

**Material suplementario artículo titulado:**

**Propuesta metodológica para caracterizar los parámetros del clima en relación con los valores ideales y la fenología de los sembríos de café en Puno**

**Tabla S1.** Estadísticas de la producción y precios a nivel nacional de café y de la región Puno

<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Promedio</b>
Producción global (ton)	279,199	331,547	320,164	255,857	222,047	251,938	277,760	346,466	369,620	294,955
Superficie global (Ha)	349,354	367,096	370,632	399,636	361,671	379,187	383,973	424,129	446,137	386,869
Rend. Nacional (Ton/Ha)	0.799	0.903	0.864	0.640	0.614	0.664	0.723	0.817	0.828	0.762
Rend. Puno (Ton/Ha)	0.657	0.663	0.722	0.67	-	-	-	-	-	0.678
Precio* (soles/Kg)	6.18	9.20	6.34	4.89	7.21	6.41	5.61	5.92	5.52	6.364

\* Precio al productor en la finca

Fuente: CPCC (2021).

**Tabla S2.** Variables climáticas referenciales consideradas óptimas para el café arábica para este estudio

<b>Variable</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>	<b>Óptimo</b>
Temperatura (°C)	22	18	21.5
Precipitación anual (mm)	2000	1400	1700
Humedad relativa (%)	70	60	65
Brillo solar (hr/mes)	280	70	166
Viento (Km/hr)	7	5	6
Altitud (msnm)	1800	1200	1500

Fuente: Quintana (2018)

**Tabla S3.** Factores que interactúan en la demanda hídrica de los cultivos

<b>Factor</b>	<b>Característica</b>
<b>El Cultivo</b>	Especie de la Planta
	Densidad de Siembra
	Edad del cultivo
	Profundidad de las raíces
<b>Meteorológico</b>	Demanda atmosférica de vapor de agua (Evotranspiración)
<b>Edáficos</b>	Capacidad de almacenamiento de agua en el tipo de suelo
<b>Hidrológicos</b>	Distribución de la lluvia aérea, escorrentía y percolación

**Tabla S4.** Impactos de los factores meteorológicos sobre la producción del café

<b>Parámetro</b>	<b>Impacto sobre el café</b>
<b>Temperatura</b>	Sobre el crecimiento del café, las bajas temperaturas propicia lento desarrollo y maduración tardía del fruto. Las temperaturas altas aceleran la senescencia de los frutos, disminuye la fotosíntesis, reducen el crecimiento y la producción, producen anomalías en la flor, fructificación limitada, ocurrencia de enfermedades y plagas, afecta la longevidad de la planta, su productividad y su rendimiento.
<b>Precipitación</b>	Debe tener un rango deseable para lograr una buena floración y maduración del fruto. Se requiere también un periodo seco para estimular el crecimiento de las raíces, desarrollar las ramas laterales, las hojas y la formación de capullos florales, el café tiene cierta tolerancia a la sequía, pero si se prolonga disminuye la cosecha del año siguiente por una deficiente distribución de los nutrientes del suelo. La lluvia excesiva inhibe la diferenciación de las yemas florales, originan deficiencias de nitrógeno por dilución del elemento y reducción de crecimiento de la planta. Dando lugar a floraciones múltiples e irregularidades en la cosecha y la caída de frutos.
<b>Altitud</b>	Es determinante en la calidad del café, en altura el grano es de mayor tamaño y rendimiento, mejor calidad, más cuerpo, aroma y acidez que el de áreas bajas. La temperatura incide en forma directa sobre estas propiedades y de manera indirecta la lluvia e inversa la iluminación.
<b>Luminosidad</b>	Originalmente el café nació en sombra, la intensa luminosidad propicia el cierre de estomas en las hojas del café para protegerse de una transpiración excesiva, disminuyendo la producción de alimentos de la planta y por lo tanto baja en producción, por otro lado, una intensidad de luz baja y prolongada favorece la incidencia de plagas, los problemas de maduración de granos y la baja cantidad en la recolección. El café es una planta de día corto, aproximadamente 13 horas de luz para florecer.
<b>Velocidad de los Vientos</b>	Valores elevados producen defoliación y caída de flores y frutos, la frecuencia de vientos fuertes produce desecamiento que acelera su transpiración originando deshidratación en las hojas de la planta y su caída. Vientos fuertes en época de cosecha produce rozamiento y caída de frutos verdes y maduros en la producción de las partes altas de las ramas.
<b>Humedad Relativa</b>	Si la humedad relativa excede el 85% se afecta la calidad del café y se favorece las enfermedades. La humedad ayuda a disipar los rayos solares sirviendo como filtro y disminuyendo la intensidad lumínica.



