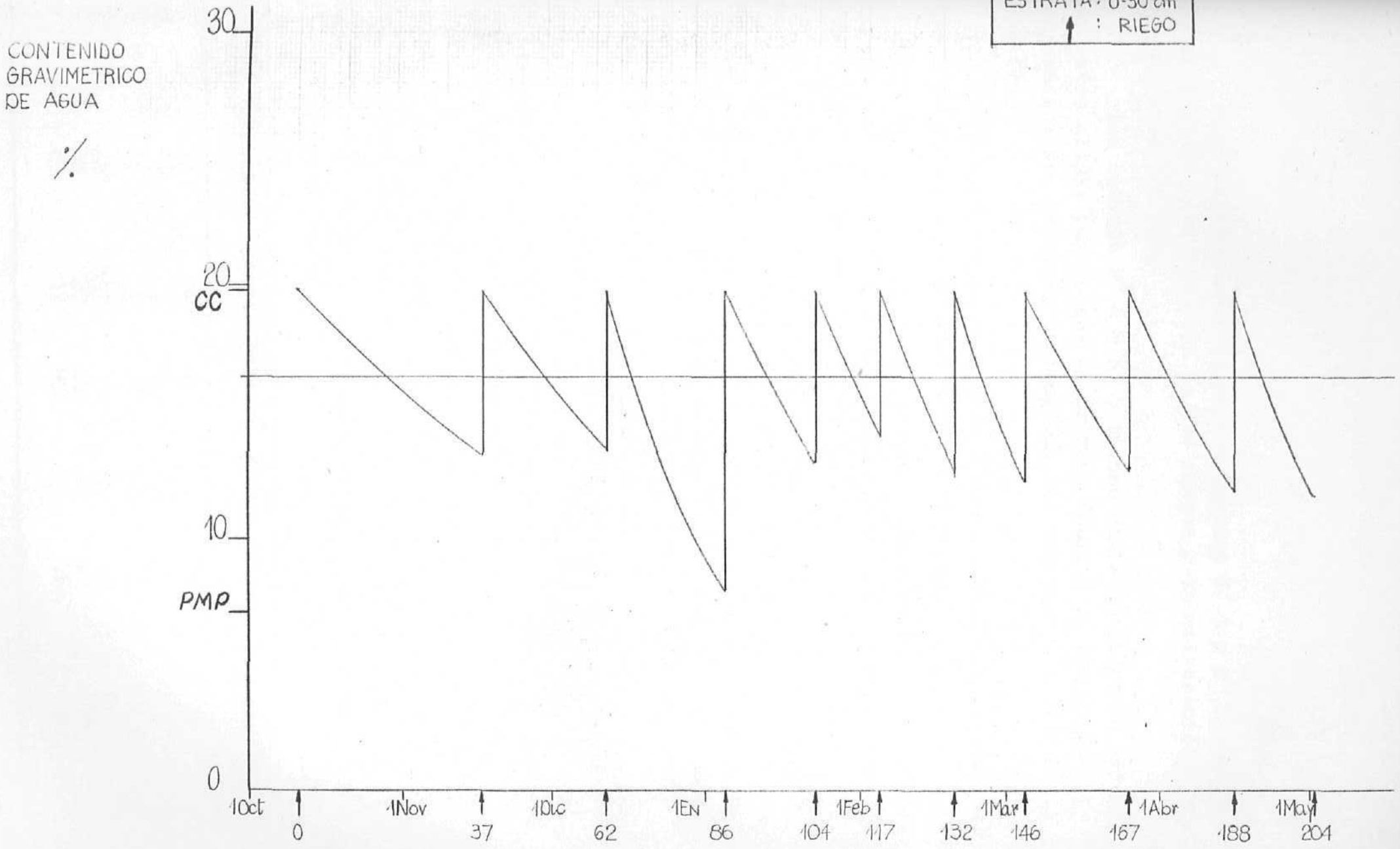


GRAFICO N° 7

HUERTO N° 7
ESTRATA: 0-30 cm
↑ : RIEGO



Algo similar ocurrió en los huertos N° 1 y N° 2, en los cuales se relizaron el 50 y 55% de los riegos respectivamente, con tensiones cerca del PMP.

Los huertos N° 4 y N° 5 tienen una significativa diferencia entre ellos, puesto que el primero recibió un 22% de los riegos en condiciones críticas de tensión; sin embargo el huerto N° 5, sólo un 8%.

Por otra parte, el huerto N°7 posee un 9% de riegos realizados bajo condiciones de alta tensión en el suelo.

El huerto N° 3, puede considerarse como el más aceptable puesto que las altas frecuencias de riego, no permitieron valores de tensión, en los cuales se alcance el PMP.

Pero no necesariamente la tensión debe llegar a PMP en el suelo para causar un menor desarrollo y producción. Por los antecedentes expuestos, los árboles sometidos a succiones sobre 0.75 bares a los 30 cm. de profundidad se encuentran bajo stress., aunque los contenidos de agua bajo esta profundidad se encuentren dentro del rango de humedad aprovechable.

Como es lógico suponer, la demanda evapotranspirativa diferente a través de los meses. La más alta demanda se encuentra entre los meses de verano, llegando a detenerse incluso el desarrollo foliar, aunque no así el desarrollo del fruto.

La Tabla siguiente señala el número de días en los cuales los árboles estuvieron sobre 0.75 bares de tensión en el suelo, a los 30 cm. de profundidad durante los meses de verano.

TABLA N° 8. Número de días, en los cuales la tensión supera los 0.75 bares.

Huerto N°	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total	% de días de stress
1	27	24	22	15	98	80
2	19	23	25	26	93	76
3	18	16	10	19	63	50
4	25	20	23	18	86	70
5	22	19	13	20	84	69
6	28	27	25	23	103	84
7	25	15	15	15	70	57

Es difícil poder relacionar días de stress con el comportamiento de los árboles, pues por cada bar de diferencia sobre 0.75 hay diferente respuesta por parte del árbol.

Sin duda, el huerto N° 1, cuya frecuencia de riego es aproximadamente superior a un mes, es el que tiene uno de los porcentajes mayores de días de stress bajo, y que, como se ha dicho anteriormente, se traduce en un escaso vigor y desarrollo.

Lo contrario sucede con el huerto N° 2 y N° 6, que debido a su gran desarrollo, sus raíces tienen una gran actividad absorbente en esta estrata, y que aunque tienen frecuencias de riego bastante menores a un mes - cada diez a quince días aproximadamente - la lámina de agua es consumida rápidamente por las raíces, llegando a tener 76% y 84% de días bajo stress respectivamente, durante los meses de verano.

Cabe destacar, que el 80% de días bajo stress del huerto N°1 afectan más desfavorablemente a los árboles de esa parcela que el 84% de días bajo stress que posee el huerto N°6, ya que este último tiene una profundidad potencial de arraigamiento que alcanza a los 120 cm., volúmen bastante mayor que los 90 cm. de profundidad potencial de arraigamiento del huerto N°1. En este último caso el crecimiento radicular profundo se limita por la presencia de la napa freática que satura el suelo.

El huerto N°4 y N°5 - de similares características, descritas anteriormente - se encuentran bajo igual cantidad de días de stress: 70 y 69% respectivamente, aunque el primero recibió riegos cuando las tensiones a través del perfil eran bastante más críticas.

El huerto N°7 posee árboles de buen desarrollo y tiene solamente 57% de días de stress. Esto se debe a que la estrata 30-60 cm., de características arenosas, permite una napa colgante eventual al aplicarse el riego, que luego que ha drenado el agua bajo y sobre ella existe una tendencia a conducir su propio contenido de agua hacia las estratas inferiores por gravedad y

capilaridad y hacia la superior por capilaridad, por lo cual esta última tiende a presentar valores de relativa baja succión al compararlo con estas mismas estratas en otros huertos (Ver gráficos).

El huerto N°3 posee el menor porcentaje de días bajo stress, como producto de la alta frecuencia de riego. Esto es de mucha importancia en árboles en formación, ya que la estrata 30-60 cm. es la que contiene un gran porcentaje de las raíces, Por ello, en este caso, las frecuencias de riego son más importantes que los volúmenes aplicados.

Es lógico esperar en un perfil homogéneo de suelo, que los contenidos de agua, antes de efectuarse un riego, sean bajos en la estrata superficial, para ir aumentando en profundidad. Pero esta secuencia lógica puede ser alterada por factores tales como profundidad de riego, acción de raíces o aportes de agua por conceptos de una napa freática.

Los gráficos N°8 al N°21 señalan el comportamiento de los contenidos de agua antes de los riegos, a través de la temporada 1975-1976, en las estratas profundas.

Al analizar los gráficos N°8 y N°9 del huerto N°1, que incluyen la estrata 30-60 cm. y 60-90 cm., se deduce que hay una tendencia a aumentar los contenidos hídricos en la estrata profunda. Hay una influencia bastante marcada de la napa freática que satura hasta los 90-100 cm. de profundidad y que aporta cierta cantidad de agua a la estrata superior a este nivel. Si bien es cierto que en ocasiones la tensión se acerca al PMP, se debe destacar que ha transcurrido aproximadamente un mes en que el riego anterior ocurrió, por lo tanto, sin los aportes de la napa, estos valores deberían ser aún mayores. Con respecto a ésto puede observarse e n el Anexo 1, que los porcentajes de agua en la estrata 90-120 cm. son bastante altos, manteniéndola saturada durante toda la temporada de riego.

Los gráficos del huerto N°2 (gráficos N°10 y N°11) que incluyen la estrata 30-60 cm., 60-90 cm. y 90-120 cm. señalan que hay un aumento en los contenidos de agua en la estrata 30-60 cm., con respecto a la anterior. Ningún riego se realizó cuando la

