

# **RÉGIMEN DE RIEGO DEL CULTIVO DE PALTO EN VALLE RIO PAMPAS APURÍMAC-AYACUCHO 2019**

**Rubén A. Meneses Rojas, Orlando F. Sulca Castilla**  
Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Agrarias  
Programa de Investigación en Pastos y Ganadería-Área de Recursos Hídricos  
E-mail: ruben.meneses@unsch.edu.pe

## **RESUMEN**

El palto se cultiva en numerosas regiones tropicales y subtropicales del mundo, produciendo 2 millones de toneladas por año. Estudios científicos afirman que es una fruta saludable, por su contenido de nutrientes a diferencia de otras. Las exportaciones de palta han logrado un crecimiento sostenido en los últimos años, manteniéndose el Perú como el tercero en el mundo, después de México y Países Bajos. El trabajo de investigación contribuye a la determinación del régimen de riego del cultivo de palto en el valle río Pampas, determinando el uso consuntivo, necesidades de riego y su programación según la tecnología de aplicación. Se procedió con el planeamiento, revisión de información antecedente, estudio de factores, mediciones in situ y cálculos. Se encontró que la ETo varía de 3.11 a 4.95 mm/día, con valores bajos de mayo a agosto y altos en noviembre y diciembre. Los valores de Kc concordantes al ciclo fenológico, varían de 0.60 a 0.75 en etapa de brotación y de 0.80 a 0.95 en floración y cuajado de frutos, donde consume más agua (setiembre a noviembre) llegando hasta 4.21 mm/día, mientras que de marzo a mayo de 2.12 a 2.18 mm/día; con consumo anual de agua de 1,093 mm/año (10,930 m<sup>3</sup>/ha/año). Con riego por gravedad, se necesita aplicar entre 5.38 a 11.12 mm/día ó 538 a 111 m<sup>3</sup>/ha/día; con necesidad de riego total de 22,290 m<sup>3</sup>/ha/año. Con riego por microaspersión, entre 2.22 a 4.58 mm/día ó 22.2 a 45.8 m<sup>3</sup>/ha/día; con necesidad de riego total de 9,180 m<sup>3</sup>/ha/año.

Palabras clave: Palto, evapotranspiración, uso consuntivo, programación de riego.

## **IRRIGATION REGIME OF THE AVOCADO CROP IN THE PAMPAS RIVER VALLEY APURIMAC-AYACUCHO 2019**

### **ABSTRACT**

Avocado is cultivated in numerous tropical and subtropical regions of the world, producing 2 million tons per year. Scientific studies affirm that it is a healthy fruit, due to its nutrient content unlike others. Avocado exports have achieved sustained growth in recent years, Peru remaining the third in the world, after Mexico and the Netherlands. The research work contributes to the determination of the irrigation regime of the avocado crop in the Pampas river valley, determining the consumptive use, irrigation needs and its programming according to the application technology. We proceeded with planning, review of background information, study of factors, measurements in situ and calculations. ETo was found to vary from 3.11 to 4.95 mm / day, with low values from May to August and high in November and December. The Kc values according to the phenological cycle, vary from 0.60 to 0.75 in the budding stage and from 0.80 to 0.95 in flowering and fruit setting, where it consumes more water (September to November), reaching up to 4.21 mm / day, while in March to May from 2.12 to 2.18 mm / day; with annual water consumption of 1,093 mm / year (10,930 m<sup>3</sup> / ha / year). With gravity irrigation, it is necessary to apply between 5.38 to 11.12 mm / day or 538 to 111 m<sup>3</sup> / ha / day; with a total irrigation need of 22,290 m<sup>3</sup> / ha / year. With micro-spray irrigation, between 2.22 to 4.58 mm / day or 22.2 to 45.8 m<sup>3</sup> / ha / day; with a total irrigation requirement of 9,180 m<sup>3</sup> / ha / year.

Keywords: Avocado, evapotranspiration, consumptive use, irrigation schedule.

### **INTRODUCCIÓN**

El agua juega un papel fundamental en la vida de miles de millones de personas al incidir en aspectos que afectan a la seguridad alimentaria y energética, la salud humana y al medio ambiente. En estas últimas décadas se ha convertido en un recurso natural muy importante y a la vez escaso, por el cambio global, la creciente demanda debido al incremento poblacional y las acciones antrópicas negativas (desperdicios y deterioros de su calidad). El uso agrario representa más del 85 % de los usos por la humanidad con muy bajas eficiencias; por lo que la gestión racional de este recurso es uno de los mayores retos en la actualidad. El conocimiento del consumo de agua de los cultivos y el régimen de riego de los cultivos alimenticios es información clave para la adecuada gestión de los recursos hídricos en el marco de su uso eficiente.