**Figura S1.** Zona de estudio vista desde un satélite (CECOVASA, 2013; Google, 2021; SENAMHI, 2021; USAID, 2021; Worldclim, 2021).

**Tabla S5.** Input de Datos: Lista de fincas, coordenadas de ubicación, fenología y plagas

Ítem	Ubicación de la finca		Floración		Fructificación		Cosecha		Plagas		
	Denominación Geográfica	Coordenada 1	Coordenada 2	Inicio	Termino	Inicio	Termino	Inicio	Termino	Año Suceso	Tipo•
1	SANDIA	-14.31801826	-69.45354413	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Agosto	Septiembre		
2	SAN JUAN DEL ORO 1	-14.22098776	-69.15663384	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
3	SAN JUAN DEL ORO 2 CHALLOHUMA	-14.21000689	-69.15040359	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
4	SAN JUAN DEL ORO 2	-14.21460519	-69.17412103	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
5	SAN JUNA DEL ORO 3 CHALLOHUMA2	-14.19902548	-69.15953657	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
6	SAN JUAN DEL ORO 4 CHALLOHUMA3	-14.22949756	-68.13128803	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
7	YANAMAYO 1	-14.20135908	-69.09716322	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
8	YANAMAYO 2	-14.18728852	-69.10027835	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
9	YANAMAYO 3	-14.21398751	-69.08371154	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
10	PAJCHANI 1	-14.18893585	-69.08845503	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
11	COLLPANI 1	-14.15667347	-69.07606532	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
12	COLLPANI 2	-14.16298902	-69.05723295	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
13	SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO 1	-14.10820264	-69.04852476	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
14	SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO 2	-14.10373951	-69.05886132	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
15	SAN PEDRO DE PUTINA PUNCO 3	-14.13161548	-69.03245353	Diciembre	Febrero	Febrero	Abril	Abril	Junio	2014	R, B, O.P.
16	SAN PEDRO DE P. P. CHUNCAL	-14.08684749	-68.98933733	Diciembre	Febrero	Febrero	Abril	Abril	Junio	2014	R, B, O.P.
17	SAN PEDRO DE P.P. CURVA ALEGRE	-14.01809819	-68.94623214	Diciembre	Febrero	Febrero	Abril	Abril	Junio	2014	R, B, O.P.
18	ALTO INAMBARI 1	-14.0936158	-69.23891478	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Agosto	Septiembre	2014	
19	ALTO INAMBARI 2 PALMERA	-14.08562393	-69.25548011	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Agosto	Septiembre	2014	
20	ALTO INAMBARI 3 BUENA VISTA	-14.04599348	-69.16982108	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
21	ALTO INAMBARI PACAYZUIZO	-14.02409389	-69.18475562	Febrero	Abril	Abril	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.
22	YANAHUAYA ALTO SANTA ROSA	-14.22935133	-69.19514113	Abril	Mayo	Junio	Agosto	Agosto	Septiembre	2014	
23	YANAHUAYA	-14.25722072	-69.16801863	Febrero	Abril	Junio	Junio	Junio	Agosto	2014	R, B, O.P.