GRAFICO N° 8

HUERTO Nº 1
ESTRATA : 30-60cm
↑ : RIEGO

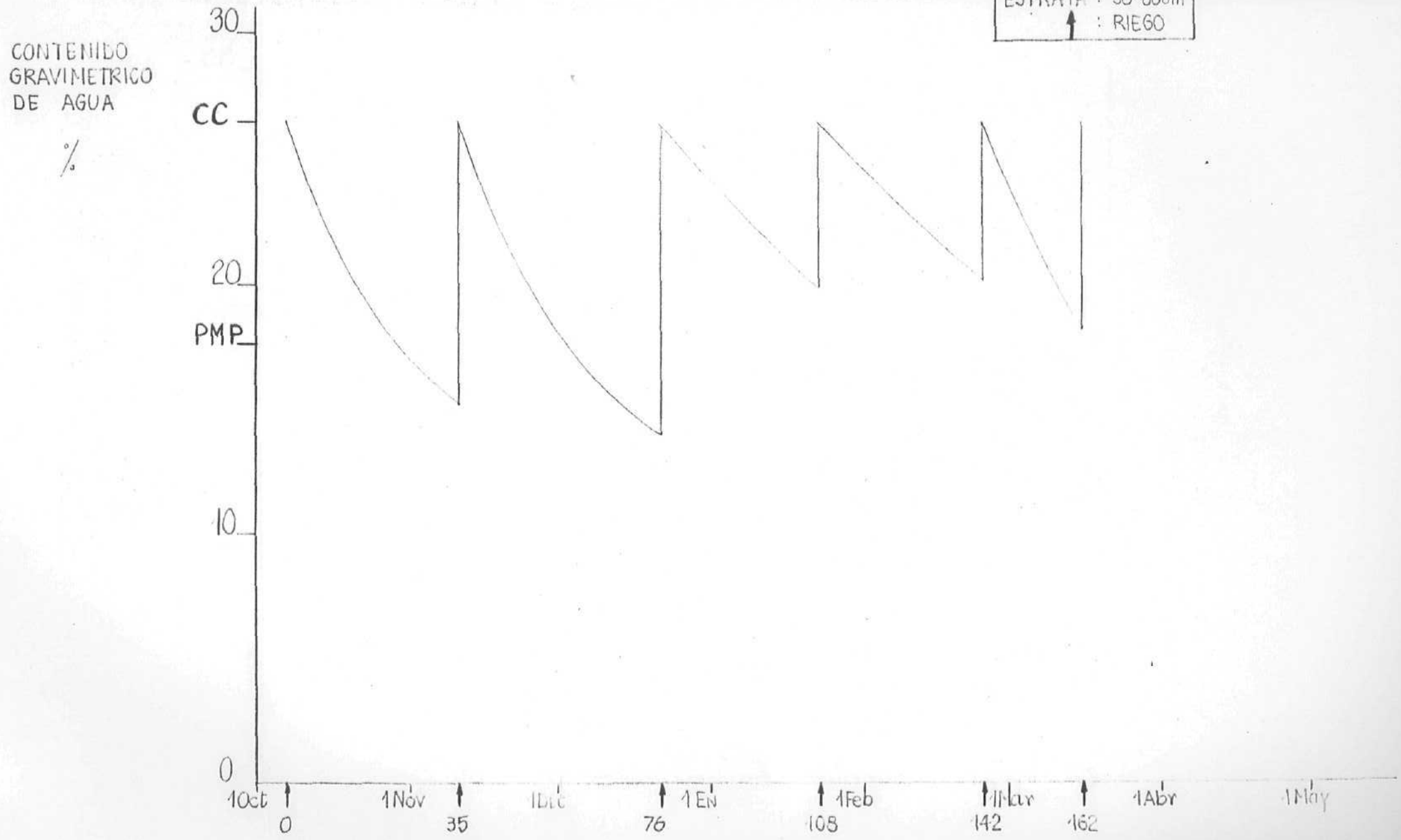


GRAFICO N°9

HUERTO Nº 1
ESTRATA : 60-90cm
↑ : RIEGO

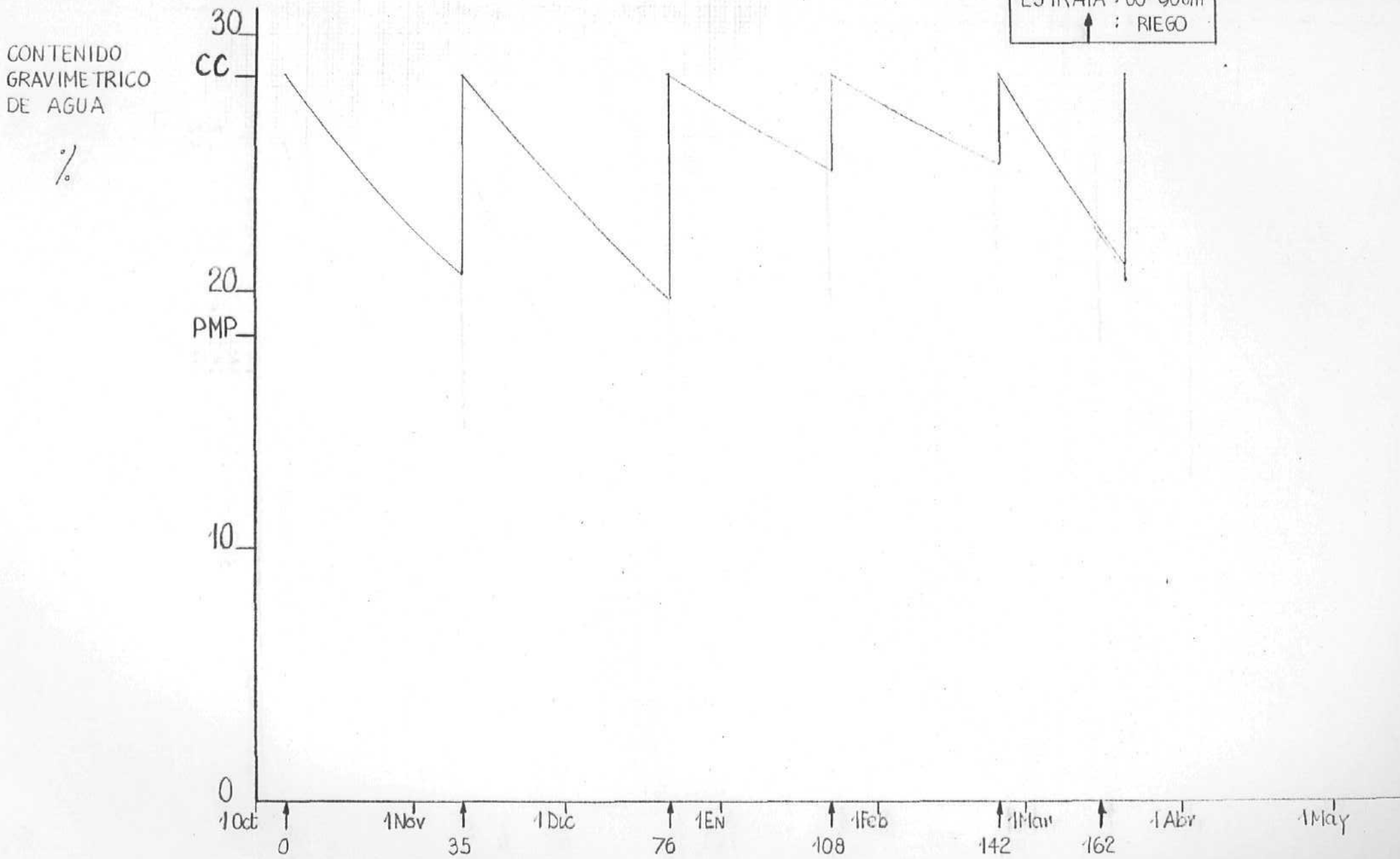


GRAFICO N° 10

HUERTO Nº 2
ESTRATA : 30-60 cm
↑ : RIEGO

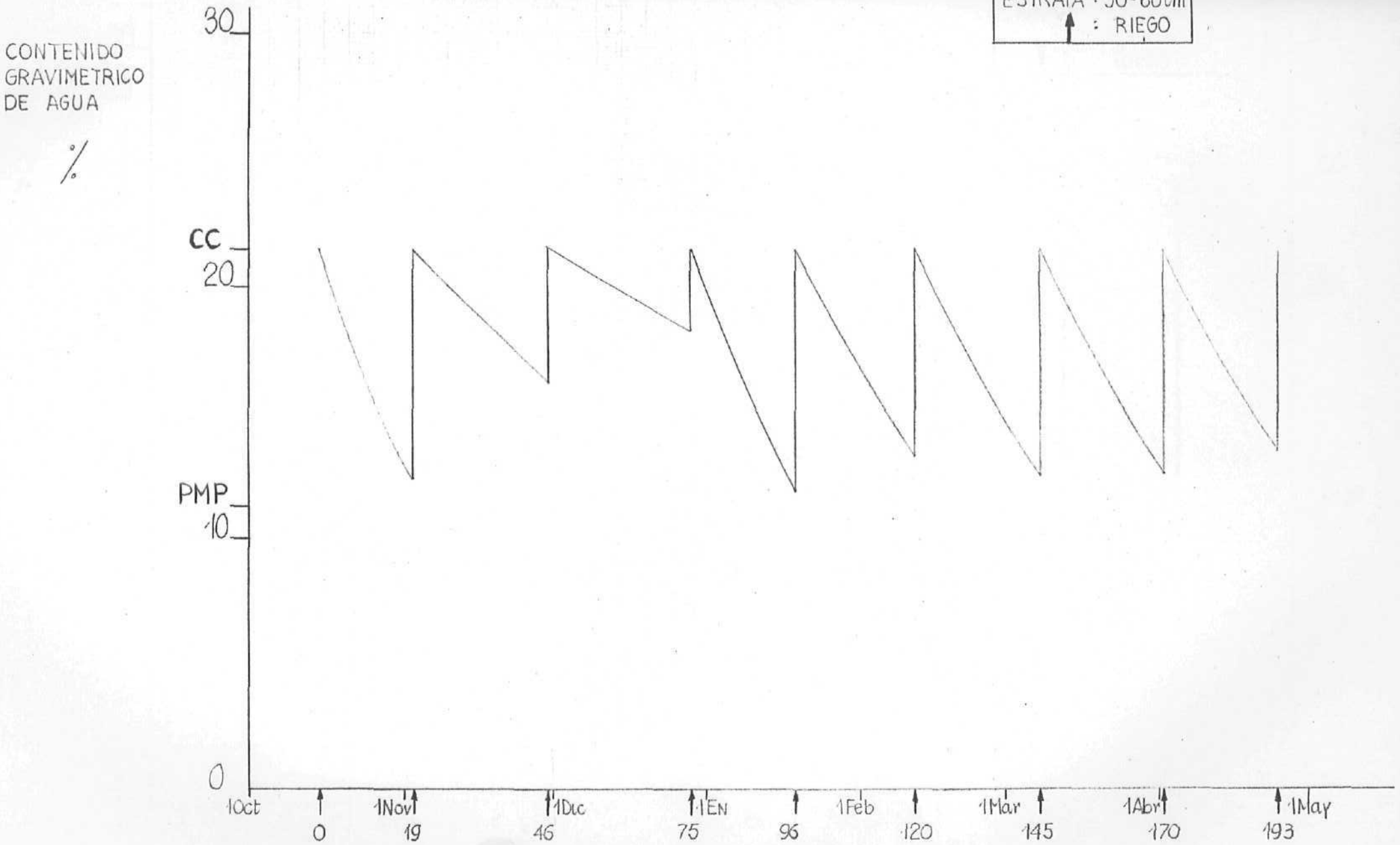


GRAFICO N° 11

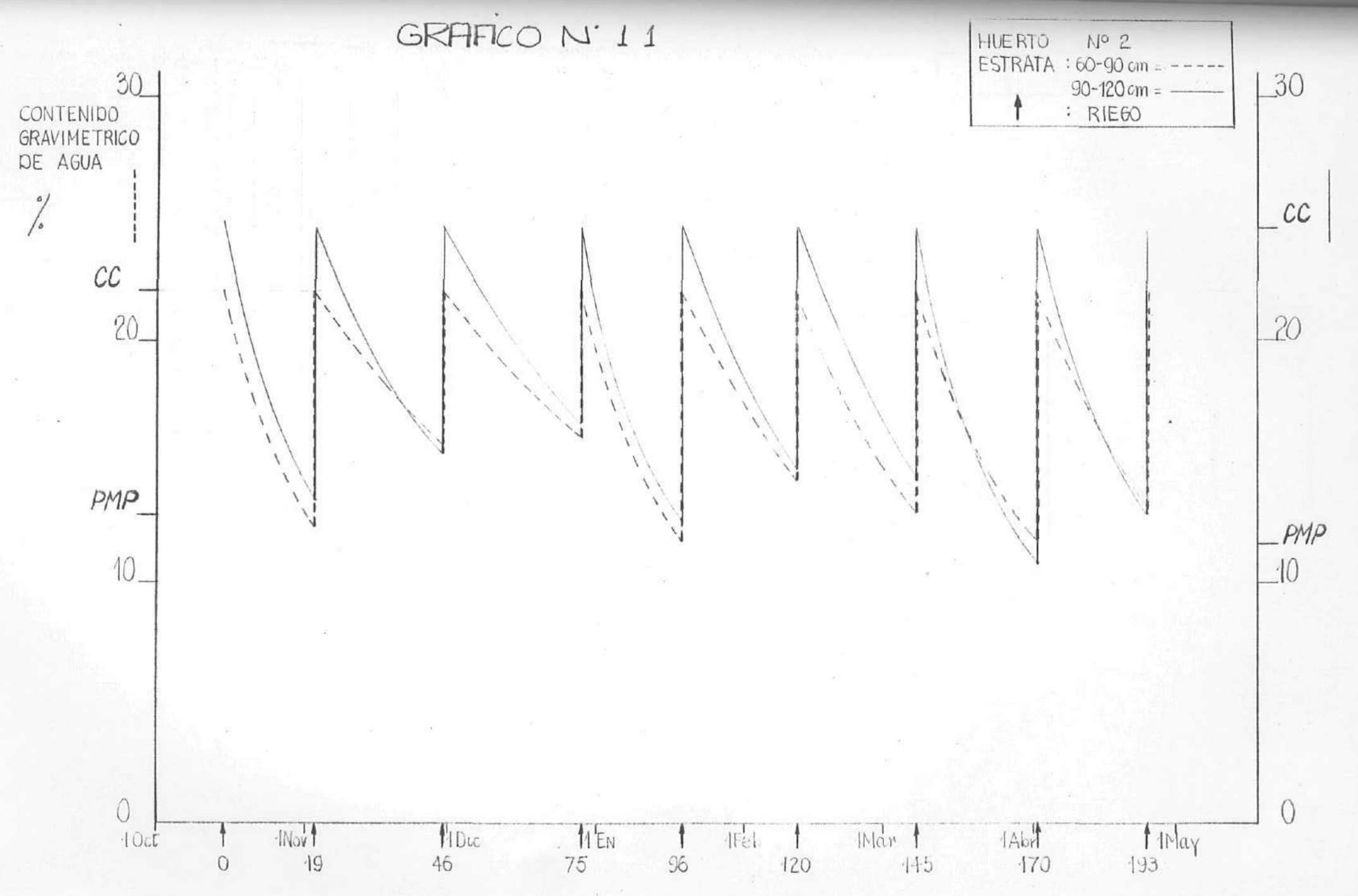
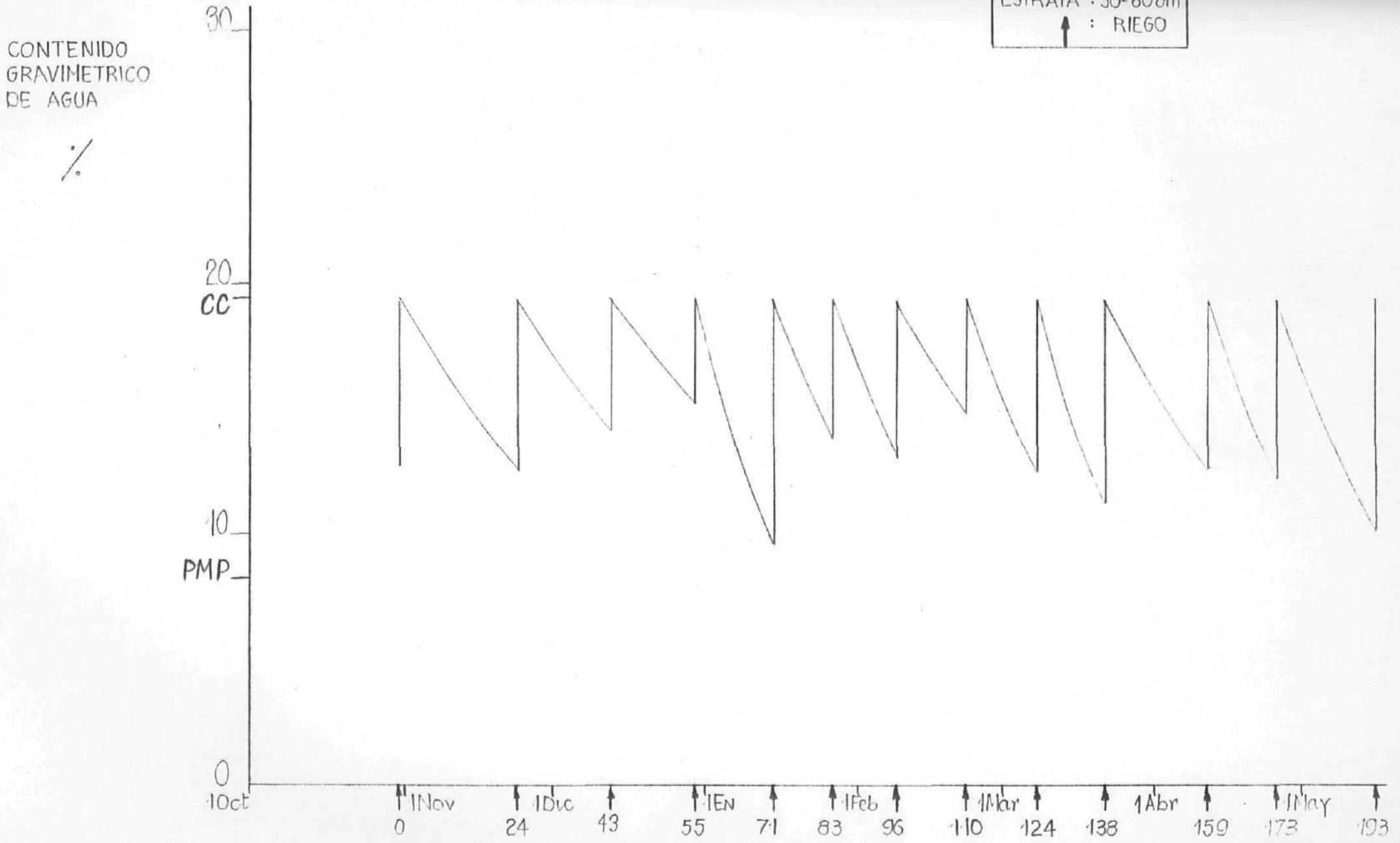

HUERTO Nº 2
ESTRATA : 60-90 cm = - - - - -
90-120 cm = ———
↑ : RIEGO
CONTENIDO GRAVIMETRICO DE AGUA
%
30
20
10
0
CC
PMP
1 Oct
1 Nov
1 Dic
1 En
1 Feb
1 Mar
1 Abr
1 May
0
19
46
75
96
120
145
170
193

GRAFICO N° 12

HUERTO Nº 3
ESTRATA : 30-60 cm
↑ : RIEGO



GRFIFICO N 13

HUERTO Nº 3
ESTRATA : 60-90cm
↑ : RIEGO

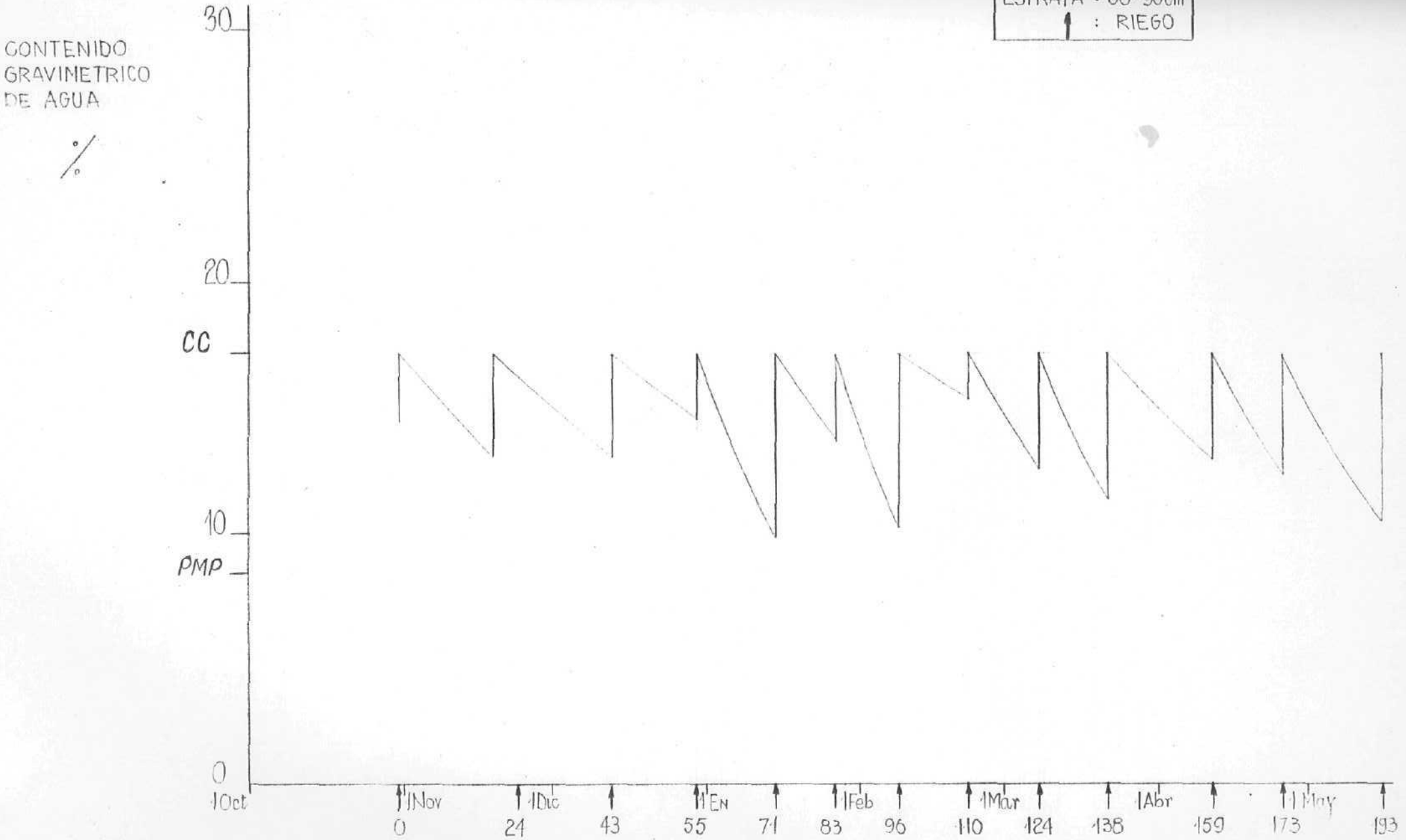


GRAFICO N° 14

HUERTO Nº 4
ESTRATA : 30-60 cm
↑ : RIEGO

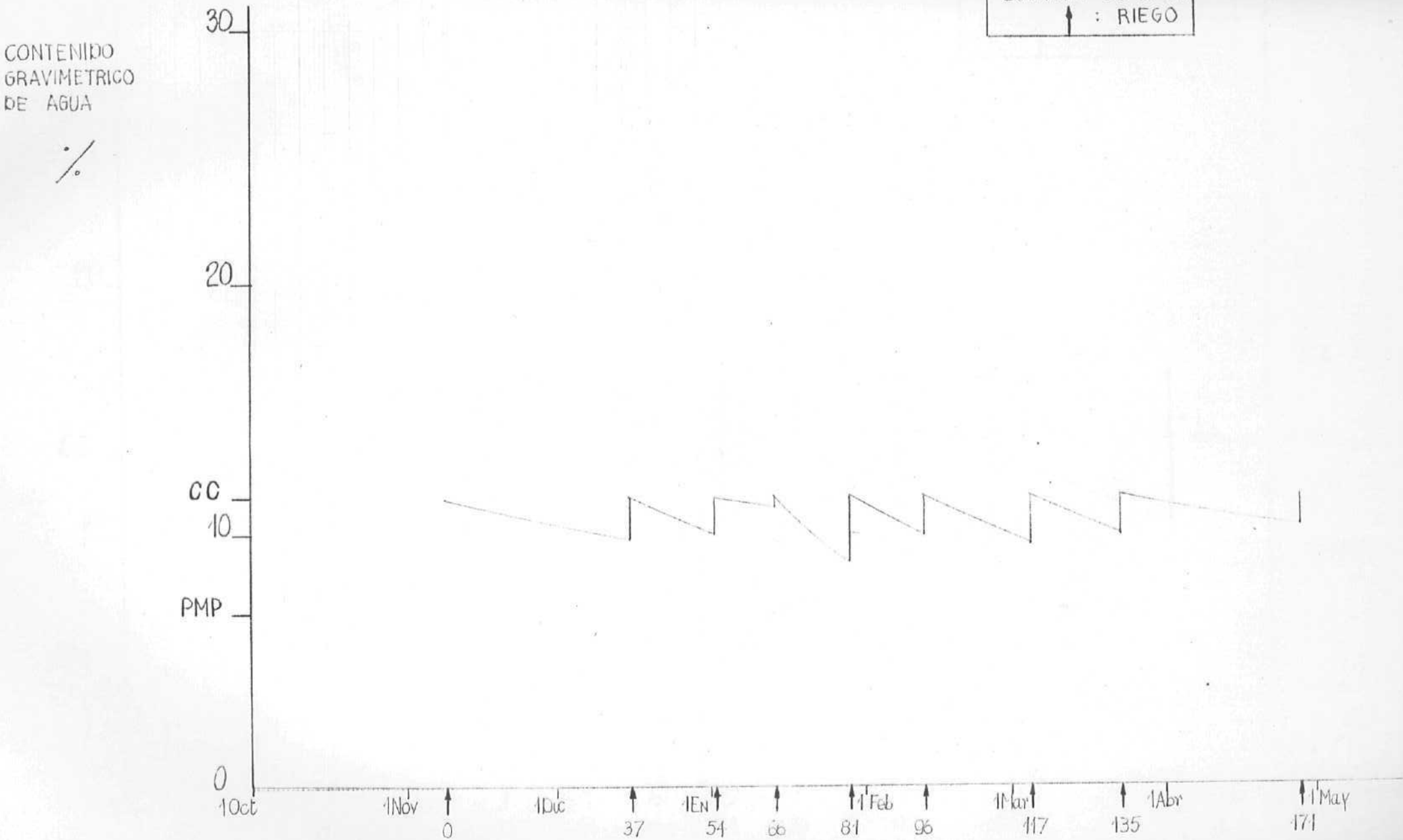


GRAFICO N° 15

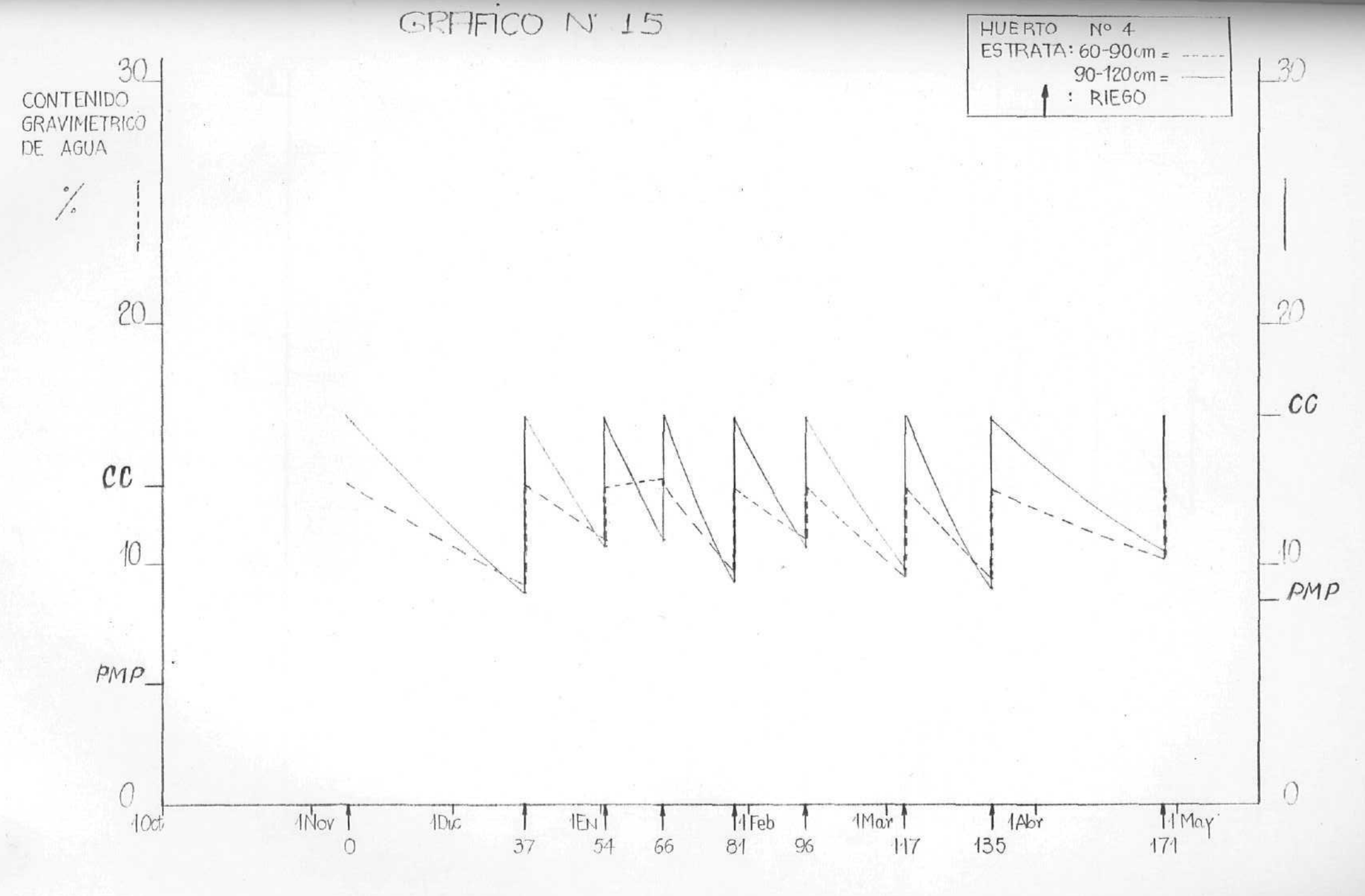

HUERTO Nº 4
ESTRATA: 60-90 cm = ----
90-120 cm = ——
↑ : RIEGO
CONTENIDO GRAVIMETRICO DE AGUA
%
30
20
CC
10
PMP
0
1 Oct
1 Nov
1 Dic
1 EN
1 Feb
1 Mar
1 Abr
1 May
0
37
54
66
81
96
117
135
171