La palta se cultiva en numerosas regiones tropicales y subtropicales del mundo; produciendo 2 millones de toneladas por año. Estudios científicos afirman que es una fruta saludable, por su contenido de nutrientes a diferencia de otras frutas; el aceite en la palta oscila entre el 8% y 30% según la variedad; alto contenido de Luteína, proteína protectora de la enfermedad ocular (Flores, D. 2014).

El cultivo de palto, al ser un árbol perenne, consume agua durante todo el año siguiendo la curva de demanda hídrica de la zona de cultivo. Por ser el régimen de lluvias estacionario en la zona andina, con precipitaciones de diciembre a marzo o abril, y con épocas de estiaje el resto del año, situación que dificulta la dotación de agua al cultivo. Siendo este problema cada vez más álgido en la zona del valle río Pampas, por el incremento de las plantaciones y la intensificación de la producción de este frutal de interés alimenticio y económico para los agricultores del valle.

Según La Sociedad de Comercio Exterior del Perú (Comex Perú), las exportaciones de palta han logrado un crecimiento sostenido en los últimos años, manteniéndose como el tercero en el mundo, después de México y Países Bajos; destacó la palta como el “oro verde” de las exportaciones peruanas, al lograr un crecimiento sostenido en los últimos años y superar los US\$ 570 millones, en los primeros nueve meses del 2017 (gestión.pe 2017). La producción en el cluster de palta Hass que impulsa Sierra Exportadora en el corredor de Chincheros en Apurímac, se viene incrementando desde 2018, al incorporarse entre 80 y 100 hectáreas con nuevos cultivos. Dichas hectáreas irán aumentando progresivamente la producción de palta Hass en la región hasta lograr las 800 toneladas como cosecha anual a partir del quinto año (www.andina.com.pe 2014).

El trabajo de investigación contribuye a la determinación del régimen de riego del cultivo de palto para las condiciones del corredor económico del valle río Pampas, región Apurímac-Ayacucho, al determinar el uso consuntivo o requerimiento de agua del palto, calcular las necesidades de riego y proponer la programación de riego en función a la tecnología de aplicación; como una alternativa de uso eficiente del agua frente a la escasez hídrica y el incremento de las áreas de producción para mejorar los rendimientos y la producción de palto.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Ubicación**

Región : Ayacucho - Apurímac  
Provincia : Huamanga - Chincheros  
Distritos : Ocros, Ahuayro, Ocobamba, otros  
Localidades : Comunidades del distrito de Ocros y provincia de Chincheros

El trabajo en sus diferentes fases tuvo lugar en el distrito de Ocros de la Región Ayacucho y provincia de Chincheros de la región Apurímac, a 2.5 y 4.0 horas de la ciudad de Ayacucho.

### **Materiales**

Durante el desarrollo de la investigación se hizo uso de materiales de escritorio, equipos de oficina, laboratorio, gabinete, equipos topográficos, revisión de la información científica e investigaciones sobre el cultivo de palto, sobre tecnologías de riego y temas relacionados, análisis de suelos, aguas, fichas de registros y evaluación, software especializados, información sobre componentes, materiales y equipos de riego, herramientas agrícolas, entre otros.

### **Metodología**

Los procesos de la investigación condujeron a la determinación del régimen de riego del cultivo de palto, con los cálculos del requerimiento de agua o uso consuntivo y sus necesidades de riego, recomendando la programación de riego para las condiciones del valle del río Pampas. Ejecutando las siguientes acciones.

1. Planeamiento de la investigación con los actores involucrados en los procesos del trabajo. Diagnóstico participativo.
2. Revisión de información bibliográfica y trabajos de investigación relacionados, que incluyen la medición de la evapotranspiración y el uso consuntivo del cultivo de palto.
3. Estudio de los factores que intervienen en el régimen de riego del cultivo de palto, referidos al suelo, clima, cultivo, sistema de riego, parcela y disponibilidad de agua.
4. Sistematización de la información, análisis y elaboración de una base de datos sobre uso consuntivo y necesidades de riego.
5. Cálculos de la evapotranspiración o uso consuntivo o requerimiento de agua del cultivo de palto.
6. Mediciones in situ, análisis cualitativo, cuantitativo y deductivo de los factores.