• R: Roya, B: Broca, O.P.: Ojo de pollo

Fuente: CECOVASA (2013)

**Tabla S6.** Agrupación de las fincas por calendarización de ciclo Fenológico de café Arabica sembrado

<b>GRUPO I Fincas<sup>a</sup></b>	<b>Coordenada 1<sup>a</sup></b>	<b>Coordenada 2<sup>a</sup></b>	<b>Altitud<sup>b</sup> msnm</b>	<b>Floración<sup>a</sup> Dic – Feb</b>	<b>Fructificación<sup>a</sup> Feb – Abr</b>	<b>Cosecha<sup>a</sup> Abr - Jun</b>
San Pedro de Putina Punco 3	14.131615477754146	69.03245353085056	1183.79			
San Pedro de Putina Punco Chuncal	-14.08684748947107	-68.989337334565	965.96			
San Pedro de Putina Punco Curva Alegre	14.018098194860936	68.94623213571785	909.93			

<b>GRUPO II Fincas</b>	<b>Coordenada 1</b>	<b>Coordenada 2</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Floración Feb – Abr</b>	<b>Fructificación Abr – Jun</b>	<b>Cosecha Jun - Ago</b>
San Juan del Oro 1	-14.220987756060877	-69.15663384091059	1350.00			
San Juan del Oro 2 Challohuma	-14.210006886987319	-69.15040358609473	1200.00			
San Juan del Oro 2	-14.21460519071547	-69.17412103285842	1770.14			
San Juan del Oro 3 Challohuma 2	-14.199025484796143	-69.15953657257474	1250.00			
San Juan del Oro 4 Challohuma 3	-14.229497562826772	-69.13128803038322	1802.96			
Yanamayo 1	-14.201359077171427	-69.09716322470021	1100.00			
Yanamayo 2	-14.187288522537193	-69.10027835210813	1427.64			
Yanamayo 3	-14.213987513322069	-69.08371153816596	1702.43			
Pajchani 1	-14.188935851977952	-69.08845502722974	1367.52			
Collpani 1	-14.156673469086929	-69.07606531582982	1251.64			
Collpani 2	-14.162989019817639	-69.0572329543437	1621.75			

<b>GRUPO II Fincas</b>	<b>Coordenada 1</b>	<b>Coordenada 2</b>	<b>Altitud m.s.n.m.</b>	<b>Floración Dic – Feb</b>	<b>Fructificación Feb – Abr</b>	<b>Cosecha Abr - Jun</b>
San Pedro de Putina Punco 1	14.108202642027281	69.04852475675851	1122.00			
San Pedro de Putina Punco 2	14.103739511848536	69.05886131588483	1285.52			
Alto Inambari 3 Buena Vista	14.045993484662706	69.16982107907172	1768.58			
Alto Inambari Pacayzuizo	14.024093886766222	69.18475561837242	1410.19			
Yanahuaya	14.257220722859412	-69.168018634288	1356.99			

<b>GRUPO III Fincas</b>	<b>Coordenada 1</b>	<b>Coordenada 2</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Floración Abr – May</b>	<b>Fructificación Jun – Ago</b>	<b>Cosecha Ago - Set</b>
Sandia	-14.318018258337972	-69.45354412834781	2242.50			
Alto Inambari 1	-14.09361579569319	-69.23891478306076	1387.37			
Alto Inambari 2 Palmera	-14.085623932807907	-69.25548010534455	1630.27			
Yanahuaya Alto Santa Rosa	-14.229351326177737	-69.19514113112685	1858.96			

<sup>a</sup> Fincas que pertenecen a CECOVASA, datos de ubicación geográfica y los periodos fenológicos de cada una de ellas.

<sup>b</sup> Alturas proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional del Perú en base a las coordenadas geográficas.