GRAFICO N° 16

HUERTO Nº 5
ESTRATA: 30-60cm
↑ : RIEGO

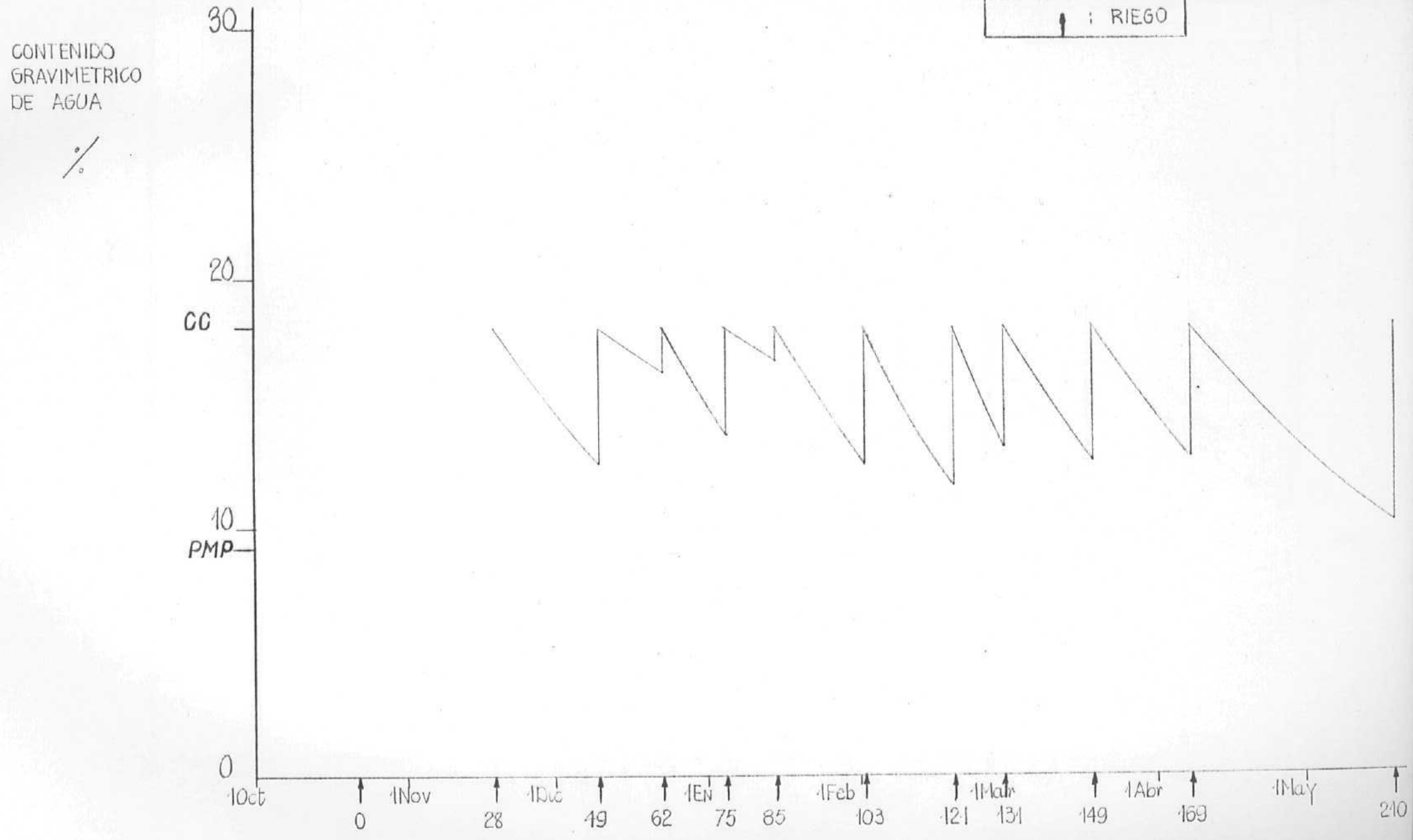


GRAFICO N° 17

HUERTO Nº 5
ESTRATA: 60-90 cm
90-120 cm
: RIEGO
CONTENIDO GRAVIMETRICO DE AGUA
%
30
20
CC
10
PMP
0
10 Oct
1 Nov
1 Dic
1 EN
1 Feb
1 Mar
1 Abr
1 May
0
28
49
62
75
85
103
121
131
149
169
210

GRAFICO N° 18

HUERTO Nº 6
ESTRATA: 30-60cm
↑ : RIEGO

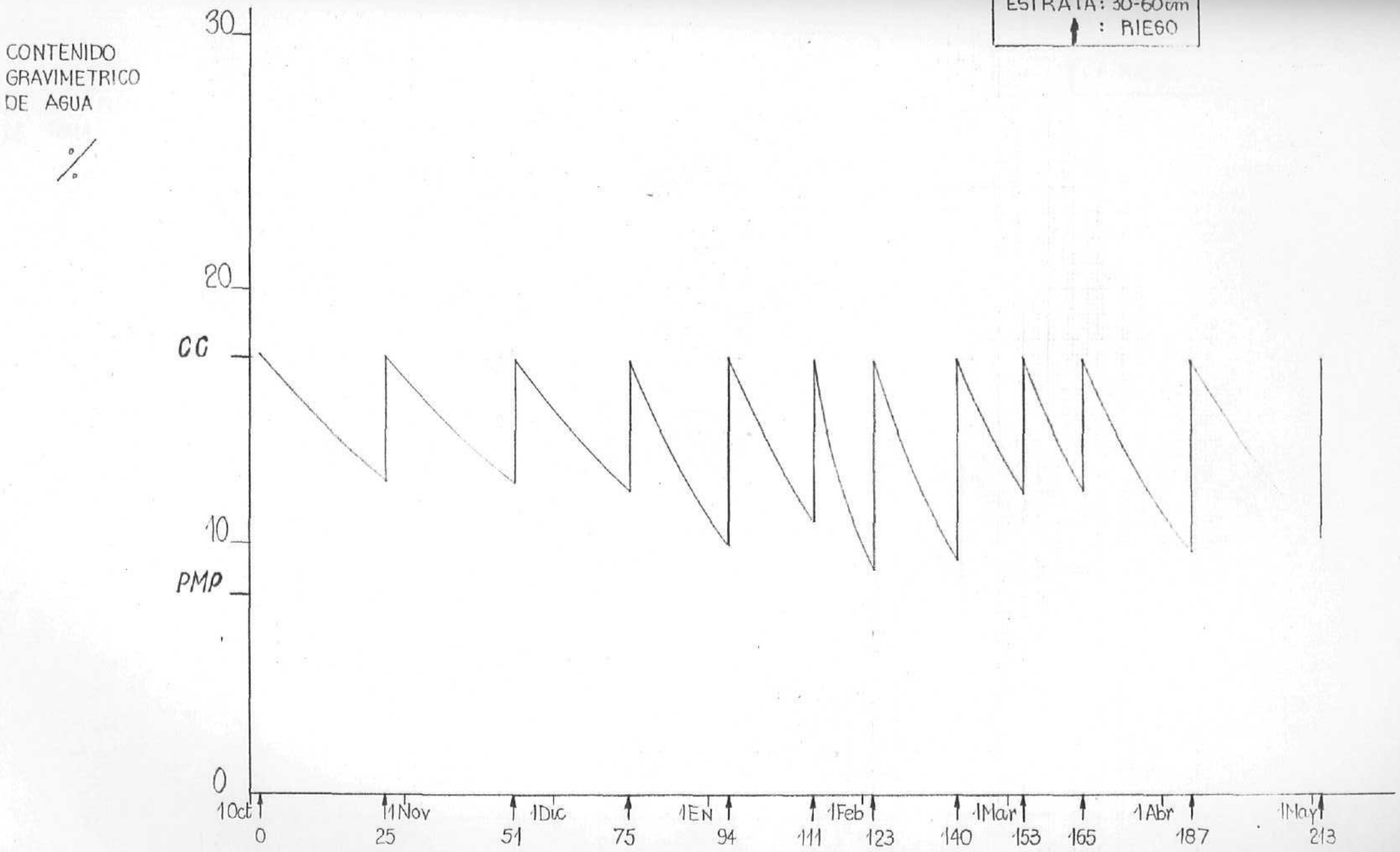


GRAFICO N° 19

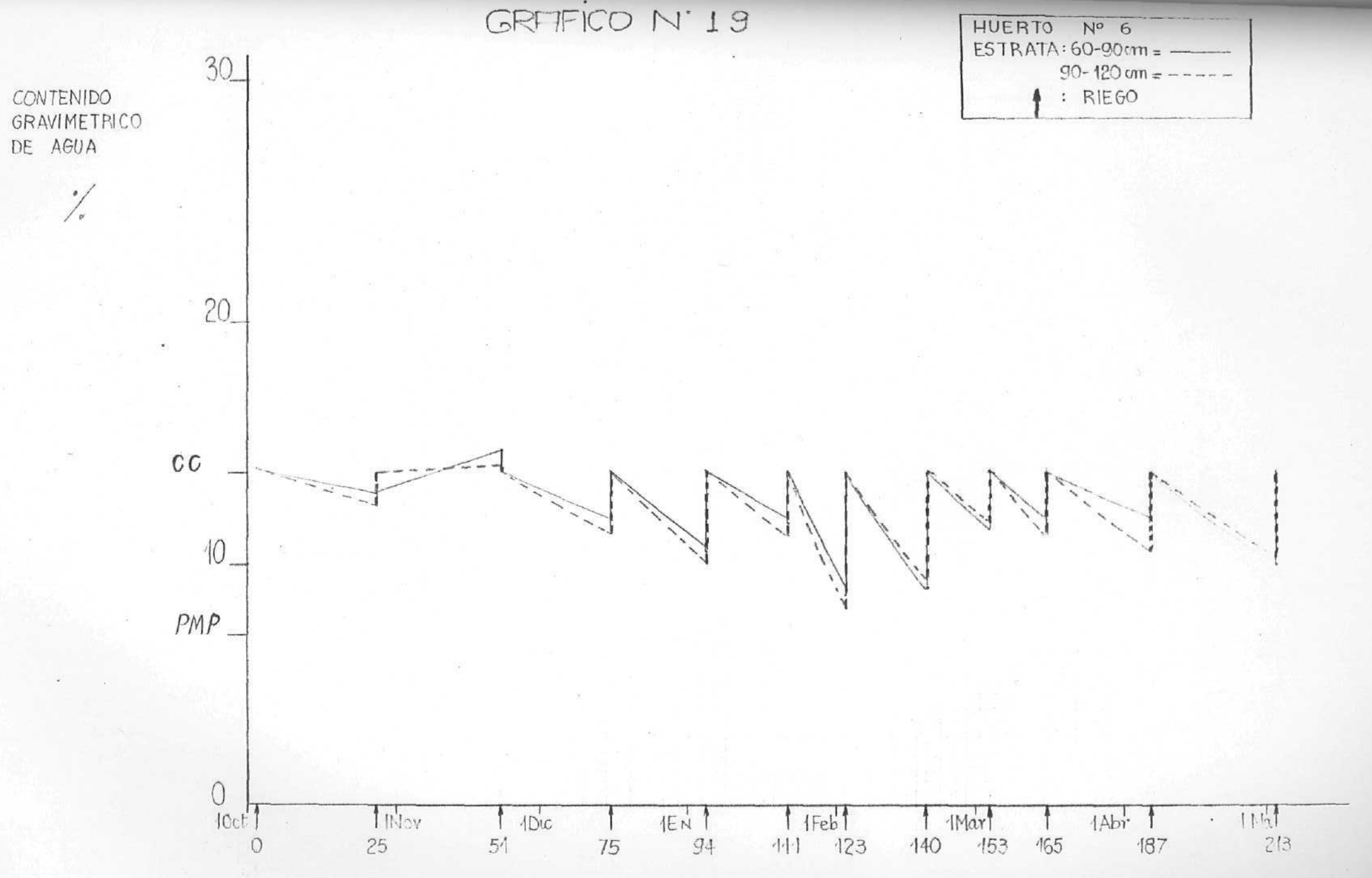

HUERTO Nº 6
ESTRATA: 60-90 cm = ———
90-120 cm = - - - - -
: RIEGO
CONTENIDO GRAVIMETRICO DE AGUA
%
30
20
CC
10
PMP
0
10ct
1Nov
1Dic
1EN
1Feb
1Mar
1Abr
1May
0
25
51
75
94
111
123
140
153
165
187
213

GRAFICO N°20

HUERTO Nº 7
ESTRATA : 30-60 cm
: RIEGO

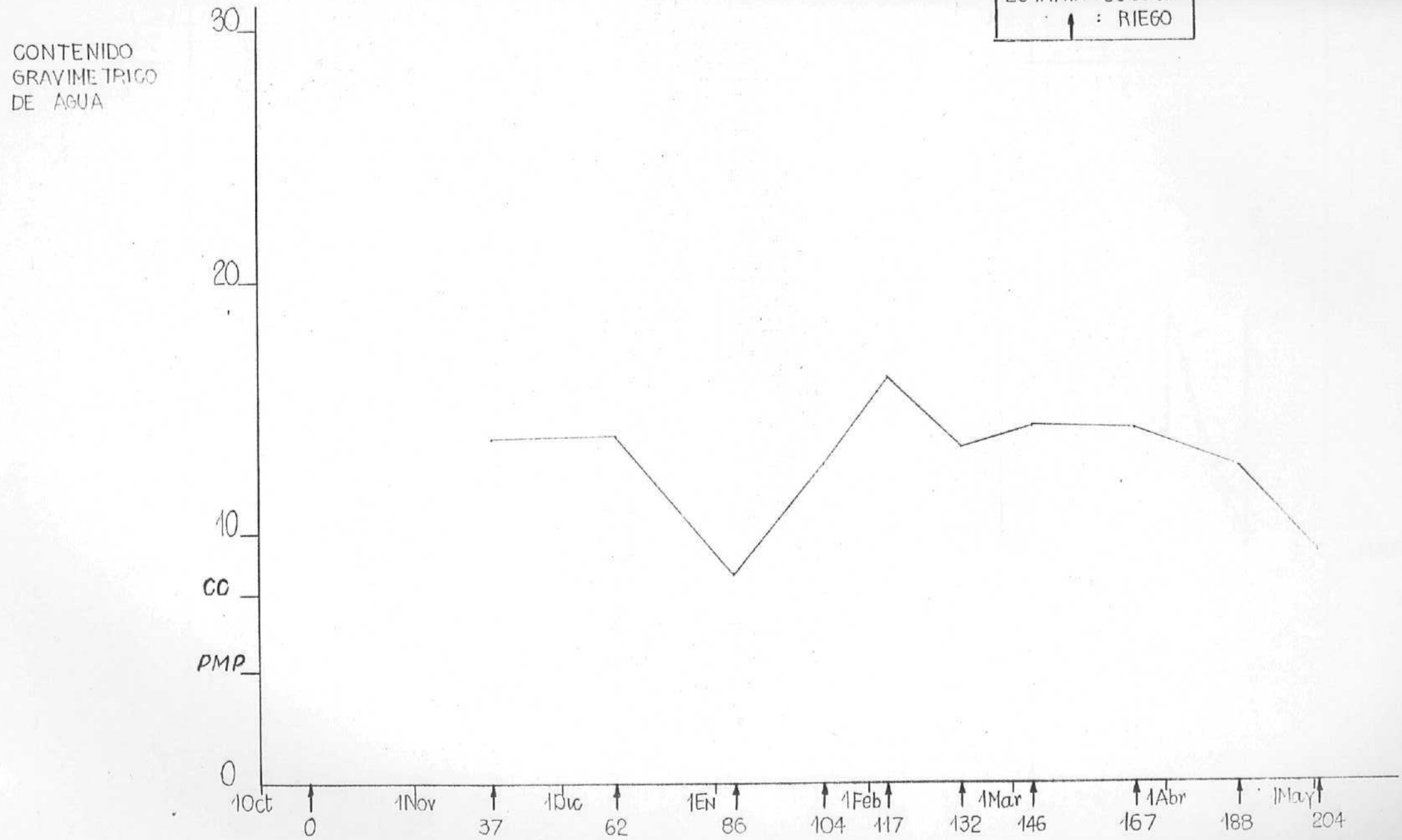
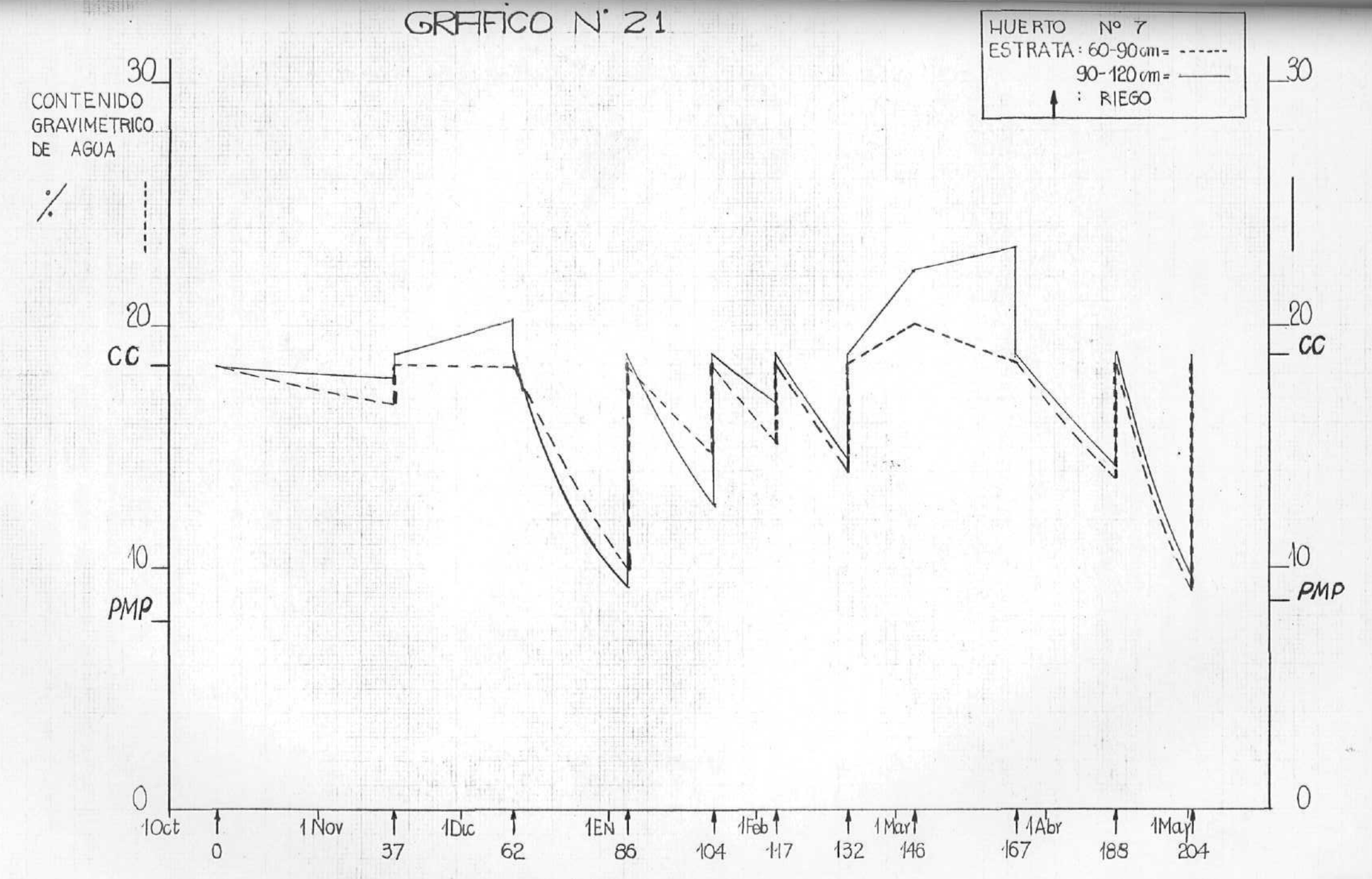