7. Estimaciones de las necesidades de riego del cultivo de palto teniendo en cuenta la tecnología de riego a emplear (riego por superficie a gravedad y los sistemas de riego presurizado).
8. Evaluación de la disponibilidad de agua, calidad y oportunidad y recomendación de la programación de riego para el cultivo de palto en la zona de estudio.
9. Elaboración del informe final del trabajo de investigación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CICLO FENOLÓGICO DEL PALTO

Para las condiciones geográficas, edáficas y climáticas principalmente del valle del río Pampas, el ciclo fenológico del cultivo de palto se muestra en la tabla 3.1. Siendo el palto un cultivo perenne o siempre verde, puede diferenciarse el ciclo vegetativo y el ciclo reproductivo, en este último se diferencian cuatro **etapas**:

- **Brotación**, inicia desde mediados de marzo, a abril y mayo.
- **Floración**, ocurre entre junio y julio.
- **Formación y cuajado de fruto**, durante los meses de julio, agosto.
- **Crecimiento del fruto**, de setiembre a diciembre, luego la cosecha.

*Tabla 1. Ciclo fenológico del cultivo de palto en valle río Pampas.*

		CICLO FENOLÓGICO DEL PALTO											
		Valle del Río Pampas Apurímac-Ayacucho											
ORD	ETAPA FENOLÓGICA	MESES DEL AÑO											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
01	Brotamiento												
02	Floración												
03	Formación y cuajado de fruto												
04	Crecimiento del fruto - cosecha												

*Fuente: Elaboración equipo investigador*

El ciclo fenológico del palto está influenciado por las condiciones geográficas y climáticas principalmente, tal es así que para Colombia la floración ocurre entre febrero a abril y la formación y cuajado del fruto y su maduración de abril a diciembre (Grajales, L. 2017). En Quillota (Chile) la floración de setiembre a noviembre y el fructificación de diciembre a abril (Lahav y Kalmar 1983). Para el caso de Perú, costa central, el crecimiento reproductivo ocurre de mayo a julio, la floración en agosto setiembre y el crecimiento del fruto hasta diciembre, enero (Huamán, J. 2017), muy similar a lo que ocurre en el valle del río Pampas.

### CONSUMO DE AGUA DEL CULTIVO DE PALTO

Para las condiciones del valle río Pampas, provincia de Ocos de la región Ayacucho y Chincheros de la región Apurímac, se realizó el procesamiento de la información y los cálculos respectivos para determinar el consumo de agua del cultivo de palto, denominado también como Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>), Requerimiento hídrico o demanda de agua o Uso consuntivo; con los resultados que se muestran a continuación.

#### Evapotranspiración potencial o del cultivo de referencia - ET<sub>o</sub>

Los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) varían en las distintas zonas del valle del río Pampas como se observa en la tabla 2 y figura 2. Del análisis comparativo y la obtención del promedio se ha definido la ET<sub>o</sub> elegida, donde los valores varían de 3.11 a 4.95 mm/día; los valores más bajos de mayo a agosto y los valores más altos en noviembre y diciembre.

*Tabla 2. Resumen de Evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) en valle río Pampas.*

MES	ETo Pariabamba	ETo Achirayocc	ETo Tancayllo	ETo Abancay	ETo Huamanga	ETo PROMEDIO	ETo ELEGIDO
Enero	4.79	4.30	3.61	3.77	4.17	4.13	4.55
Febrero	4.50	3.97	3.23	3.71	3.97	3.87	4.23
Marzo	3.26	3.11	2.89	3.69	3.54	3.30	3.54
Abril	3.20	3.07	2.86	3.67	3.64	3.29	3.64
Mayo	2.79	2.78	2.74	3.44	3.35	3.02	3.35
Junio	2.25	2.44	2.66	3.37	3.15	2.77	3.15
Julio	2.83	2.81	2.77	3.58	3.11	3.02	3.11
Agosto	3.28	3.28	3.23	3.94	3.45	3.44	3.45
Setiembre	4.52	4.22	3.76	4.07	4.17	4.15	4.37
Octubre	4.00	4.23	4.40	4.88	4.47	4.40	4.47
Noviembre	4.77	4.76	4.64	4.68	4.95	4.76	4.95
Diciembre	4.83	4.59	4.23	3.91	4.40	4.39	4.71