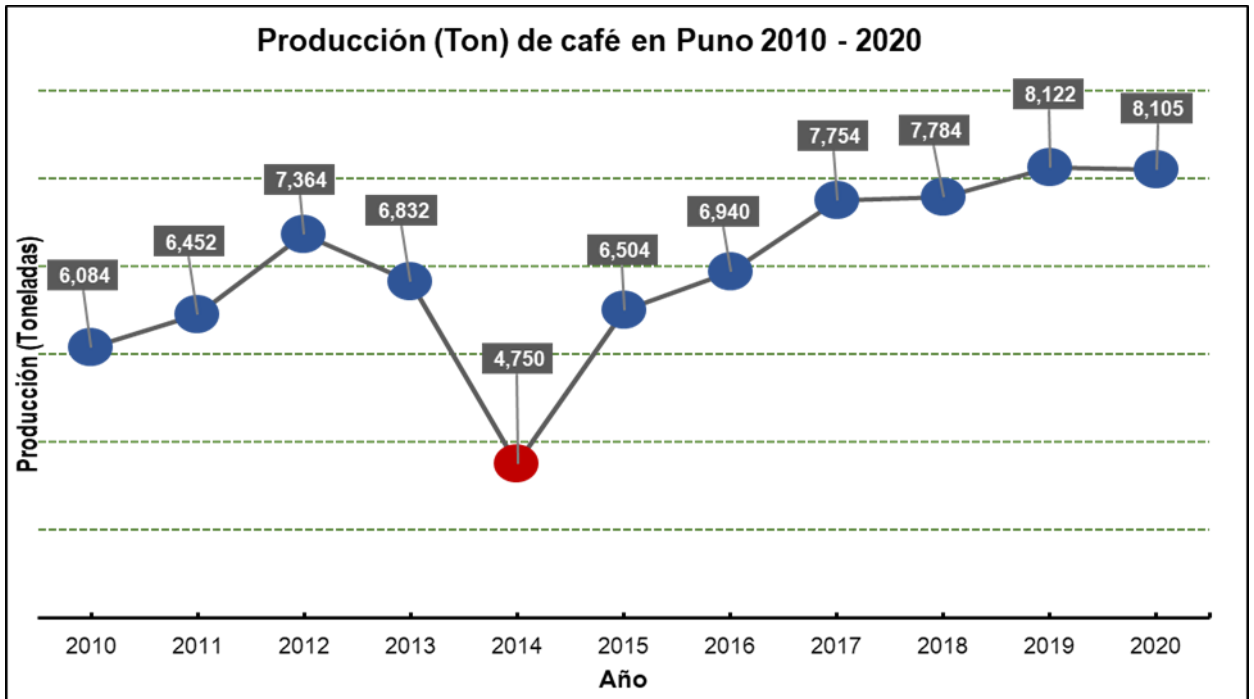


Figura S2. Producción de Café en Puno 2010 – 2020 (CPCC, 2021)