GRAFICO N° 21


HUERTO Nº 7
ESTRATA: 60-90 cm = ------
90-120 cm = ——
: RIEGO
CONTENIDO GRAVIMETRICO DE AGUA
%
30
20
CC
10
PMP
0
1 Oct
1 Nov
1 Dic
1 EN
1 Feb
1 Mar
1 Abr
1 May
0
37
62
86
104
117
132
146
167
188
204

tensión alcanza el PMP. En cambio en las estratas profundas, los contenidos de agua antes del riego, supera en ocasiones el PMP. Esto está demostrando una profundidad de riego que no alcanza regularmente los 120 cm. con lo cual no se llegaría a la capacidad de campo en esta última estrata.

Aunque las referencias señalan que la estrata90-120 cm. es de menor importancia para el palto, en un huerto de 30 años como éste, estos bajos contenidos hídricos en profundidad, redundan en que las raíces se confinen más superficialmente.

En el huerto N°3 (gráficos N°12 y N°13) las estratas profundas son de relativa menor importancia ya que por tratarse de un huerto en formación, las raíces bajo 90 cm. de profundidad son escasas. Por ello, la profundidad de riego es menor que en huertos de mayor edad. Si se analiza con detalle los gráficos, éstos señalan que en ocasiones hay un contenido menor de agua en la estrata 60-90 cm., lo que está indicando riegos relativamente superficiales.

El huerto N°4 posee una estrata de características arenosas que se encuentra entre los 30 y 60 cm. Por su baja capacidad de retención de agua, tiende a saturarse rápidamente. Si se estima que posee una baja fertilidad, la mayor cantidad de raíces activas se encontrará sobre y bajo esta estrata (Kramer), con lo cual la cantidad de agua consumida a este nivel es menor (gráfico N°14). La estrata 60-90 cm. (gráfico N°15), no alcanza a valores críticos de tensión, lo que indicaría que hasta esta profundidad se moja hasta CC riego a riego sin excepción. No así la estrata siguiente, en donde se acerca al PMP en algunos casos, lo cual indica que regularmente no se moja.

En el huerto N°5 puede afirmarse que la profundidad de riego llegó a los 120 cm. en cada oportunidad, ya que los contenidos de agua hasta los 120 cm. no alcanzan en general valores cercanos al PMP. lo cual está señalando que existe una tendencia a alcanzar la CC hasta la estrata más profunda. El consimo de la lámina de agua por las raíces del palto, en la estrata 90-120 cm., queda demostrado entre el penúltimo y el último riego de la temporada; al existir 41 días de diferencia entre cada uno de ellos (gráficos N°16 y N°17) el contenido de agua en esta estrata se ve disminuído en forma apreciable. Similar hecho ocurre en las otras estratas.

En el huerto N°6 se observa un alto consumo en la estra ta 30-60 cm (gráfico N°18), como también en la más superficial- comentada anteriormente -, acercándose en algunos períodos previos al riego, al PMP. Esto está complementando la información sobre la superficialidad de las raíces del palto. Las estratas más profundas - 60-90cm. y 90-120 cm. (gráfico N°13) - de iguales características físicas, mantienen ambas un comportamiento similar en cuanto a la variación de los contenidos hídricos a través de la temporada de riego. En períodos de alta demanda atmosférica - Febrero por ejemplo - estas estratas muestran los contenidos más bajos, lo cual demuestra el recurso de los árboles al estar en grave déficit las estratas superficiales.

El gráfico N°20 del huerto N°7, muestra la estrata 30-60 cm. - de textura arenosa - en un estado de saturación a través de toda la temporada de riego. En un perfil uniforme, en donde se intercala una estrata de estructura diferente, como en este caso, la continuidad en el paso de agua hacia abajo se altera, lo cual genera una napa colgante eventual, que se va drenando lentamente por capilaridad hacia arriba y por gravedad y capilaridad hacia abajo. Esto se agrava aún más, al encontrarse el drenaje interno del suelo en forma restringida, ante la presencia de una napa freática a los 120 cm. de profundidad.

En el gráfico N°21 que incluye la estrata 60-90 cm. y 90-120 cm. puede observarse el comportamiento de la napa. Esta tiene su acción claramente visible hasta aproximadamente 60 cm. durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, para bajar a un nivel profundo hasta mediados del mes de Febrero, subiendo nuevamente en Marzo. A partir de este mes comenzó a realizarse un dren artificial el que logró drenar los excesos de agua a partir del día 167 (ver gráfico) y por el resto de la temporada. Por ello en el período previo al último riego se llega al nivel más crítico de la tensión en la estrata de 90- 120 cm.

4. Uso - Consumo

a) Uso consumo de agua en Paltos para las condiciones medidas

Como se describe en la Introducción, los volúmenes totales aplicados por hectárea en un huerto de paltos varían según diversos factores. Según la bibliografía estos volúmenes fluctúan entre los 4.500 y 15.900 m^3 aplicados mediante riego por aspersión. Este sistema de riego tiene una eficiencia entre 60 a 75%. El uso consumo real sería entonces, el producto del volúmen por este factor de eficiencia, cuyo valor final fluctúa entre 3.150 y 11.130 m^3.

En las Tablas siguientes se indican los volúmenes que se deben aplicar - independientemente de la eficiencia de los sistemas de riego empleados - para volver a la CC el perfil del suelo hasta la profundidad potencial de arraigamiento por los árboles.

Se estimó que en cada riego se llega a la CC del suelo, aunque en muchas ocasiones esto no se logró en las estratas más profundas.

En la Tabla N°7 se indican los volúmenes de agua a aplicar durante la temporada de riego, para recuperar la lámina de agua consumida y volver, riego a riego, a la CC del suelo.

Estas cifras indican que en el huerto N°1 se necesitó 4.973 m^3/há en cinco de los seis riegos aplicados en la temporada. Esto, según los antecedentes, es un volúmen relativamente bajo para un suelo seco y, para en este caso, árboles en plena producción, pero no aís para un suelo que mantiene el nivel de la napa freática a los 100 cm. En la Tabla N°1 (Humedad aprovechable) se indica que este suelo permite retener 1.170 m^3/há de agua aprovechable en los 90 cm. de suelo en que potencialmente las raíces pueden desarrollarse. Pero por conceptos de riegos se aplicaron casi 1.000 m^3/há, en promedio, en cada una de las oportunidades en que se hizo.

TABLA N° 7. Uso consumo de Paltos para las condiciones del agua mediads entre riegos consecutivos (m^3/há)

Huerto N°	Riego N° 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total	$\bar{X}$ de aplicación en cada riego
1		1247.0	1416.3	770.5	686.9	855.0								4.973,7	995 m^3
2		1675.5	1240.5	1037.4	1774.2	1426.0	1615.0	1774.2	1881.2					12.224,5	1.528 m^3
3	45.6	36.0	48.0	56.1	17.1	43.9	32.1	57.7	36.3	22.6	36.3	31.2	15.9	478,8	37 m^3
4		957.3	700.9	516.4	930.7	733.8	898.4	894.4	778.1					6.410,0	800 m^3
5			924.2	594.8	897.9	529.5	923.5	1091.4	1016.0	991.3	1050.8	1366.7		9.386,1	938 m^3
6		715.0	574.8	869.4	1127.9	940.8	1298.9	1183.1	867.8	869.4	1024.3	1119.5		10.590,4	962m^3
7		53.8	-89.7	1164.5	428.2	47.7	372.1	-207.3	-221.3	457.1	1087.8			3.092,9	309 m^3

Si se estima que la influencia en la napa en este suelo es hasta los 60 cm. de profundidad, éstos aproximadamente 1.000 m^3/há/riego están aumentando el volúmen de la napa, ya que estos 60 cm. superficiales, que se encuentran bordeando el PMP en los períodos previos al riego (Ver Tablas de tensión), no permiten retener los volúmenes aplicados y van a incrementar el nivel de la napa.

El huerto N°2 recibió 12.224 m^3/há en ocho de los nueve riegos. El promedio de aplicación por riego es de 1.528 m^3/há, mientras que el volúmen de retención de estesuelo es de 1.680 m^3/há en 120 cm. de profundidad de éste.

Los volúmenes aplicados a este huerto son aceptables, si se toma en cuenta que estos volúmenes no se dispersan mayormente del promedio. Esto indica que la profundidad de aplicación del riego es aceptable, más aún si el agua se aplica cuando aún existe cierta cantidad de agua disponible por las plantas (10%). El alto consumo total de agua - 12.224 m^3 para los ocho de los nueve riegos -, está justificando los treinta años de edad del huerto, su gran desarrollo y, por consecuencia, el 85% aproximadamente de cobertura de la superficie del suelo por los árboles.

El huerto N°3, por tratarse de una plantación en formación, de tres años, posee un 5% de cobertura aproximadamente, por lo tanto, se regó solamente la superficie ocupada por los árboles.

A través de los trece riegos se necesitaron 478 m^3/há, cuyo promedio por riego es de 37m^3/há; siendo que la superficie de suelo ocupada por los árboles (se estimó el diámetro de la taza en 3,5 mt,). retenía 84 m^3/há hasta los 90 cm. de profundidad, ésto está indicando que la profundidad de riego es acpptable, pues siempre se realizaron cuando había una cantidad de agua disponible para las plantas relativamente apreciable.

El huerto N°4, recibió 6,410 m^3/há, distribuídos en ocho riegos, lo que da un promedio de 800 m^3/há/riego. Si se estima según la Tabla N°4, que se regó al alcanzar un promedio de 30% del total de agua disponible contenida en el suelo, y si este suelo retiene 1.080 m^3 en los 120 cm. de suelo (Tabla N°1), los 800 m^3, en promedio, aplicados en cada riego están indicando una buena profundidad de riego ya que mojaron solamente el perfil que era necesario.

El huerto N°5 recibió 9.386 m^3/há en diez de los doce riegos aplicados. El promedio fue de 938 m^3/há/riego, siendo 1.560 m^3 la capacidad de retención de agua en los 120 cm. de profundidad de este suelo. Los riesgos se realizaron cuando existía aproximadamente un 40-50% de agua disponible para las plantas en el suelo (ver Tabla N°4). Con ello, los 938 m^3/há aplicados en promedio en cada riego, indica una buena profundidad de mojamiento y con mayor beneficio para los árboles, al compararse con el huerto N°4, ya que este último tenía menos agua disponible al momento del riego. Aunque ambos son de la misma edad y distancia de plantación este huerto N° 5, tiene mayor desarrollo que el huerto N°4 y por consecuencia una mayor área foliar, hecho que estaría justificando el consumo más alto.

El huerto N°6 recibió 10.590 m^3 en once de los doce riegos efectuados en la temporada. Esto señala un promedio de 962 m^3/há/riego. Según la Tabla de Humedad Aprovechable el suelo retiene 1.320 m^3/há en los 120 cm. de profundidad del suelo.

Se regó, en promedio, cuando se alcanzó aproximadamente el 30% del agua disponible en el suelo, lo que demuestra que al aplicar 962 m^3/há/riego (70% aproximadamente del agua que retiene el suelo), se está mojando solamente los 120 cm. del suelo en promedio. Pero, al respecto, hay grandes diferencias de los contenidos de agua disponible en el momento del riego, por lo que a veces no se logró mojar el perfil totalmente y en otras ocasiones se llegó más allá del nivel límite de las raíces. Esto quedó demostrado con los muestreos de humedad, ya que presentaban diferencias significativas en sus contenidos a través de los riegos, especialmente en las estratas más profundas.

El consumo total de este huerto es alto con respecto a los demás, pues posee árboles en plena producción y de buen desarrollo, que cubren el 70% de la superficie del suelo.

El huerto N°7 necesitó 3.092 m^3/há en diez de los once riegos efectuados, lo que resulta en promedio una aplicación de 309 m^3/há/riego. Este suelo puede retener 1.410 m^3/há en los 120 cm. de profundidad del suelo.

Por conceptos de la napa freática, el aporte de agua subterránea es bastante importante, quedando demostrado en la Tabla N°7, en donde ciertos períodos el suelo mantiene agua en exceso (valores negativos); por ello el uso consumo medido es bajo y el agua aplicada en cada riego (309 m^3/há), se justifica sólo para mojar las estratas superficiales del perfil ya que las profundas mantienen en oportunidades el 100% o más de agua disponible para las plantas.

b) Uso consumo mensual y su interacción entre el contenido de agua en el suelo, succión y velocidad de transpiración

La planta, en forma similar al suelo, es un conductor hidráulico.

Si la conductividad de la planta permanece constante, a pesar de variaciones en el potencial de agua en el suelo, la diferencia de succiones entre las raíces y las hojas depende solamente de la velocidad de transpiración. Sin embargo, aparentemente la conductividad de la planta no es constante. Así, una progresiva reducción en el potencial del agua en el suelo, y por consiguiente también en la hoja, trae como resultado un cierre de estomas y un incremento de la resistencia en el transporte de agua hacia la atmósfera.

Un suelo arcilloso puede mantener una alta velocidad de transpiración durante un tiempo más prolongado que un suelo arenoso, ya que en el anterior, tanto su contenido de agua y su conductividad hidráulica son generalmente mayor en estado no saturado.

Según Gurovich (1975) bajo una evaporatividad de tres a cuatro mm/día, la velocidad real de evaporación comienza a caer bajo la velocidad potencial, con una succión promedio del agua del suelo de aproximadamente dos bares.

Bajo condiciones metereológicas extremas, con una evaporatividad de 6 mm/día, esta caída ocurre en valores de succión de 0.3 bares. Por otra parte, cuando la evaporatividad potencial es muy pequeña - 1.4 mm/día - no se presenta ninguna baja en la velocidad de transpiración hasta que la succión del agua del suelo llega a 12 bares.

En resúmen, la transpiración puede estar limitada ya sea por la disponibilidad de agua en el suelo para ser evapotranspirada o por el aporte de energía necesaria para la vaporización, siendo esta última determinada principalmente por factores climáticos como la radiación, la temperatura y la humedad relativa.

A continuación se presentan los gráficos y Tablas que señalan el uso consumo mensual y diario por los paltos.

El uso consumo aumenta a medida que es mayor la demanda atmosférica. Pero también es controlado directamente por las plantas, en base al agua disponible en el suelo.

Normalmente la mayor demanda ocurre en los meses de verano, coincidiendo con una mayor velocidad de transpiración. Como se puede observar en los gráficos, aún en Marzo y Abril de 1976 se mantienen valores relativamente altos de uso consumo. Esto se debe a las condiciones climáticas que imperaron en este período, en donde las altas temperaturas, así como la sequedad ambiental, se prolongaron hasta mediados de otoño, lo que permitió un abundante crecimiento vegetativo y por ende un mayor consumo de agua.

Como dato ilustrativo, cabe señalar que este mayor y prolongado crecimiento motivó que el follaje aún tierno fuera muy dañado por las heladas de fines de otoño.

En base a la Tabla N°8, se puede afirmar que el mayor consumo se encuentra en los meses de verano, aunque no se observe regularmente en los gráficos N°22 al N°28 una curva simétrica y con un máximo único y marcado.

TABLA Nº 8. Uso consumo mensual de Paltos para las condiciones del agua medidas (m^3/há)

Mes	Herto Nº 1*	Huerto Nº 2*	Huerto Nº 3	Huerto Nº 4*	Huerto Nº 5*	Huerto Nº 6*	Huerto Nº 7*
				m^3/há			
OCTUBRE	890.71	1439.23	45.6			778.86	29.73
NOVIEMBRE	1030.70	1426.66	50.4	478.65	484.10	748.03	24.06
DICIEMBRE	965.56	1206.37	81.71	1097.55	1556.67	1478.27	921.89
ENERO	733.59	1605.22	78.85	1634.37	1678.72	2196.94	700.15
FEBRERO	711.85	1821.20	95.47	1340.20	2108.69	2108.60	390.44
MARZO	641.25	2167.42	58.89	1261.47	1723.38	1865.56	112.77
ABRIL		1829.27	55.12	605.18	1153.67	1355.85	1297.00
MAYO			12.72		633.34	89.56	127.97
TOTAL	4970	11493	480	6417	9338	10617	3600

(*) No incluye riego Nº 1

USO CONSUMO MENSUAL

EN MM/DÍA.