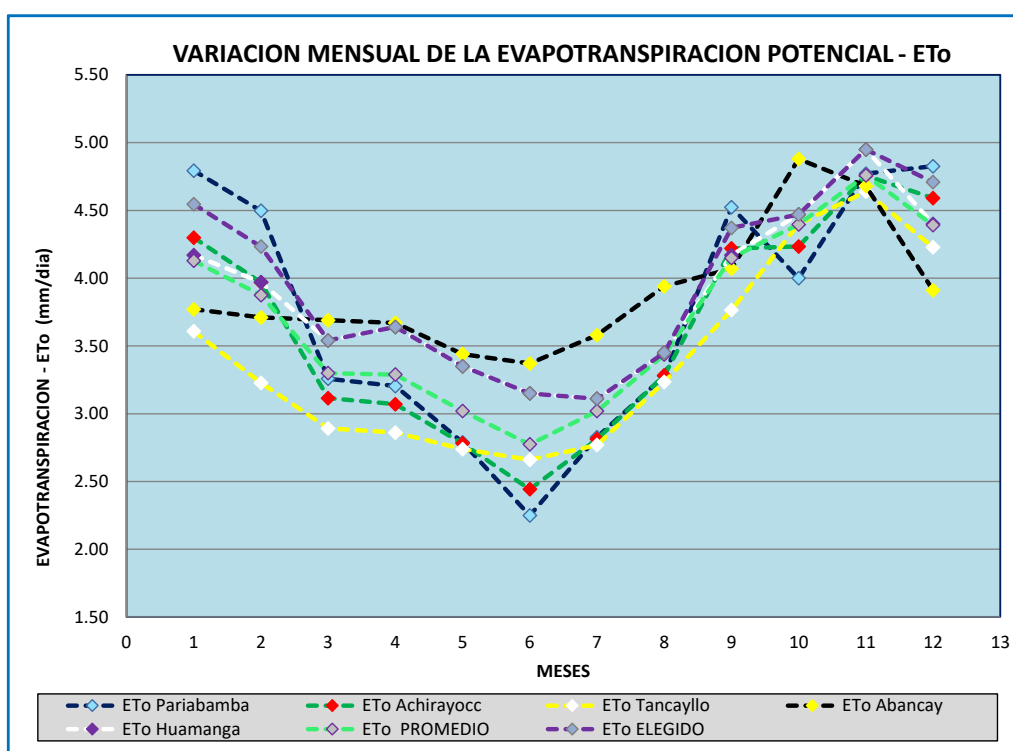


Figura 1. Comparativo de Evapotranspiración potencial (ETo) valle río Pampas

### Valores del coeficiente de evapotranspiración del cultivo – Kc

El coeficiente de evapotranspiración del cultivo (Kc) es el cociente de la evapotranspiración del cultivo ETc y la ETo, que indica el ritmo de consumo de agua de los cultivos y está relacionado con estado fenológico y las fases del periodo vegetativo y reproductivo de los cultivos. Para el caso del palto, la tabla 3 muestra los valores de Kc mensuales para distintas localidades, cuyos valores son variados.

Los proyectistas consideran valores de Kc constante durante el año (0.85 para el valle río pampas), por ser un cultivo perenne o siempre verde; sin embargo, un análisis minucioso, permite diferenciar los valores de Kc concordantes al ciclo fenológico del palto, cuyos valores más bajos 0.60 a 0.75 corresponden la etapa de brotación y los valores altos (0.80 a 0.95) a la etapa de floración y cuajado de frutos. La figura 2 muestra la variación de valores de Kc del cultivo de palto en la zona de estudio para los periodos vegetativo y reproductivo durante el año.

Tabla 3. Valores del coeficiente de evapotranspiración (Kc).

**VALORES DE Kc DEL CULTIVO DE PALTO**  
**Valle del Río Pampas Apurímac-Ayacucho**

ORD	LUGAR - FUENTE	VALORES DE Kc MENSUAL											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
01	Kc (Chile)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.72	0.72
02	Kc (California)	0.65	0.65	0.65	0.60	0.55	0.50	0.40	0.50	0.55	0.55	0.55	0.60
03	Kc (Israel)	0.60	0.65	0.65	0.65	0.50					0.40	0.50	0.60
04	Kc (California) Davis	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
05	Kc (Junta Andalucía)				0.30	0.40	0.60	0.75	0.75	0.75	0.75		
06	Kc (FAO)				0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	0.95	0.95	0.70
07	Kc (Proy Uranmarca)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
08	Kc (Valle Río Pampas)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.75	0.80	0.85	0.95	0.90	0.85	0.85