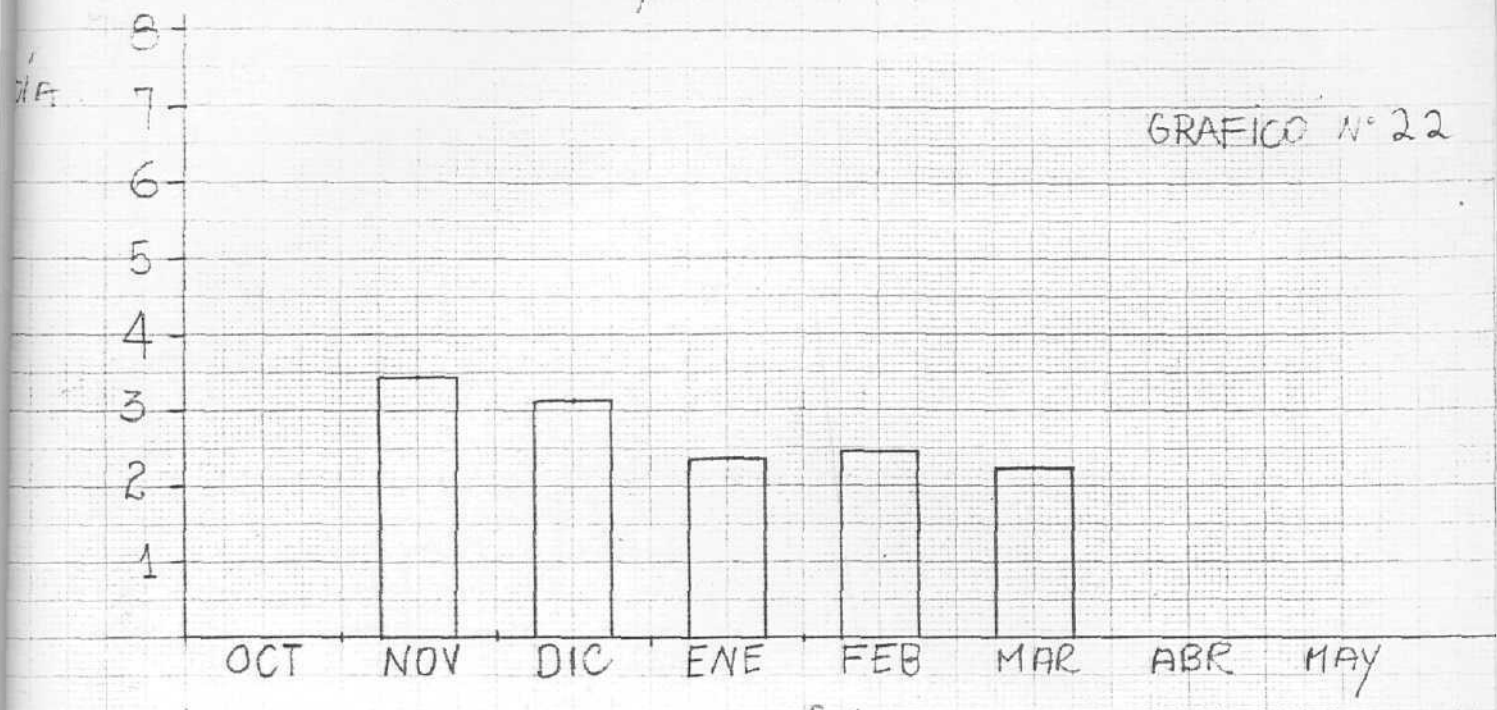


GRAFICO N° 22

HUERTO N° 1

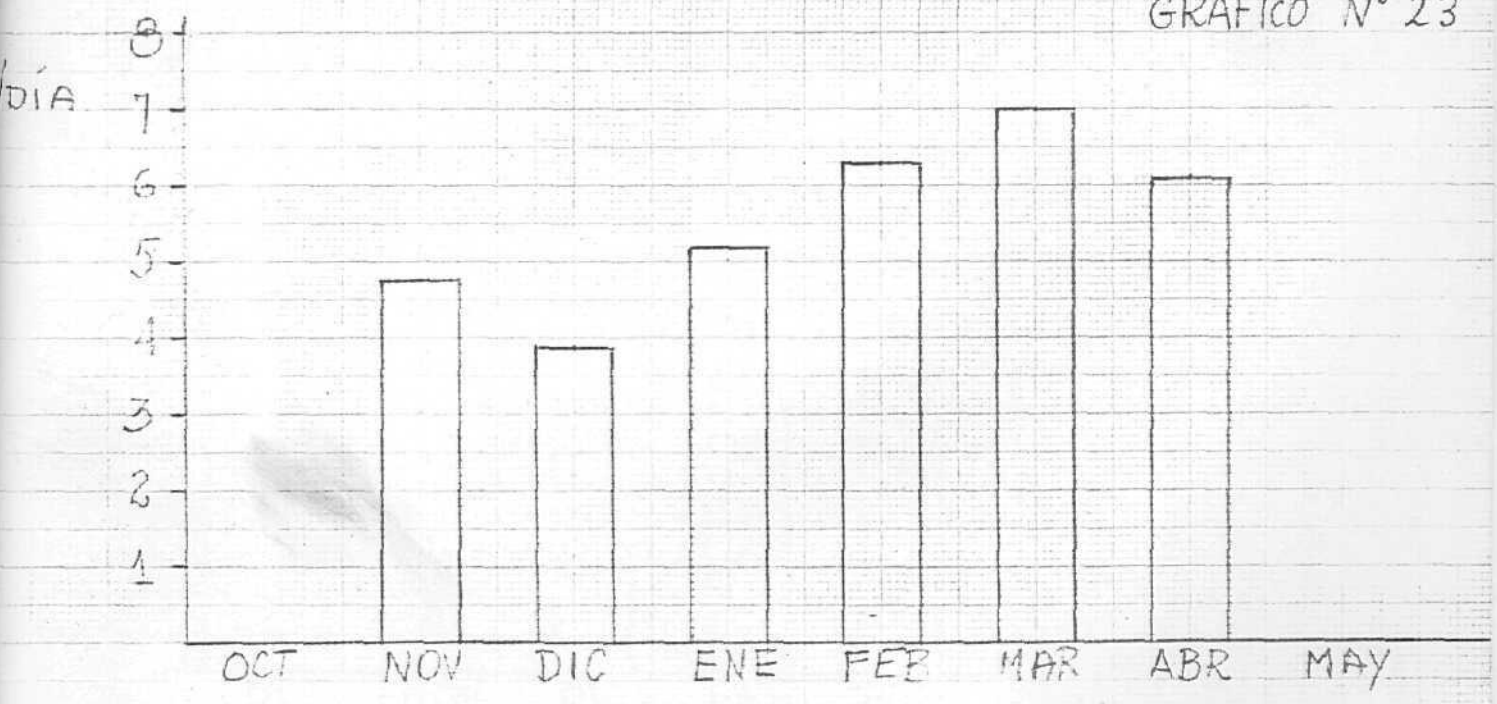
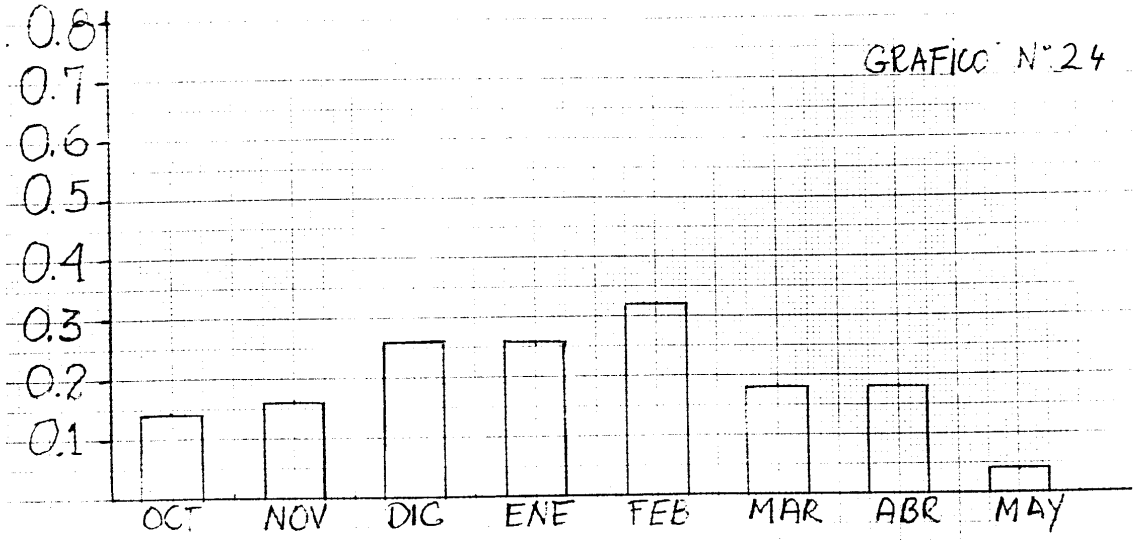


GRAFICO N° 23

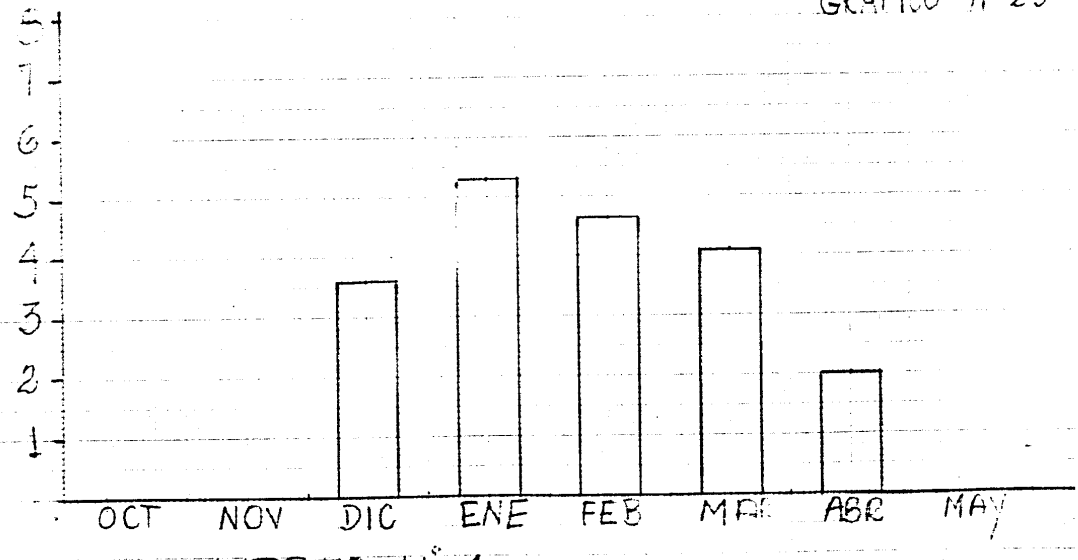
HUERTO N° 2

GRAFICO N°24



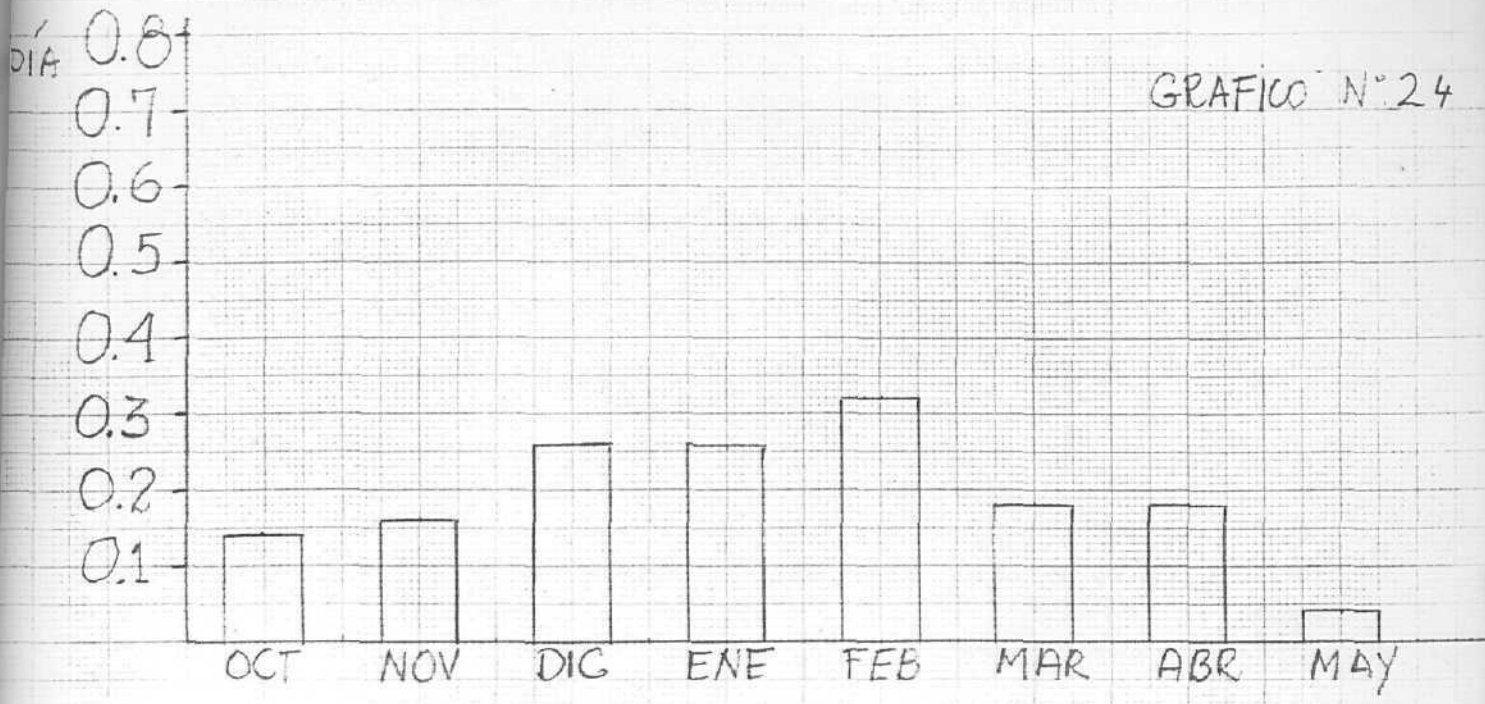
HUERTO N°3

GRAFICO N°25



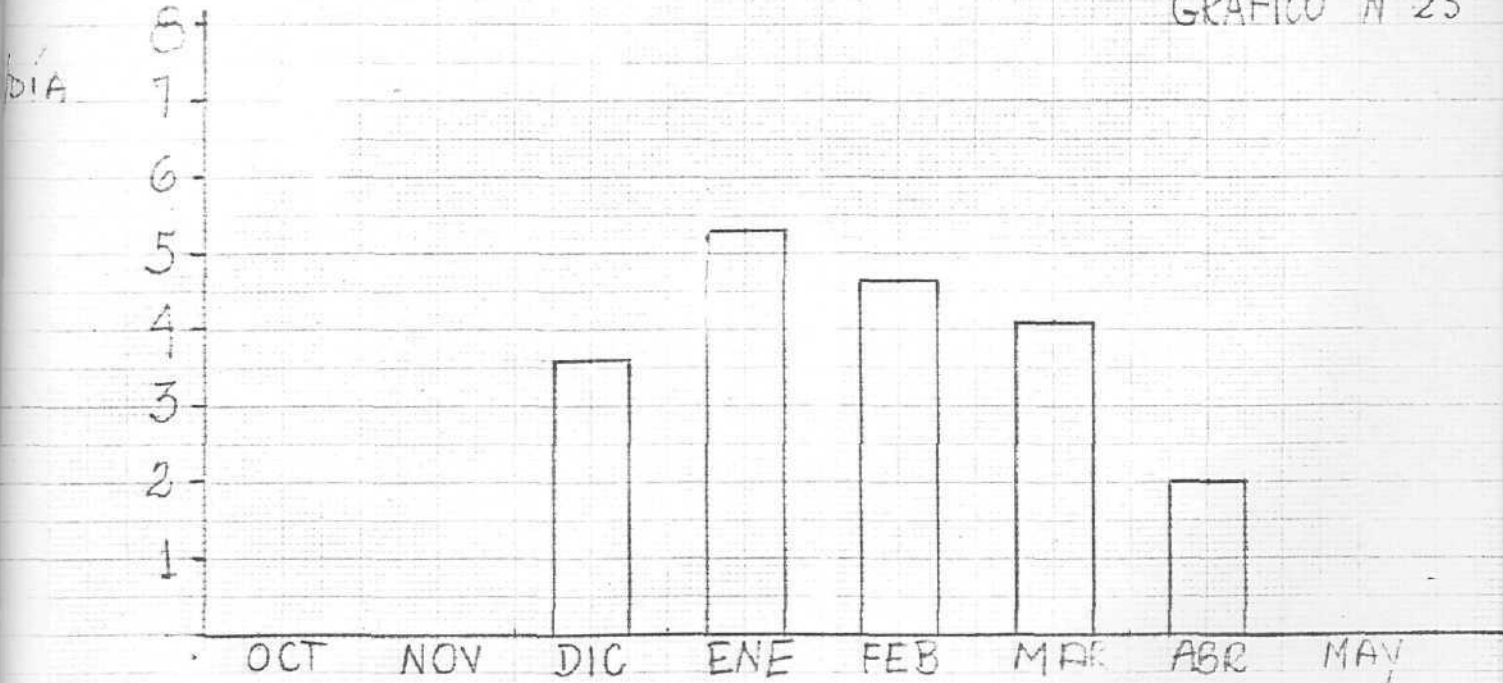
HUERTO N°4

GRAFICO N° 24



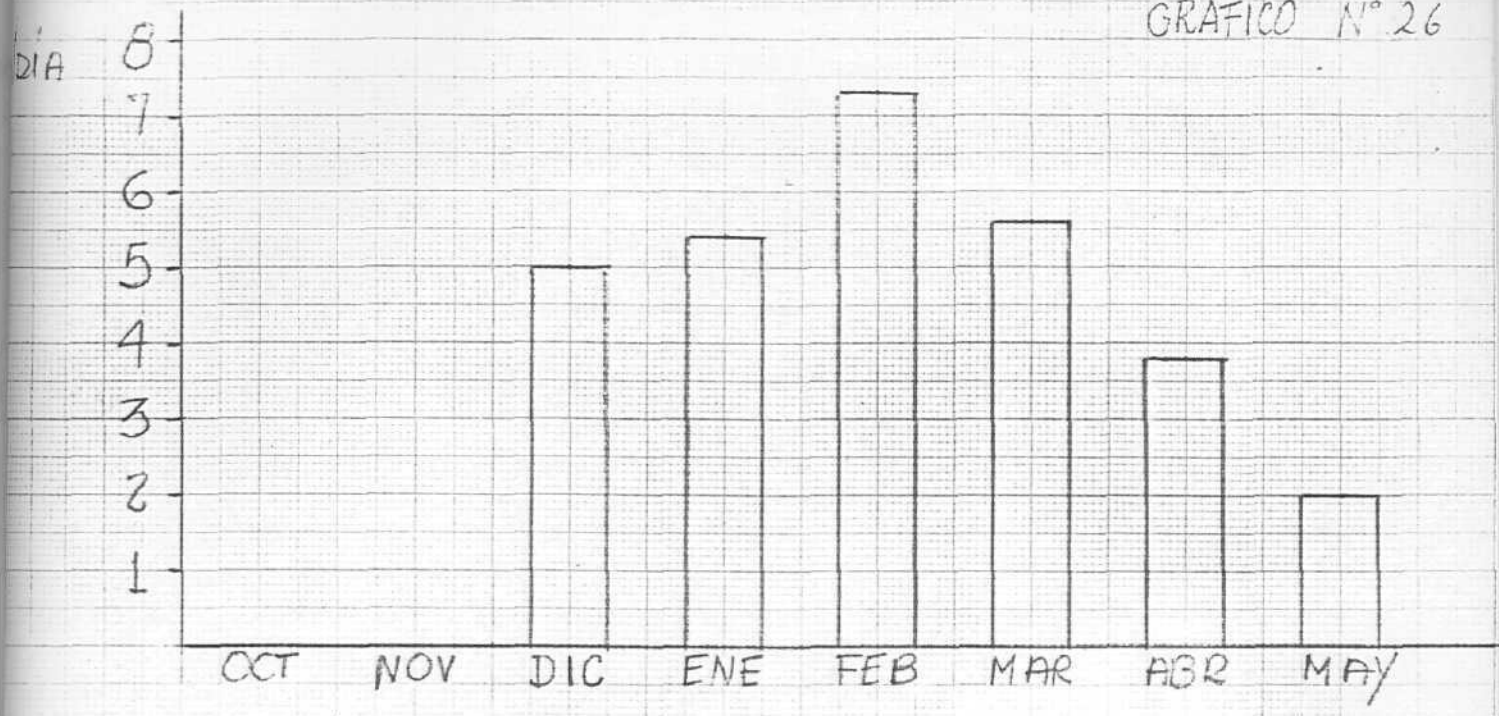
HUERTO N° 3

GRAFICO N° 25



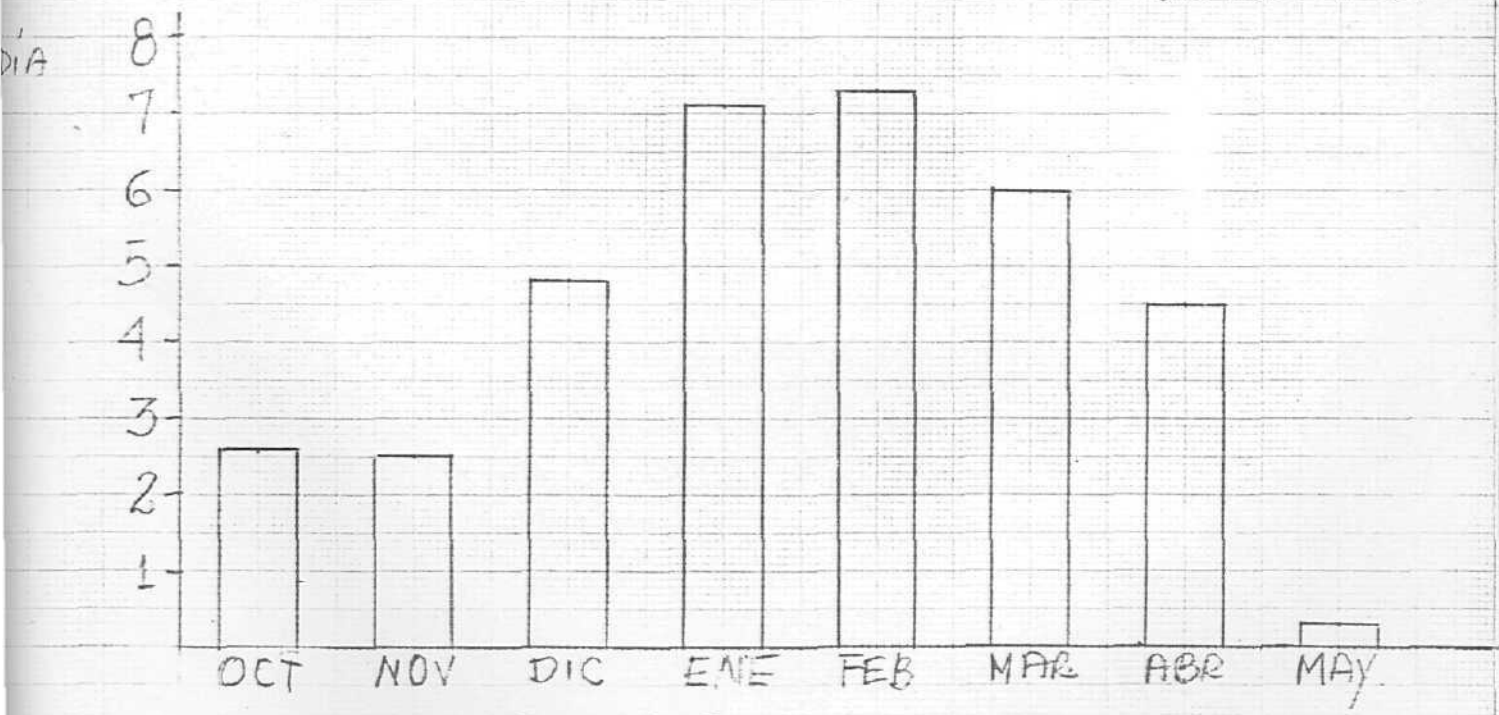
HUERTO N° 4

GRAFICO N° 26



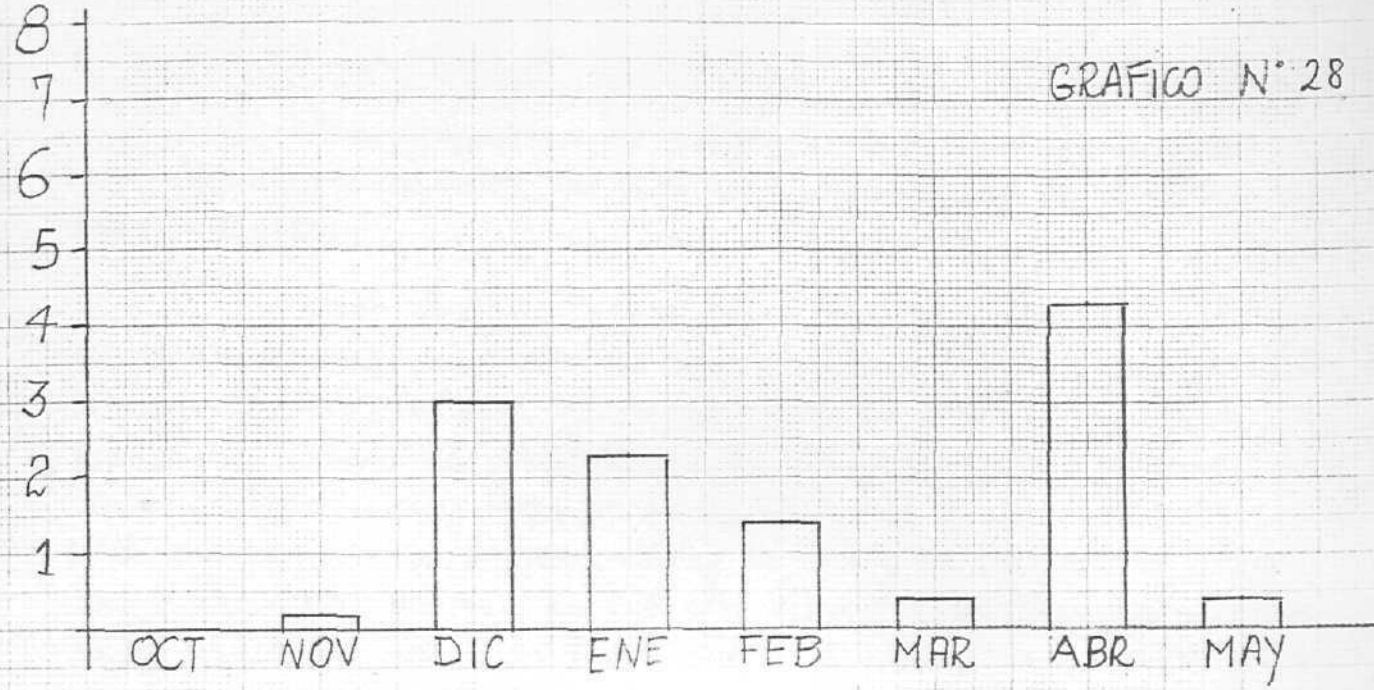
HUERTO N° 5

GRAFICO N° 27



HUERTO N° 6

GRAFICO N° 28



HUERTO N° 7

Puede observarse en el gráfico N° 22, que el consumo diario del huerto N°1 va disminuyendo a medida que aumenta la evaporación potencial en los meses de verano y no vuelve a subir.

Con respecto a lo anterior, hay una relación estrecha entre la disponibilidad de agua en el suelo y el uso consumo mensual y diario.

Este huerto, pese a tener una napa freática, no tiene un abastecimiento adecuado de agua en las estratas superficiales, durante largos períodos en la temporada de riego. Por ésto, los árboles no tienen la posibilidad de evapotranspirar un mayor volúmen de agua. Este aspecto se aprecia muy bien en el gráfico N°22 durante el mes de Noviembre, en donde de produce el mayor uso consumo del huerto, ya que aún existe agua disponible retenida al suelo con una baja tensión y en donde es de relativa facilidad su absorción y transpiración por las plantas. Más adelante, la napa tiende a bajar y los riegos no alcanzan a reponer la lámina consumida, por lo que el agua disponible va disminuyendo paulatinamente en la temporada y con ella el uso consumo.

Por otra parte, el uso consumo diario no supera los 3,4 mm.; es decir, es un valor bajo. Este aspecto está también directamente relacionado al escaso follaje que presentan los árboles y que cibren muy parcialmente la superficie.

El huerto N°2, posee un gran desarrollo, que como se puede observar en la Tabla N°2 cubre el 85% de la superficie. Por tal motivo, el volúmen de agua consumido por hectárea es bastante alto, alcanzando su máximo en el mes de Marzo, con 2,167 m^3 y con un consumo diario de 7 mm. para ese mes (Gráfico N° 23).

Es obvio suponer que las temperaturas más altas, y por ende la mayor evapotranspiración, se encuentran en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, para decaer en un año normal en el mes de Marzo y Abril. Según el gráfico N°23, para este huerto esta relación no se produce.

Al analizar la premisa de que las plantas evapotranspiran más en la medida que mayor sea el contenido hídrico aprovechable del suelo, este huerto tuvo un período entre Diciembre y Febrero, en donde las frecuencias de riego empleadas, no abastecieron los requerimientos del cultivo y sólo en Marzo se llega a la relación anterior; vale decir se alcanzó un equilibrio entre un contenido adecuado en el suelo en relación a la demanda atmosférica imperante en ese período.

El comportamiento de la evapotranspiración diaria, a través de los meses, puede apreciarse de una mejor forma, al analizar el caso del huerto N°3, que estuvo bajo una alta frecuencia de riego. Por tratarse de un huerto en formación, que solamente cubre el 5% de la superficie, posee un uso consumo bajo y con una evapotranspiración diaria que no supera en el mejor de los casos los 0.32 mm. en el mes de Febrero (Gráfico N°24).

Es así, como en esta oportunidad se mantiene esta relación de un mayor uso consumo en los meses de verano, especielmente en Febrero, disminuyendo en los meses siguientes.

Similar hecho sucede en el huerto N°4, que posee un mayor uso consumo diario de 5,3 mm., para ir disminuyendo también en los meses siguientes.

En el caso del huerto N°5, de características muy similares a la anterior, posee un mayor uso consumo general, con respecto al huerto N°4, ya que éste tiene un menor desarrollo y en donde el porcentaje de cobertura es inferior. Por ello, y porque estuvo dometido a riegos más frecuentes durante cierto período del verano, el uso consumo diario se eleva a 7,3 mm. en el mes de Febrero, cifra bastante mayor a todos los huertos anteriores. (Gráficos N° 25 y N° 26).

Existe una diferencia bastante significativa entre el uso consumo del mes de Enero - 5,4 mm./día - y el mes de Febrero que, como se señaló anteriormente, es de 7,3mm/día. Esto está motivado por el menor abastecimiento de agua en el mes de Enero, que

impide una mayor evapotranspiración, ya que no hay diferencias tan significativas entre los meses de Enero y Febrero en cuanto a temperaturas, radiación y humedad relativa.

En el caso del huerto N°6, muestra su mayor uso consumo en el mes de Febrero, son 2.108 m^3 y con una evapotranspiración de 7,3 mm. diarios. Se puede observar en el gráfico N° 27, que los árboles muestran un alto uso consumo desde el mes de Diciembre hasta Abril, lo que está señalando que en este último mes también existió una demanda evaporativa alta, y que fue más o menos superada con un abastecimiento de agua que incluyó un último riego en los primeros días de Mayo. Entre los meses de Enero y Febrero, no se observa una gran diferencia en el uso consumo, que siendo de valores altos, indica que los riegos durante ambos meses permitieron una alta evapotranspiración del huerto, ya que aunque los árboles no tienen un alto porcentaje de cubrimiento, muestran un gran desarrollo.

El huerto N°7, tiene importantes aportes de agua por medio de la napa freática. Esto hace que los contenidos de agua, en el momento previo al riego fueran superiores a lo normal de un huerto sin este problema. Por ello el uso consumo general estimado es bajo y es constante a través de todo el verano.

El gráfico N°28 permite apreciar las fluctuaciones de la napa freática, que tiende a subir en Enero, Febrero y Marzo, ya que el uso consumo se va haciendo paulatinamente menor. A partir de este último mes, se realizó un drenaje artificial en todo el huerto, lo que permitió bajar el nivel de la napa, logrando con ello que disminuyeran los contenidos de agua en el suelo previo a cada riego, llegando incluso a tensiones bastante críticas en el mes de Abril (Ver gráfico N°21, sección stress). En el gráfico N°28 se aprecia claramente el efecto de este dren y el gran consumo del mes de Abril, que con 4,32 mm. diarios pasa a ser el más alto de la temporada.

El menor uso consumo, registrado durante los meses de Noviembre a Marzo, no significa que los árboles estuvieran imposibilitados de evapotranspirar, sino todo lo contrario, ya que la evapotranspiración real debe ser bastante elevada, ya qye el agua disponible en el suelo, está generalmente a niveles de baja tensión.

En los huertos anteriores, el uso consumo mensual diario se tomó en base al agua consumida por concepto de aplicaciones mediante riego artificial; es decir, era la única forma de aportar agua. En este último caso, el aporte de agua a los árboles se realiza además por medio de la napa freática.

5. Infiltración

El movimiento cíclico del agua en el suelo, comienza con su entrada en el perfil, a través del proceso de infiltración; continúa con su almacenamiento temporal en la zona de arraigamiento y termina con la remoción desde el suelo por el drenaje, la evaporación o la absorción por las plantas.

La infiltración o entrada de agua en el suelo ocurre generalmente en la superficie y tiene dirección vertical hacia abajo. El agua puede entrar a través de toda la superficie del suelo en forma uniforme - por ejemplo cuando llueve o está inundado - o también puede entrar a través de tazas, surcos o acequias, e incluso, puede moverse hacia arriba en el perfil del suelo, desde una fuente interior, como ser una napa freática.

El proceso de infiltración es de gran importancia práctica, ya que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento, determinándose así el peligro de erosión durante inundaciones o lluvias muy intensas. En casos que la infiltración es limitante, todo el sistema de economía de agua de la zona de enraizamiento puede ser afectado.

El contenido hídrico del suelo, en el momento del riego, influye enormemente la velocidad a la cual el agua penetra en el suelo. Este, en un comienzo, absorbe rápidamente el agua. A

medida que la aplicación de ésta continúa, la superficie del suelo se satura gradualmente y la velocidad de infiltración decrece hasta que alcanza un valor prácticamente constante, que se denomina velocidad de infiltración básica o estabilizada. Según Tosso y Tondreau (1975), los factores que influyen en la velocidad de infiltración son aquellos que afectan las propiedades físicas del suelo, tales como la naturaleza del perfil, compactación, sellamiento superficial, sales del agua y el suelo, sedimentos del agua de riego, materia orgánica y grietas.

Por ello, para un manejo eficiente del suelo y del agua se requiere un conocimiento detallado del proceso de infiltración, en cuanto éste se correlaciona con las propiedades del suelo y por el aporte del agua al sistema.

Las ecuaciones de las curvas de velocidad instantánea (I), infiltración acumulada (D) y el tiempo de infiltración básica, se presentan a continuación:

Suelo	$D = CT^b$ (cm)	$I = KT^n$ (cm/min)	$T = 600\ n$ (min)
Huerto 1	$0.72T^{0.454}$	$19.6T^{-0.546}$	327
Huerto 2	$0.64T^{0.6481}$	$24.8T^{-0.3519}$	211
Huerto 3	$0.85T^{0.5308}$	$27\ T^{-0.4692}$	281
Huerto 4	$1.70T^{0.529}$	$53.9T^{-0.471}$	282
Huerto 5	$0.52T^{0.605}$	$18.3T^{-0.395}$	237
Huerto 6	$0.73T^{0.5865}$	$25.6T^{-0.413}$	248
Huerto 7	$1.22T^{0.4200}$	$30.7T^{-0.580}$	348

Comparando las ecuaciones en las curvas de velocidad de infiltración instantánea e infiltración acumulada, se puede observar que el suelo del huerto 4, almacena un mayor contenido de

agua por unidad de tiempo, teniendo a su vez la más alta velocidad de infiltración.

Por otra parte, se debe señalar que ciertos suelos presentan un comportamiemto similar frente al proceso de infiltración. Es el caso de los suelos de los huertos 2, 3, 6, 7. Por otra parte el huerto N°1, presenta la velocidad de infiltración más lenta, así como también es el suelo que acumula menos agua por unidad de tiempo.

La Tabla N° 9, señala el tiempo de riego necesario para reponer la lámina de agua consumida y volver a la capacidad de campo del perfil, hasta la profundidad potencial de enraizamiento.

Con respecto a esto, cabe señalar que al determinar los contenidos hídricos en las estratas profundas, se encontraron déficits bastante significativos, lo cual está indicando que los tiempos de riego no fueron lo suficientemente adecuados como para reponer a través de cada riego la lámina de agua consumida a este nivel. Esto sucede regularmente en los huertos N°2 y N°6 donde la estrata (90-120 cm.) mantiene el agua con mayor tensión que la superior a ella (60-90 cm.), siendo que esta última posee mayor cantidad de raíces.