Fuente: Elaboración equipo investigador

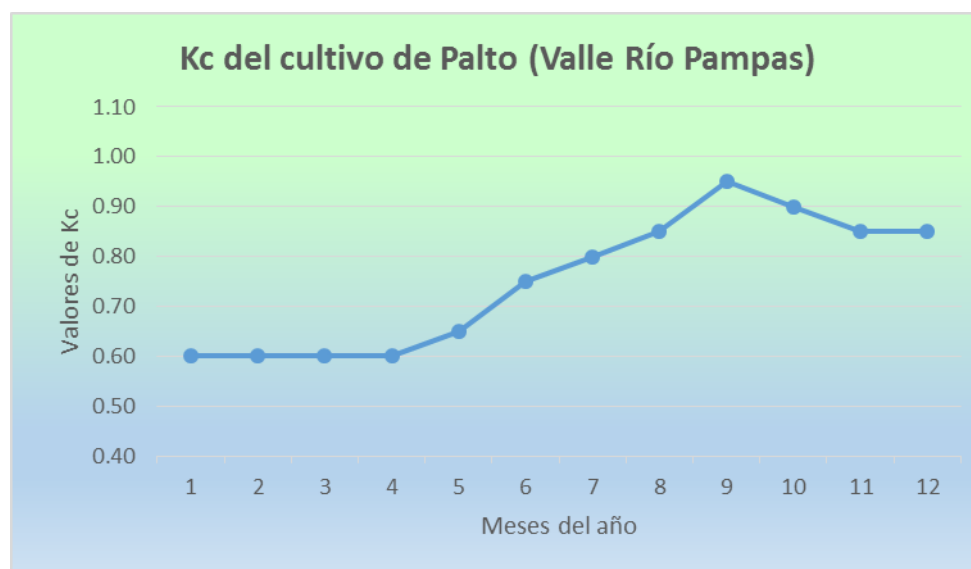


Figura 2. Kc mensual del cultivo de palto en valle río Pampas

**Consumo de agua del cultivo de palto o Uso consuntivo - ETc**

El requerimiento hídrico o consumo de agua del palto (ETc) para las condiciones del valle río Pampas es variado durante las etapas del periodo vegetativo y reproductivo, el ciclo fenológico, tal es así que el palto consume más agua durante la etapa de formación y cuajado de fruto y crecimiento del mismo, es decir de setiembre a noviembre llegando hasta **4.21 mm/día**; los valores bajos durante la brotación, de marzo a mayo de 2.12 a 2.18 mm/día. Siendo el consumo total anual de agua de **1,093 mm/año**, que equivale a **10,930 m3/ha/año** (tabla 5 y 6).

**NECESIDADES DE RIEGO DEL CULTIVO DE PALTO**

**Precipitación efectiva – PE**

Conceptuada la precipitación efectiva como parte de la lluvia que queda almacenada en el suelo, en la zona de raíces, para ser utilizada por las plantas; su estimación depende del método de cálculo empleado, siendo los más utilizados el método USDA, Fórmula empírica, fórmula FAO/AGLW y otros. Se calculó por el método de la FAO por ser un criterio optimista a favor del cultivo. El valor de PE mensuales para diferentes localidades del valle río Pampas varían; de los valores elegidos, los más altos corresponden a los meses de enero a marzo, siendo prácticamente nulo de mayo a agosto (época de estiaje) y va incrementando gradualmente de setiembre a diciembre, esto debido a la magnitud de la precipitación propia de la zona andina semiárida. La precipitación efectiva anual es del orden de **332 mm/año (3,320 m3/ha/año)** en promedio para las localidades del valle río Pampas.

## Necesidades de riego neto del palto - NRn

Los detalles del procedimiento de cálculo y resultados se muestran en las tablas 5 y 6, donde se tiene dos escenarios en cuanto al cálculo de las necesidades de riego. Considerando que el consumo de agua del cultivo es independiente a la tecnología de riego (métodos de aplicación de agua al suelo), pero si las necesidades de riego dependen directamente de dicha tecnología. Se encontró que, en términos de **Necesidades de riego neto (NRn)**, durante los meses de enero a marzo la precipitación o lluvia de la temporada satisface el requerimiento de agua del cultivo, siendo indispensable el riego en el resto del año, con cantidades que varía de 56.5 a 116.8 mm/mes en términos de lámina de riego que equivalen a 565 a 1,168 m<sup>3</sup>/ha/mes respectivamente en términos de volumen; con un total anual de **780.2 mm/año ó 7,802 m<sup>3</sup>/ha/año**.

## Necesidades de riego bruto o total - NRb

### Riego por superficie o riego por gravedad

Consiste en aplicar el agua haciendo fluir sobre la superficie del suelo y reteniendo mediante pozas o anillos practicados alrededor del tronco bajo la copa del árbol, para una eficiencia de riego (eficiencia de aplicación) promedio de 35%, se determinó que con esta modalidad de riego se necesita aplicar entre **5.38 a 11.12 mm/día** que equivale a aplicar **538 a 111 m<sup>3</sup>/ha/día**. Siendo la necesidad de riego total durante el año de **22,290 m<sup>3</sup>/ha/año**. Para estas condiciones, el **Módulo de riego** también varía de **0.62 a 1.29 l/s/ha**. El mes de máximo consumo corresponde a setiembre. (Tabla 5 y figura 3).