Otros huertos, como el N° 1 y el N° 7, que poseen una napa freática, necesitan de un conocimiento detallado de la velocidad de infiltración, puesto que sólo necesitan mojar una fracción del perfil, con el fin de no incrementar el nivel de la napa y así evitar un daño al sistema radicular.

BLA N° 9. Tiempos de Riego necesarios para suplir el déficit de agua.

Huerto N° 1

Déficit de agua total m^3-há	Tiempo de Riego horas : minutos
50	0 : 0
75	0 : 1
100	0 : 2
125	0 : 3
150	0 : 4
175	0 : 7
200	0 : 9
225	0 : 12
250	0 : 15
275	0 : 18
300	0 : 23
325	0 : 27
350	0 : 32
375	0 : 37
400	0 : 43
425	0 : 49
450	0 : 56
475	1 : 3
500	1 : 10
525	1 : 18
550	1 : 27
575	1 : 36
600	1 : 45
625	1 : 55
650	2 : 6
675	2 : 17
700	2 : 28
725	2 : 40
750	2 : 53
775	3 : 6
800	3 : 19
825	3 : 33
850	3 : 48
875	4 : 3
900	4 : 18
925	4 : 34
950	4 : 51
975	5 : 8
1000	5 : 26

TABLA N° 9. Huerto N° 2

Déficit de agua total m^3/há	Tiempo de Riego horas : minutos
50	0 : 0
75	0 : 1
100	0 : 1
125	0 : 2
150	0 : 3
175	0 : 4
200	0 : 5
225	0 : 6
250	0 : 8
275	0 : 9
300	0 : 10
325	0 : 12
350	0 : 13
375	0 : 15
400	0 : 16
425	0 : 18
450	0 : 20
475	0 : 21
500	0 : 23
525	0 : 25
550	0 : 27
575	0 : 29
600	0 : 31
625	0 : 33
650	0 : 35
675	0 : 37
700	0 : 39
725	0 : 41
750	0 : 44
775	0 : 46
800	0 : 48
825	0 : 51
850	0 : 53
875	0 : 55
900	0 : 58
925	1 : 0
950	1 : 3
975	1 : 6
1000	1 : 8

TABLA N° 9. Huerto N° 3

Déficit de agua total m^3/há	Tiempo de Riego horas : minutos
50	0 : 0
75	0 : 1
100	0 : 2
125	0 : 3
150	0 : 4
175	0 : 5
200	0 : 6
225	0 : 7
250	0 : 9
275	0 : 10
300	0 : 12
325	0 : 14
350	0 : 16
375	0 : 18
400	0 : 20
425	0 : 22
450	0 : 24
475	0 : 26
500	0 : 28
525	0 : 31
550	0 : 33
575	0 : 36
600	0 : 38
625	0 : 41
650	0 : 44
675	0 : 47
700	0 : 49
725	0 : 52
750	0 : 55
775	0 : 58
800	1 : 1
825	1 : 5
850	1 : 8
875	1 : 11
900	1 : 15
925	1 : 18
950	1 : 21
975	1 : 25
1000	1 : 29

TABLA N° 9. Huerto N° 4

Déficit de agua total m^3/há	Tiempo de riego horas : minutos
50	0 : 0
75	0 : 0
100	0 : 0
125	0 : 0
150	0 : 0
175	0 : 1
200	0 : 1
225	0 : 1
250	0 : 2
275	0 : 2
300	0 : 3
325	0 : 3
350	0 : 3
375	0 : 4
400	0 : 4
425	0 : 5
450	0 : 6
475	0 : 6
500	0 : 7
525	0 : 7
550	0 : 8
575	0 : 9
600	0 : 9
625	0 : 10
650	0 : 11
675	0 : 12
700	0 : 12
725	0 : 13
750	0 : 14
775	0 : 15
800	0 : 16
825	0 : 17
850	0 : 17
875	0 : 18
900	0 : 19
925	0 : 20
950	0 : 21
975	0 : 22
1000	0 : 23

TABLA N° 9. Huerto N° 5

Déficit de agua total m^3/há	Tiempo de Riego horas	minutos
50	0	0
75	0	1
100	0	2
125	0	4
150	0	5
175	0	7
200	0	9
225	0	11
250	0	13
275	0	15
300	0	18
325	0	21
350	0	24
375	0	27
400	0	30
425	0	33
450	0	37
475	0	40
500	0	44
525	0	48
550	0	52
575	0	56
600	1	1
625	1	5
650	1	10
675	1	14
700	1	19
725	1	24
750	1	29
775	1	34
800	1	40
825	1	45
850	1	51
875	1	56
900	2	2
925	2	8
950	2	14
1975	2	20
1000	2	26

TABLA N° 9. Huerto N° 6

Déficit de agua total m^3/há	Tiempo de Riego horas : minutos
50	0 : 0
75	0 : 1
100	0 : 1
125	0 : 2
150	0 : 3
175	0 : 4
200	0 : 5
225	0 : 6
250	0 : 7
275	0 : 9
300	0 : 10
325	0 : 12
350	0 : 14
375	0 : 15
400	0 : 17
425	0 : 19
450	0 : 21
475	0 : 23
500	0 : 26
525	0 : 28
550	0 : 30
575	0 : 33
600	0 : 35
625	0 : 38
650	0 : 40
675	0 : 43
700	0 : 46
725	0 : 49
750	0 : 51
775	0 : 54
800	0 : 58
825	1 : 1
850	1 : 4
875	1 : 7
900	1 : 10
925	1 : 14
950	1 : 17
975	1 : 21
1000	1 : 24

TABLA N° 9. Huerto N° 7

Déficit de agua total m^3/há	Tiempo de Regadío horas : minutos
50	0 : 0
75	0 : 0
100	0 : 0
125	0 : 1
150	0 : 1
175	0 : 2
200	0 : 3
225	0 : 4
250	0 : 5
275	0 : 6
300	0 : 8
325	0 : 10
350	0 : 12
375	0 : 14
400	0 : 16
425	0 : 19
450	0 : 22
475	0 : 25
500	0 : 28
525	0 : 32
550	0 : 36
575	0 : 40
600	0 : 44
625	0 : 48
650	0 : 53
675	0 : 58
700	1 : 3
725	1 : 9
750	1 : 15
775	1 : 21
800	1 : 27
825	1 : 34
850	1 : 41
875	1 : 48
900	1 : 56
925	2 : 4
950	2 : 12
975	2 : 20
1000	2 : 29

IV CONCLUSIONES

Los resultados de las determinaciones realizadas en este trabajo, permiten señalar algunas conclusiones generales relacionadas con los suelos y el manejo de las aguas de riego.

- Los suelos del Piedmont de Quillota, son de bajo poder de retención de agua, variando ésta, para los suelos estudiados entre 1.080 y 1.680 m^3/há, lo que corresponde al rango entre 27 y 14% para Capacidad de Campo y 17 y 7% para Punto de Marchitez Permanente.
  Es por ello que se necesitan en estos suelos altas frecuencias de riego, estimadas en 4-8 días para los períodos de mayor demanda atmosférica. Con ello se logra mantener en la estrata superficial contenidos hídricos correspondientes a una succión de alrededor de 0.5 bares, que diferentes autores consideran como óptima para el palto.

- Las frecuencias de riego, normalmente empleadas en esta zona, son bajas, fluctuando entre 10 días, en huertos de 3 años y más de un mes en huertos adultos. Al medir los contenidos hídricos en las estratas profundas del suelo (60-120cm.), se constató que durante ciertos riegos no se alcanza a mojar totalmente el perfil, lo que demuestra que los tiempos de riego son insuficientes; este hecho no es constante a través de la temporada de riego, lo que indica que probablemente, además de ser insuficientes ciertos riegos, éstos probablemente son desuniformes.

- El agua disponible para las plantas en el momento previo a cada riego, en general, se encuentra aproximadamente en un 40% de la humedad aprovechable, lo que equivale a unos 6 u 8 bares de tensión, excepto en los huertos N° 3 y N° 7 en que el agua disponible se encuentra alrededor de 60-70% de la humedad aprovechable.
  De lo anterior se concluye que, a través de la temporada de riego, todos los huertos tienen sobre un 50% de días de stress, en que la tensión, a los 30 cm. de profundidad, supera los 0.75 bares, coincidiendo las situaciones de stress más prolongadas, con undesarrollo de los árboles apreciablemente menor. Esta relación se hace evidente al compararse visualmente el huerto

N° 4 y N° 5, que son ambos de similar edad y se encuentran en suelos comparables; el huerto N° 1 presenta el menor desarrollo de los huertos en producción estudiados, combinándose para esto los largos períodos de stress a que está sometido con la baja velocidad de infiltración de agua en el suelo.

Para las condiciones medidas, el mayor uso consumo se encuentra cuando en el suelo se mantiene contenidos hídricos elevados, en el rango de 0.3 y 1 bar, coincidiendo con una gran demanda atmosférica. Los suelos que se mantienen con estos altos contenidos de agua, tienen el máximo diario de uso - consumo, durante los meses de Diciembre, Enero y Febrero, en que la demanda evaporativa de la zona es máxima.
En cambio, aquellos en que los contenidos de agua son bajos, el máximo uso consumo diario se encuentra a comienzo o fines de temporada, durante los meses de Noviembre y Marzo.
Estos suelos, en el caso de regarse más frecuentemente durante el verano, pueden aumentar el uso consumo, acercándose a la velocidad potencial máxima de evapotranspiración, por lo que el máximo diario se encontrará en dicho período. Esto estaría indicando, que una mayor tecnificación del riego, traducidas en este caso, en una frecuencia más alta de riego, tendrá como consecuencia un consumo mayor de agua por unidad de superficie.

Las velocidades de infiltración medidas, son relativamente rápidas variando en el rango de 4 a 25 cm/hora, exceptuando el huerto N° 1 en que la velocidad de infiltración es de 1.8 cm/hora. Este parámetro es un factor básico, que debe considerarse en todo diseño de sistemas de riegos, con el fin de permitir reponer uniformemente en el perfil del suelo el agua evapotranspirada.

La medición en todos los parámetros hídricos realizados en este estudio, así como su interpretación, se adaptan solamente para el Piedmont de la Zona de Quillota, que posee características específicas de suelo y topografía. En cambio, los suelos del valle poseen probablemente características hídricas diferentes, las cuales deben ser consideradas, en el diseño de sistemas de riego, empleando para ello una metodología similar a la descrita en el presente estudio.

V RESUMEN

Se realizó un estudio de las propiedades físicas e hídricas de los suelos de siete huertos de platos, en el Piedmont Oeste de la Zona de Quillota. Se determinó textura, densidad aparente y la curva característica de humedad; en cada suelo se midió además la velocidad de infiltración por el método del cilindro infiltrométrico con el fin de estimar los tiempos de riego necesarios para reponer el contenido de agua en el suelo hasta capacidad de campo.

Los objetivos de este estudio fueron: determinar la tensión del agua en el suelo, antes de cada riego, estimando así los días de stress hídrico a que son sometidos los árboles; determinar el uso consumo del cultivo y la lámina de reposición de agua en cada riego. Para ello se midieron durante la temporada de riego 1975/1976, los contenidos de agua del suelo, en el momento previo a cada riego, en cuatro profundidades: 0-30, 30-60, 60-90 y 90-120 cm.

Se encontró que las frecuencias de riego empleadas varían entre 10 días (huerto en formación) y más de un mes (huertos adultos). El contenido de agua disponible para las plantas en el suelo, antes del riego, alcanza en promedio a aproximadamente un 40%, correspondiente a 6 u 8 bares de tensión.

Al respecto, la bibliografía recomienda el riego cuando la tensión del agua en el suelo alcanza los 0.5 bares a los 30 cm. de profundidad. Arbitrariamente, considerando razones económicas, este valor se fijó en 0.75 bares, lo cual implica alrededor de 25% menos riegos en la temporada.

Se desprende que la frecuencia de riego debe fluctuar entre 4 y 8 días, pero con volúmenes relativamente pequeños, para así mantener valores de baja succión de agua en la estrata superficial del suelo.

En base a este punto óptimo de 0.75 bares, se determinó que a través de la temporada de riego, todos los huertos tienen sobre un 50% de días de stress hídrico, en que los contenidos de agua a los 30 cm. de profundidad son inferiores al valor de tensión antes mencionado.

Se determinó que los huertos en suelos con alto contenido de agua disponible para las plantas durante un número significativo de días la evapotranspiración diaria se acerca a la velocidad potencial de evapotranspiración durante el verano. En cambio, en huertos cuyos suelos mantienen bajos contenidos de agua durante muchos días entre riegos consecutivos, el máximo diario de evapotranspiración se produce en Noviembre o Marzo.

Con respecto a la lámina de reposición de agua durante cada riego se encontró que, en general, existe una tendencia a emplear tiempos de riego insufucientes, lo que impide un mojamiento integral de la rizósfera. Esto tiene real importancia en huertos cuyos suelos poseen una velocidad de infiltración relativamente lenta.

Summary

In the piedmont soils located in the westrrn position of the Quillota Valley, Chile, a study on the main physical and hidric characteristics of the soils was carried out in seven avocado orchards. The parameters determined were texture, bulk density, soil moisture, retention curve and infiltration rate (through the cylinder method), in order to estimate the irrigation period necesary to replace, up to field capacity, the water content lost by evapotranspiration.

The sinis of this study were: to determine the soil moisture tension, before each irrigation, in order to estimate the number of days the trees are under stress conditions; to evaluate the consuptive - use of the avocado orchards, and the water head necessary to replace the water evapotranspirated.

During the 1975/76 irrigation season, the soil water content, just before each irrigation was determined gravineetrically in five replicated samples at four dephts: 0-30, 30-60, 60-90, and 90-120.

It was found that the irrigation frecuences used by the farmers varied between 10 days (for an orchards in the establishing and formation period up to four years) and more than a month (for orchards in full production). The soil water content before each irrigation, on the average amounted only to about 40% of the "readily available water" (the difference between field capacity and permanent wilting point) and this is equivalent to about 6-8 bars in tension.

Regarding the aspect mentioned, the literature points to the fact of starting irrigations in an avocado orchard when the soil water tension at 30 cm. depht, reaches a value of o.5 bars. Due to economic considerations a value of 0,75 bars was decided as the indication to start irrigations, in order to make about 25% less irrigations during the season.

The irrigation frecuency for the value of 0,75 bars of soil water tension at 30 cm. depht varies between 4 and 8 days. Durinf the irrigation season studied, it was determined that all the orchards evaluated, mantained over 50% of the days a condition of water stress upon the trees, during this periods, the soil water tension in the first layer of the soil was well over the value of 0,75 bars.

It was determined that the daily evapotranspiration measured tends to reach a value similar to the potential evapotranspiration during the highest atmospheric evaporative demand only in these orchards in which the soil water content was maintained high for a significative number of days between consecutive irrigations. Otherwise the peak daily evapotranspiration is obtained for the months of November or March, during which, the atmospheric evaporative demand is lower than the maximum.

In general, there is a tendency to use rather short irrigations periods, with the result of a shallow soil profile watered during each irrigation. This is of primary importance in soils with a relatively low infiltration rate.

VI BIBLIOGRAFIA

- ALCAYAGA C., Sergio. 1966. Mapa generalizado de suelos y descripciones detalladas de series, tipos y fases en el valle del río Aconcagua. CORFO, Gerencia Agrícola, Depto. de Agricultura, Sección Estudios Suelos y Aguas. Publicación Técnica N° 2.

- BLACK, C.A. 1975. Relaciones Suelo - Planta. Mexico, Hemisferio Sur (AID), Vol. I.

- BLACK, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis, Cap. 7, 9 y 19, Part 1, Agronomy N° 9, American Society of Agronomy.

- CORA. 1951. Proyecto aerofotogramétrico de Chile, Mosaico 3.2 50 - 7.100 B. Provincia de Valparaíso, Comuna Quillota La Cruz.

- COONY, J.J. y J.E. PEHRSON. 1962.. AVOCADO Irrigation. Division of Agricultural Science, University of California

- GOODALL, G.E., D.W. HANSEN y R.M. BURNS. 1962. Santa Barbara Country Avocado root rot Soil Survey. California Avocado Soc. Yearbook. pp. 63

- GORNAT B. y G.D. GOLDBERG. 1975. El uso de tensiómetros para medir la tensión del agua del suelo y determinar el régimen de riego. Mexico, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID.

- GOLDBERG, S.D. 1974. Técnicas y métodos para el uso eficiente del agua en la Agricultura. Mexico, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID.

- GUSTAFSON, C.D. 1972-1973. How to select and Avocado orchard. California Avocado Orchard Soc. Yearbook. pp. 66

- GUSTAFSON, C.D. 1972-1973. Drip Irrigation Experiment with Avocado in San Diego Country. California Avocado Soc. Yearbook.

- GUSTFSON, C.D. 1961. Avocado Irrigation and tensiometers. California Avocado Soc. Yearbook. pp. 19

- GUROVICH R., Luis. 1975. Apuntes del Curso de Física de Suelos del Programa de Post-Grado en Suelos de la Facultad de Agrnomía, Universidad Católica de Chile. (Inédito).

- GUROVICH L. y R. HONDRATO. 1976. Tecnificación del Riego en tomates: Informe Final. Convenio Universidad Católica de Chile - Consorcio Agroindustrial de Malloa, Departamento de Suelos, Facultad de Agronomía. (inédito).

- ISRAELSEN, HANSEN. 1965. Principios y aplicaciones del riego. Barcelona, Reverté S.A.

- KRAMER, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas, una síntesis moderna. Mexico, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Depto. de Estado del Gobierno de USA.

- MARSH, A.W. y C.D. GUSTAFSON. 1958. Orchards Irrigation. California Avocado Soc. Yearbook (pp 30).

- MARSH, A.W. y C.D. GUSTAFSON. 1962. An Avocado Irrigation program. California Avocado Soc. Yearbook (pp 39).

- MARSH, A.W. y C.D. GUSTAFSON. 1969-1970. Avocado Irrigation. California Avocado Soc. Yearbook (pp 72).

- MOORE,P. 1951. Avocado Irrigation. California Avocado Soc. Yearbook. (pp 91).

- RICHARDS, S.J. 1950. Soil moisture conditions in Avocado Growers. California Avocado Soc. Yearbook (pp 25).

- RICHARDS, MOORE, BINGHAM, EMBLETON y LABANAUSKAS. 1958. Avocado Irrigation and Nitrogen fertilization plots at the Citrus Experiment Station. California Avocado Soc. Yearbook (pp. 25).

- RICHARDS, S.J. y A.W. MARSH. 1961. Soil and water management and conservation. Irrigation based on soil suction measurements. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25: 65-69.

- RICHARDS, WEEKS y JOHNSTON. 1958. Effect of Irrigation treatments and rates of Nitrogen fertilization on young Hass avocado trees. I. Growth response to irrigation. Proceeding Amer. Soc. for Hort. Sci. 71: 292-297.

- RUSSELL, M.B. 1959. Plant responses to differences in soil moisture. Soil Science 88(4): 179-183.

- RUZ J., Emilio. 1974. Caracterización hídrica de 9 series de suelos de la provincia de Santiago. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Chile.

- SCHROEDER, C.A. y P.A. WIELAND. 1965. Diurnal fluctuations in size in varius parts of avocado trees and fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68: 253-258.

- SCHOONOVER, W.R. 1960. Some suggestions on soil management. California Avocado Soc. Yearbook (pp.79)

- SILVA, Cecilia. 1975. Estudio de requerimientos y disponibilidades de agua de riego en la Zona regada por el canal Waddington. Tesis de Grado, Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

- TOSSO T., Juan y Jorge TONDREAU A. 1975. Velocidad de infiltración para diseños de métodos de riego, Ministerio de Agricultura de Chile; Comunicaciones Agrícolas SAG, Boletín Técnico N° 69.

- TRASK, E.E. 1951. A soil map for better soil management. California Avicado Soc. Yearbook. (pp. 89)

- TRASK, E.E. 1950. How long should you run your sprinkless. California Avocado Soc. Yearbook. (pp. 77).

VEITMEYER, F.J. y A.H. HENDRICKSON. 1960. Essentials and cultivations of orchards. California Agricultural Experiment Station. Circular 486.

ZENTMYER, G.A. 1950. Avocado root rot. California Avocado Soc. Yearbook. (pp. 63).

ZENTMYER, G.A. 1952. Research on Avocado root rot. California Avocado Soc. Yearbook (pp.103).

ANEXO 1

Descripción de Perfiles

Estos suelos corresponden a las series San Isidro y Quillota, deribados de materiales graníticos de orígen aluvial. Son suelos moderadamente profundos que se presentan principalmente en posición de Piedmont con una pendiente que varía desde 1% a 3%.

La mayor parte de estos suelos presentan pedregosidad, en mayor o menor grado, de orígen coluvial. Las piedras se hacen presentes principalmente entre los 20 y 60 cm.

Dos de los huertos estudiados (N° 4 y N° 7), poseen una estrata de textura predominantemente franco arenosa y muy marcada, en los primeros cms. del suelo.

El huerto N° 1 y N° 7 tiene problemas de drenaje. Los perfiles característicos de los suelos estudiados se describen a continuación.

Ninguno de los huertos tiene reacción al ácido clorhídrico.

Sector : HUERTO N° 1
Fisiografía : Plano, con pendiente de 1-1,5%
Drenaje : imperfecto, nivel freático 100 cm.

0 - 25 cm. : Color 7.5 YR 3/2, franco arcilloso limoso, estructura de bloques subangulares firmes; medios a grandes; ligeramente plástico y adhesivo; abundantes raíces; límite claro lineal.

25 - 58 cm. : Color 7.5 YR 4/2, franco arcilloso limoso con presencia de grava gruesa; estructura de bloque subangulares firmes; grandes; ligeramente plástico y adhesivo; abundantes raíces; límite gradual ondulado

58 - 85 cm. : Color 7.5 YR 4/2; franco arcilloso limoso con grava fina; estructura de bloque subangulares firmes, medios a grandes; ligeramente adhesivo y plástico; abundantes raíces; límite difuso debido a napa freática.

85 + : Napa.

Sector: : HUERTO N° 2
Fisiografía : plano, con pendiente de 1-1,5%
Drenaje : bueno

0 - 28 cm. : Color 7.5 YR 3/2; franco arcilloso con grava gruesa; estructura de bloques subangulares, gruesos y finos; friable en húmedo; presencia de piedras coluviales medianas; raíces abundantes; límite abrupto lineal.

28 - 56 cm. : Color 7.5 YR 3/2; franco arcilloso con grava gruesa; bloque subangulares; friable en húmedo; piedras medianas abundantes; raíces abundantes; límite abrupto lineal.

56 - 84 cm. : Color 7.5 YR 4/2; franco arcilloso co presencia de grava fina a media; estructura de bloques subangulares; friable en húmedo; raíces medias abundantes, comúnes escasas; límite gradual ondulado.

84 - 100 + : Color 7.5 Yr 4/2; franco arcilloso; bloques subangulares a masivos, medios a grandes; firme en húmedo; raíces grandes en cantidad media disminuyendo hacia abajo.

Sector : HUERTO N° 3
Fisiografía : plano, con 1-1,5% de pendiente
Drenaje : bueno

0 - 33 cm. : Color 5 YR 3/4; franco con gravas finas; piedras ocasionales; bloques subangulares medios y grandes que rompen en fino; moderadamente plástico y adhesivo; ligeramente duro en seco; raíces abundantes; límite gradual lineal.

33 - 58 cm. : Color 7.5 YR 5/4 (en seco); franco con grava fina; bloques subangulares medios y finos; duro en seco; piedras ocasionales; presenta bolsones de arena; raíces abundantes; límite difuso.

58 - 100 + : Color 7.5 YR 5/4 (en seco); franco con gravas; bloques subangulares medios y finos; adhesivo y plástico; muy duro enseco; piedras ocasionales; no se encontraron raíces pues no ha habido cubierta vegetal durante tres años.

Sector : HUERTO N° 4

Fisiografía : plano, con 1,5% de pendiente

Drenaje : bueno

0 - 32 cm. : Color 10 YR 3/2; franco arcilloso; bloques subangulares gruesos que rompen en granular, abundante pedregosidad media; friable en húmedo; adhesivo y plástico; raíces abundantes; límite claro lineal.

32 - 59 cm. : Colo 10 YR 3/3; arena ligeramente franca; bloques subangulares débiles moderados que rompen en granular; abundante grava y pedregosidad; no adhesivo ni plástico; ligeramente firme en húmedo; raíces finas escasas; límite claro lineal.

59 - 79 cm. : Color 10 YR 3/3; franco; bloques angulares medios, que rompen en granular; friable; ligeramente adhesivo y plástico; raíces finas escasas, medias comunes; límite claro lineal

79 - 100 + : Color 10 YR 3/3; franco arcilloso arenoso; bloques subangulares finos, débiles que rompen en angular; friable; no adhesivo ni plástico; raíces gruesas escasas, finas comúnes.

Sector : HUERTO N° 5
Fisiografía : plano, 1% de pendiente
Drenaje : bueno

0 - 21 cm. : Color 7,5 YR 3/2; franco arcilloso con grava fina; abundancia de piedras pequeñas y medias; bloques subangulares medios, firmes; abundantes raíces; límite abrupto ondulado.

21 - 28 cm. : Color 7.5 YR 4/3; franco arcilloso con grava fina; abundante pedregosidad; bloque subangulares finos y medios; friable; abundantes raíces; límite gradual lineal.

28 - 56 cm. : Color 7.5 YR 3/2; franco arcilloso con grava fina y gruesa; pedregosidad muy abundante; bloques subangulares finos; raíces en cantidad intermedia, medias y comunes; límite abrupto lineal.

56 - 88 cm. : Color 5 YR 3/2; franco con grava fina y gruesa; abundancia de piedras coluviales grandes; bloques subangulares a angulares firmes; raíces escasas; límite gradual lineal.

88 - 110 + : Color 7.5 YR 3/2; franco arcillo limoso; bloques subangulares; friable; sin raíces.

Sector : HUERTO N° 6
Fisiografía : plano a suavemente ondulado; 2% de pendiente
Drenaje : bueno

0 - 35 cm. : Color 7.5 YR 3/2; franco arcilloso con abundante grava media y fina; presencia de piedras pequeñas; bloques subangulares firmes; friable; abundanciade raíces; límite gradual ondulado.

35 - 60 cm. : Color 7.5 YR 3/2; franco arcilloso con abundante grava media y gruesa; abundancia en piedras pequeñas; estructura subangular fina; friable; presencia de raíces medias y finas; límite abrupto ondulado.

60 - 110 + : Color 7.5 YR 3/2; franco arcilloso; abundante grava fina y media, a veces formando bolsones; muy abundante en piedras pequeñas; bloques subangulares finos de consistencia media; presencia de raíces finas hasta los 100 cm.

Sector	:	HUERTO N° 7
Fisiografía	:	plano, pendiente 2%
Drenaje	:	imperfecto con nivel freático a 120 cm.
0 - 30 cm.	:	Color 7.5 YR 3/2; franco arcilloso; estructura subangular firme; abundancia en raíces; límite gradual lineal.
30 - 52 cm.	:	Color 5 YR 4/3; arena ligeramente franca con presencia de grava gruesa; estructura subangular moderadamente débil; raíces finas, escasas; límite abrupto lineal.
52 - 88 cm.	:	Color 7.5 YR 3/3; franco; bloques angulares; firmes; raíces finas comunes; algo de moteado.
88 +	:	Siempre húmedo; agua libre a 120 cm. en verano.

ANEXO 2

Contenidos hídricos de las muestras de suelo

HUERTO N° 1

$\bar{X}$ = contenido de humedad, expresado en % de peso

S = desviación standard

Riego N°1: 6 Octubre 1975

Riego N°2: 10 Nov. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.1	1.23
2	30-60	15.8	0.76
3	60-90	20.7	2.22
4	90-120	27.4	1.26

Riego N°3: 22 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.5	0.59
2	30-60	14.1	0.64
3	60-90	19.6	0.67
4	90-120	25.3	1.09

Riego N°4: 22 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	16.8	1.86
2	30-60	19.9	1.55
3	60-90	24.6	1.15
4	90-120	26.0	2.22

Riego N°5: 24 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	18.5	2.75
2	30-60	20.2	3.20
3	60-90	24.8	1.55
4	90-120	27.6	1.48

Riego N° 6: 15 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	17.0	0.34
2	30-60	18.9	0.77
3	60-90	21.1	1.06
4	90-120	25.9	0.74

HUERTO N° 2

$\bar{X}$ = contenido de humedad, expresado en % de peso
S = desviación standard

Riego N°1: 14 Octubre 1975

Riego N°2: 3 Nov. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.4	1.42
2	30-60	12.4	1.24
3	60-90	12.3	0.98
4	90-120	13.2	1.19

Riego N° 3: 30 Nov. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	14.5	2.49
2	30-60	16.2	1.31
3	60-90	15.8	0.60
4	90-120	15.4	1.55

Riego N°4: 29 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	16.2	2.03
2	30-60	18.2	2.26
3	60-90	16.1	2.21
4	90-120	16.5	2.60

Riego N° 5: 19 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.0	0.34
2	30-60	11.8	0.89
3	60-90	11.6	0.59
4	90-120	12.4	0.62

Riego N°6: 12 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	15.3	0.60
2	30.60	13.3	0.98
3	60-90	14.3	1.05
4	90-120	14.6	1.15

Riego N° 7: 8 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.2	0.14
2	30-60	12.5	0.68
3	60-90	12.9	0.64
4	90-120	14.2	1.74

Riego N°8: 2 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.8	0.65
2	30-60	12.6	1.44
3	60-90	11.8	2.32
4	90-120	10.8	1.10

Riego N° 9: 25 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.8	0.96
2	30-60	13.5	0
3	60-90	13.1	0
4	90-120	12.8	0

HUERTO N° 3

$\bar{X}$ = contenido de humedad, expresado en % de peso

S = desviación standard

Riego N°1: 31 Octubre 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.6	2.99
2	30-60	12.8	1.94
3	60-90	14.5	1.60
4	90-120	13.5	0.95

Riego N°2: 24 Nov. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.9	0.95
2	30-60	12.6	1.17
3	60-90	13.1	0.70
4	90-120	13.1	1.28

Riego N°3: 14 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.1	-
2	30-60	14.2	-
3	60-90	14.5	-
4	90-120	14.8	-

Riego N° 4: 30 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.1	1.53
2	30-60	15.3	2.19
3	60-90	16.2	0.98
4	90-120	16.4	1.32

Riego N°5: 15 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.4	1.08
2	30-60	9.7	0.77
3	60-90	9.9	0.73
4	90-120	11.2	0.66

Riego N°6: 27 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.8	1.42
2	30-60	13.9	2.00
3	60-90	13.7	1.96
4	90-120	13.8	1.58

Riego N°7: 9 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.1	1.84
2	30-60	13.2	1.03
3	60-90	10.2	0.75
4	90-120	9.4	0.83

Riego N°8: 23 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	14.9	1.91
2	30-60	14.9	1.72
3	60-90	15.4	1.87
4	90-120	14.7	1.65

Riego N°9: 8 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.6	0.78
2	30-60	12.6	1.05
3	60-90	12.6	0.80
4	90-120	13.3	1.06

Riego N°10: 22 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.3	1.12
2	30-60	11.3	1.04
3	60-90	11.4	1.21
4	90-120	11.6	1.00

HUERTO N° 3 (Continuación)

Riego N°11: 12 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.0	0.89
2	30-60	12.7	1.46
3	60-90	13.0	1.23
4	90-120	12.4	0.43

Riego N°12: 26 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.2	1.51
2	30-60	12.3	2.13
3	60-90	12.4	2.12
4	90-120	12.8	2.27

Riego N°13: 16 Mayo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.0	0
2	30-60	10.2	0.50
3	60-90	10.5	0.67
4	90-120	12.0	0

HUERTO N° 4

$\bar{X}$ = contenido de humedad, expresado en % de peso

S = desviación standard

Riego N°1: 9 Nov. 1975

Riego N°2: 16 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	8.3	0.15
2	30-60	9.8	0.37
3	60-90	9.2	0.31
4	90-120	8.8	0.58

Riego N°3: 2 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.4	0.54
2	30-60	9.9	0.56
3	60-90	11.0	0.40
4	90-120	10.8	0.24

Riego N°4: 15 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.0	0.37
2	30-60	11.0	1.43
3	60-90	13.5	1.47
4	90-120	11.0	0.81

Riego N°5: 29 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.0	0.44
2	30-60	8.8	1.37
3	60-90	9.7	1.02
4	90-120	9.3	0.73

Riego N°6: 12 Febrero 1976

Estrata	Prpf.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.6	0.90
2	30-60	9.9	2.24
3	60-90	11.0	3.18
4	90-120	10.7	2.59

Riego N°7: 5 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	8.9	0.74
2	30-60	9.5	0.87
3	60-90	9.5	0.47
4	90-120	9.6	0.44

Riego N°8: 23 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.4	0.32
2	30-60	9.9	1.64
3	60-90	9.3	1.87
4	90-120	8.9	1.41

Riego N°9: 28 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.3	0.42
2	30-60	10.2	0
3	60-90	10.1	0
4	90-120	10.5	0.73

HUERTO N° 5

$\bar{X}$ = contenido de humedad, expresado en % de peso
S = desviación standard

Riego N°1: 21 Octubre 1975

Riego N°2: 19 Nov. 1975

Riego N°3: 10 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.6	0.55
2	30-60	12.5	0.60
3	60-90	13.0	0
4	90-120	13.7	0.38

Riego N°4: 23 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	15.1	-
2	30-60	16.2	-
3	60-90	14.4	-
4	90-120	14.2	-

Riego N°5: 5 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.6	0.85
2	30-60	13.7	0.64
3	60-90	13.3	1.42
4	90-120	13.1	0

Riego N°6: 15 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	17.2	0.94
2	30-60	16.6	0.34
3	60-90	15.0	0.82
4	90-120	12.7	0.97

Riego N°7: 2 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.9	2,07
2	30-60	12.5	1.12
3	60-90	12.5	0.98
4	90-120	13.1	0.46

Riego N°8: 20 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.2	0.35
2	30-60	11.6	0.51
3	60-90	11.6	1.53
4	90-120	12.5	0.48

Riego N°9: 1 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.0	0.18
2	30-60	13.2	0.35
3	60-90	12.8	0.26
4	90-120	11.8	1.36

Riego N°10: 19 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.3	1.98
2	30-60	12.7	1.76
3	60-90	12.6	1.73
4	90-120	11.9	1.38

Riego N°11: 8 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.2	0.25
2	30-60	12.8	0.43
3	60-90	11.9	1.90
4	90-120	12.0	1.66

Riego N° 12: 19 Mayo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.5	-
2	30-60	10.2	-
3	60-90	10.0	-
4	90-120	10.7	-

HUERTO N° 6

$\bar{X}$ = contenido de humedad, expresado en % de peso
S = desviación standard

Riego N°1: 3 Octubre 1975

Riego N°2: 28 Octubre 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.7	1.54
2	30-60	12.4	0.54
3	60-90	12.5	1.96
4	90-120	12.9	0.48

Riego N°3: 24 Nov. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.7	2.27
2	30-60	12.4	1.91
3	60-90	14.1	2.48
4	90-120	14.7	2.81

Riego N°4: 16 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.8	1.27
2	30-60	12.0	1.29
3	60-90	11.3	0.88
4	90-120	11.5	0.69

Riego N°5: 5 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	8.9	0.5
2	30-60	9.9	0.34
3	60-90	10.1	1.09
4	90-120	10.4	0.68

Riego N°6: 22 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.1	0.28
2	30-60	10.8	0.55
3	60-90	11.2	0.22
4	90-120	11.7	0.67

Riego N°7: 3 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.5	0.47
2	30-60	8.9	0.20
3	60-90	8.2	0.37
4	90-120	8.6	0

Riego N°8: 20 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.3	2.16
2	30-60	9.3	0.47
3	60-90	9.4	1.25
4	90-120	9.0	1.09

Riego N°9: 4 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.7	1,62
2	30-60	11.9	0.24
3	60-90	11.7	0.34
4	90-120	11.5	0.58

Riego N°10: 16 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	10.8	1,25
2	30-60	12.0	1.29
3	60-90	11.3	0.88
4	90-120	11.5	0.69

Riego N°11: 7 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.8	0.30
2	30-60	9.6	0.50
3	60-90	10.6	0.22
4	90-120	11.9	0.22

Riego N°12: 2 Mayo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.1	0.34
2	30-60	10.1	0.23
3	60-90	10.3	0.35
4	90-120	10.0	0.23

HUERTO N° 7

$\bar{X}$ = contenido de humedad, expresado en % de peso
S = desviación standard

Riego N°1: 10 Octubre 1975

Riego N°2: 17 Nov. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.3	0.44
2	30-60	13.7	0.81
3	60-90	16.8	1.09
4	90-120	17.9	1.12

Riego N°3: 12 Dic. 1975

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.5	-
2	30-60	13.8	-
3	60-90	18.2	-
4	90-120	20.3	-

Riego N°4: 5 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	8.0	0.14
2	30-60	8.4	0.74
3	60-90	10.0	1.09
4	90-120	10.0	1.02

Riego N°5: 23 Enero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	13.1	1.15
2	30-60	12.7	0.52
3	60-90	14.8	1.91
4	90-120	12.6	0.69

Riego N°6: 5 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	14.1	2.04
2	30-60	16.1	2.70
3	60-90	15.1	0.36
4	90-120	16.5	1.65

Riego N°7: 20 Febrero 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.5	4.15
2	30-60	13.4	2.88
3	60-90	14.1	2.82
4	90-120	14.2	4.29

Riego N°8: 5 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.3	0.44
2	30-60	14.2	0.24
3	60-90	20.1	1.04
4	90-120	22.1	1.00

Riego N°9: 20 Marzo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	12.8	1.06
2	30-60	14.1	2.17
3	60-90	18.7	1.42
4	90-120	23.4	2.83

Riego N°10: 15 Abril 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	11.9	-
2	30-60	12.6	-
3	60-90	13.8	-
4	90-120	14.2	-

Riego N°11: 2 Mayo 1976

Estrata	Prof.	$\bar{X}$	S
1	0-30	9.7	0.89
2	30-60	9.2	1.17
3	60-90	9.2	0.91
4	90-120	9.4	0.93