Fig. 3. Sistema de riego por superficie – anillos en palto

**Tabla 5.**  
REGIMEN DE RIEGO DEL CULTIVO DE PALTO EN VALLE RIO PAMPAS  
REQUERIMIENTO HÍDRICO Y NECESIDADES DE RIEGO  
Riego por superficie- gravedad

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	M E S E S											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Nº de días/mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>ETo</b> Evapotrans. Potencial (*)	mm/día	<b>4.55</b>	<b>4.23</b>	<b>3.54</b>	<b>3.64</b>	<b>3.35</b>	<b>3.15</b>	<b>3.11</b>	<b>3.45</b>	<b>4.37</b>	<b>4.47</b>	<b>4.95</b>	<b>4.71</b>
ETo Evapotrans. Potencial	mm	140.93	118.52	109.74	109.20	103.85	94.50	96.41	106.95	131.14	138.57	148.50	145.95
<b>Kc</b> Coeficiente del Cultivo	--	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.75	0.80	0.85	0.95	0.90	0.85	0.85
<b>ETc</b> Uso Consuntivo (Rqto hidric)	mm	84.56	71.11	65.84	65.52	67.50	70.88	77.13	90.91	124.59	124.71	126.23	124.06
<b>ETc</b> Uso Consuntivo (Rqto hidric)	mm/día	2.73	2.54	2.12	2.18	2.18	2.36	2.49	2.93	4.15	4.02	4.21	4.00
<b>PE</b> Precipitación Efectiva (**)	mm	75.60	75.60	80.90	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	14.55	23.00	45.95
<b>NRn</b> Necesid. Riego neto	mm	8.96	0.00	0.00	56.52	67.50	70.88	77.13	90.91	116.79	110.16	103.23	78.11
<b>NRn</b> Necesid. Riego neto (volum)	m <sup>3</sup> /ha	89.60	0.00	0.00	565.20	675.03	708.75	771.28	909.08	1167.87	1101.63	1032.25	781.08
<b>Er</b> Eficiencia de Riego (***)	---	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
<b>NRb</b> Necesid. de Riego Total	m <sup>3</sup> /ha	255.99	0.00	0.00	1614.86	1928.64	2025.00	2203.66	2597.36	3336.79	3147.51	2949.29	2231.65
NRb Necesid. de Riego Total	m <sup>3</sup> /ha/día	8.26	0.00	0.00	53.83	62.21	67.50	71.09	83.79	111.23	101.53	98.31	71.99
NRb Necesid. de Riego Total	mm/día	0.83	0.00	0.00	5.38	6.22	6.75	7.11	8.38	11.12	10.15	9.83	7.20
<b>MR</b> Módulo de Riego	l/seg/ha	0.10	0.00	0.00	0.62	0.72	0.78	0.82	0.97	1.29	1.18	1.14	0.83

(\*) ETo calculado por el método de Penman, Cropwat y Hargreaves

(\*\*) Precipitación Efectiva calculad con Formula FAO/AGLW

(\*\*\*) Eficiencia de Riego por superficie-gravedad: 0.35

### Riego presurizado por microaspersión

Incorporando mejoras en la distribución y aplicación del agua de riego, con el riego por microaspersión o goteo, modalidades de **riego localizado**, donde el agua se aplica directamente al suelo a la zona de raíces, con una eficiencia de riego (eficiencia de aplicación) promedio de 85%, se determinó que con esta modalidad de riego se necesita aplicar entre **2.22 a 4.58 mm/día** que equivale a aplicar **22.2 a 45.8 m<sup>3</sup>/ha/día**. Siendo la necesidad de riego total durante el año de **9,180 m<sup>3</sup>/ha/año**. Para estas condiciones, el **Módulo de riego** también varía de **0.26 a 0.53 l/s/ha**. El mes de máximo consumo corresponde a setiembre. (Figura 4 y tabla 6).



Fig. 3.4. Sistema de riego por microaspersión en palto

**Tabla 6.**  
REGIMEN DE RIEGO DEL CULTIVO DE PALTO EN VALLE RIO PAMPAS  
REQUERIMIENTO HÍDRICO Y NECESIDADES DE RIEGO  
Riego presurizado por Microaspersión

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	M E S E S											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Nº de días/mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>ETo</b> Evapotrans. Potencial (*)	mm/día	<b>4.55</b>	<b>4.23</b>	<b>3.54</b>	<b>3.64</b>	<b>3.35</b>	<b>3.15</b>	<b>3.11</b>	<b>3.45</b>	<b>4.37</b>	<b>4.47</b>	<b>4.95</b>	<b>4.71</b>
ETo Evapotrans. Potencial	mm	140.93	118.52	109.74	109.20	103.85	94.50	96.41	106.95	131.14	138.57	148.50	145.95
<b>Kc</b> Coeficiente del Cultivo	-.-	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.75	0.80	0.85	0.95	0.90	0.85	0.85
<b>ETc</b> Uso Consuntivo (Rqto hidric)	mm	84.56	71.11	65.84	65.52	67.50	70.88	77.13	90.91	124.59	124.71	126.23	124.06
<b>ETc</b> Uso Consuntivo (Rqto hidric)	mm/día	<b>2.73</b>	<b>2.54</b>	<b>2.12</b>	<b>2.18</b>	<b>2.18</b>	<b>2.36</b>	<b>2.49</b>	<b>2.93</b>	<b>4.15</b>	<b>4.02</b>	<b>4.21</b>	<b>4.00</b>
<b>PE</b> Precipitación Efectiva (**)	mm	75.60	75.60	80.90	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.80	14.55	23.00	45.95
<b>NRn</b> Necesid. Riego neto	mm	8.96	0.00	0.00	56.52	67.50	70.88	77.13	90.91	116.79	110.16	103.23	78.11
<b>NRn</b> Necesid. Riego neto (volum)	m <sup>3</sup> /ha	89.60	0.00	0.00	565.20	675.03	708.75	771.28	909.08	1167.87	1101.63	1032.25	781.08
<b>Er</b> Eficiencia de Riego (***)	---	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
<b>NRb</b> Necesid. de Riego Total	m <sup>3</sup> /ha	105.41	0.00	0.00	664.94	794.15	833.82	907.39	1069.50	1373.97	1296.04	1214.41	918.92
NRb Necesid. de Riego Total	m <sup>3</sup> /ha/día	3.40	0.00	0.00	22.16	25.62	27.79	29.27	34.50	45.80	41.81	40.48	29.64
NRb Necesid. de Riego Total	mm/día	0.34	0.00	0.00	2.22	2.56	2.78	2.93	3.45	4.58	4.18	4.05	2.96
<b>MR</b> Módulo de Riego	l/seg/ha	0.04	0.00	0.00	0.26	0.30	0.32	0.34	0.40	0.53	0.48	0.47	0.34

(\*) ETo calculado por el método de Penman, Cropwat y Hargeraves

(\*\*) Precipitación Efectiva calculad con Formula FAO/AGLW

(\*\*\*) Eficiencia de Riego por Microaspersión: 0.85

Los resultados obtenidos para riego por gravedad (22,290 m<sup>3</sup>/ha/año) son muy superiores al reportado por Flores, D. 2014 (12,000 m<sup>3</sup>/ha), debido a las bajas eficiencias de riego en el valle Pampas, además de que el requerimiento calculado es anual y no solo en el periodo de producción. Para el caso del riego localizado se obtuvo 9,180 m<sup>3</sup>/ha/año y el reportado por el mismo autor de 8,000 m<sup>3</sup>/ha para riego por goteo, con resultados similares.

## PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN CULTIVO DE PALTO

Luego del análisis de los cálculos sustentatorios del régimen del riego que implica los cálculos del requerimiento hídrico del cultivo de palto en la zona del valle río Pampas y de las necesidades de riego para satisfacer dicha demanda, se ha llegado a determinar la programación del riego para dos condiciones de producción: Uno para paltos en producción de 5 años con marco de plantación de 4 m x 5 m, con una densidad de 500 árboles por ha. Otro para palto instalado de 2 años con marco de 4 m x 4 m, una densidad de 625 árboles por ha, cuyos detalles se muestran en la tabla 6.

La cantidad de agua a aplicar depende básicamente del método de aplicación del riego. Para el mismo **consumo de agua del palto y la necesidad de riego neto de 760 mm/año** que es igual a **7,600 m<sup>3</sup>/ha/año**, va diferenciarse considerablemente la cantidad de agua de riego, con el siguiente detalle.

### En riego por gravedad

Con intervalo de riego de 10 días se aplica 758 litros por planta en cada riego y cuando el intervalo es de 7 días se aplica 525 litros, en árboles de palto en plena producción. Si el palto está instalado y en crecimiento, con intervalo de riego de 10 días se aplica 190 litros por planta en cada riego y con intervalo de 7 días se aplica 131 litros. Como se observa son grandes cantidades de agua que se gasta.

*Tabla 6.*  
**REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO**  
**CULTIVO DE PALTO VALLE RÍO PAMPAS**

ORD	DESCRIPCION		PALTO EN PRODUCCION	PALTO INSTALADO
	CARACTERÍSTICAS	UNID		
1	Edad	-.-	<b>5 años</b>	<b>2 años</b>
2	Marco de plantación	-.-	Dp=4m Dl=5m	Dp=4m Dl=4m
3	ETc max	mm/día	4.21	4.21
4	ETc mim	mm/día	2.12	2.12
5	<b>ETc anual</b>	mm	<b>1093.033</b>	<b>1093.033</b>
6	<b>PE anual</b>	mm	332.400	332.400
7	<b>NRn Neto anual</b>	mm	<b>760.633</b>	<b>760.633</b>
8	<b>NRb Gravedad anual</b>	mm	2173.238	2173.238
9	<b>NRb Microasper anual</b>	mm	894.863	894.863
10	Proporción (G/M)	-.-	2.4	2.4
11	Plantas por hectárea	Nº	500	625
12	<b>Par</b> área mojada	Coef	0.628	0.196
13	<b>Vol anual por planta Gravedad</b>	m <sup>3</sup> /planta	27.296	6.824
14	<b>Vol anual por planta Microasper</b>	m <sup>3</sup> /planta	11.239	2.810
15	<b>Vol cada riego Gravedad lr=10 días</b>	m <sup>3</sup> /planta	<b>0.758</b>	<b>0.190</b>
16	<b>Vol cada riego Gravedad lr=7 días</b>	m <sup>3</sup> /planta	0.525	0.131
17	<b>Vol cada riego Microasper lr=5 días</b>	m <sup>3</sup> /planta	<b>0.154</b>	<b>0.038</b>

### En riego por microaspersión

Con intervalo de riego de 5 días se aplica 154 litros por planta en cada riego, en árboles de palto en plena producción. Si el palto está instalado y en crecimiento, con intervalo de riego de 5 días se aplica 38 litros por planta en cada riego. Como se observa el ahorro de agua es significativo respecto al riego por superficie o riego por gravedad.

## AGRADECIMIENTO



El autor expresa su reconocimiento y gratitud a los trabajadores y docentes del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH y a los agricultores productores de palto del corredor económico del valle río Pampas de las regiones Ayacucho-Apurímac.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera J, Salazar S. (1991). The Avocado Industry in Michoacán, México. South African Avocado Growers' Association Yearbook. 14:94-97.

Ascencios, D. (2012). "Sistema de riego en cultivo de palto". Guía técnica. UNALM Agrobanco. La Fortaleza-Paramonga. Barranca-Perú.

Avidan, A. (1994). "Determinación del régimen de riego de los cultivos". Fascículos 1, 2 y 3. HAIGUD: Asociación para la transferencia de tecnología. Estado de Israel.

Bower J, Wolstenholme BN, De Pater J. (1978). Incoming solar radiation and internal water status as stress factors in avocado, *Persea americana* Mill, cv. Edranol. Crop Production 7: 129-133.

Flores, D. (2014). Cultivo de Palto. Manual práctico para productores. SN Power - Proyecto Cheves. Proyecto Frutícola, Escuela de Campo. Swisscontact. Lima Perú.

Gil P., Sellés G., Ferreyra, R. (2009). "Manual de riego para paltos y cítricos". Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Centro Regional de Investigación La Cruz. V Región Chile.

Grajales, L. (2017). "Uso racional del agua de riego en cultivos de aguacate Has en tres zonas productoras de Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

Huamán, J. C. (2017). "Cultivo de Palto (*Persea americana*) cv Hass para exportación". Empresa Agrícola pampa baja SAC. Arequipa, Perú.

Lahav E, Kalmar D. (1983). Determination of irrigation regimes for an avocado plantation in spring and autumn. Australian Journal of Agricultural Research 34, 717-724.

Meneses, R. (2014). "Ingeniería del riego. Texto de estudio". Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

Whiley AW, Chapman KR, Saranah JB. (1988a). Water loss by floral structures of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte during flowering. Aust J Agric Res 39: 457-467.

Whiley AW, Saranah JB, Cull BW, Pegg KG. (1988b). Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. Queensland Agric J 114: 29-36.

Wolstenholme BN, Whiley AW, Saranah JB. (1990). Manipulating vegetative: reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill.) with paclobutrazol foliar sprays. Scientia Horticulturae 41, 315-327.

<http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-cluster-palta-hass-corredor-chincheros-dinamizara-produccion-apurimac-522113.aspx> 2014.

<https://gestion.pe/economia/palta-oro-verde-exportaciones-peruanas-221976>. 2017.