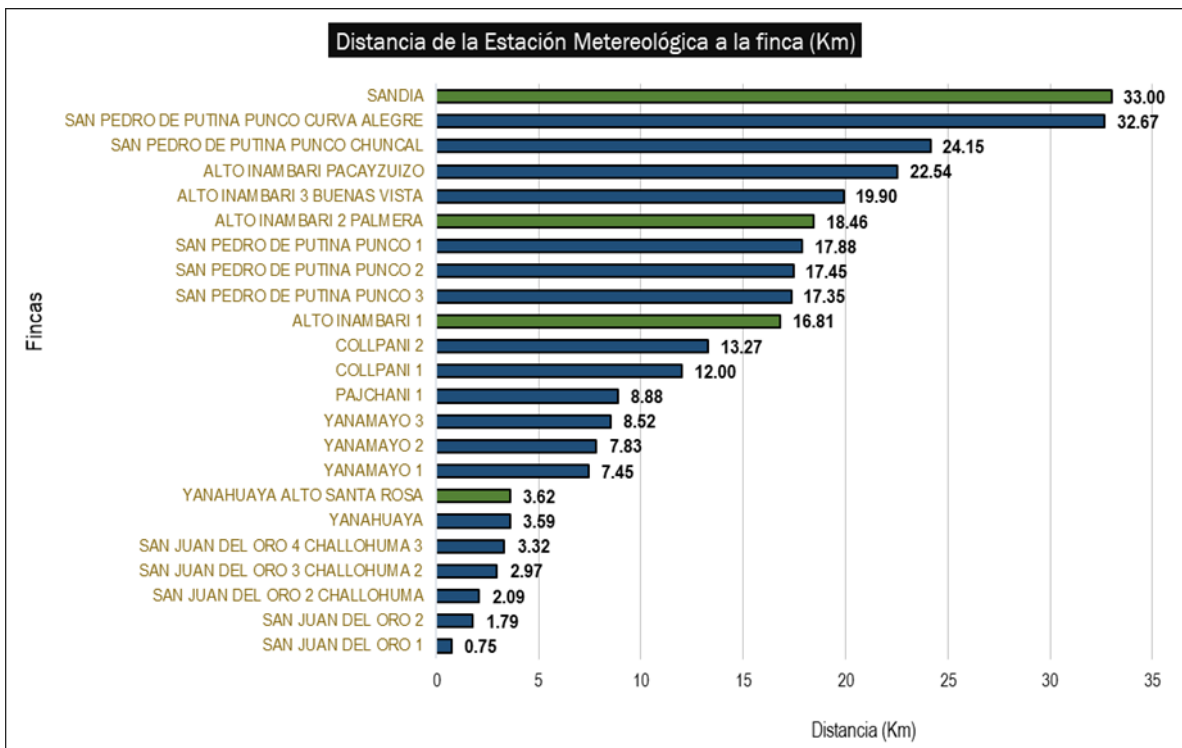


Figura 3S. Distancia de la estación meteorológica Tambopata a las fincas (Google, 2021)

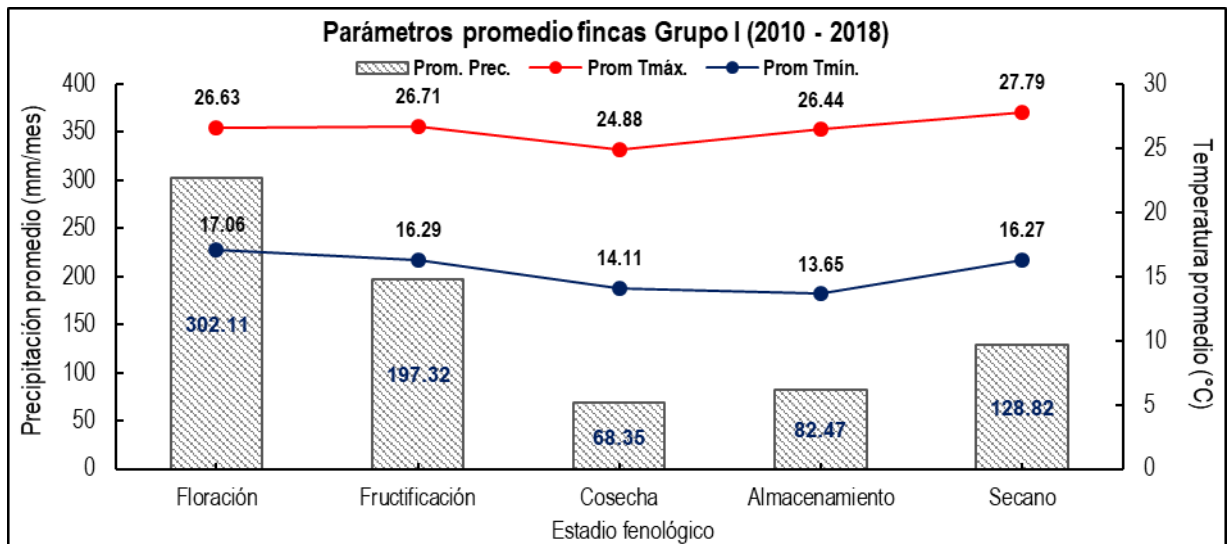


Figura 4S. Parámetros promedio de las precipitaciones en las fincas del Grupo I

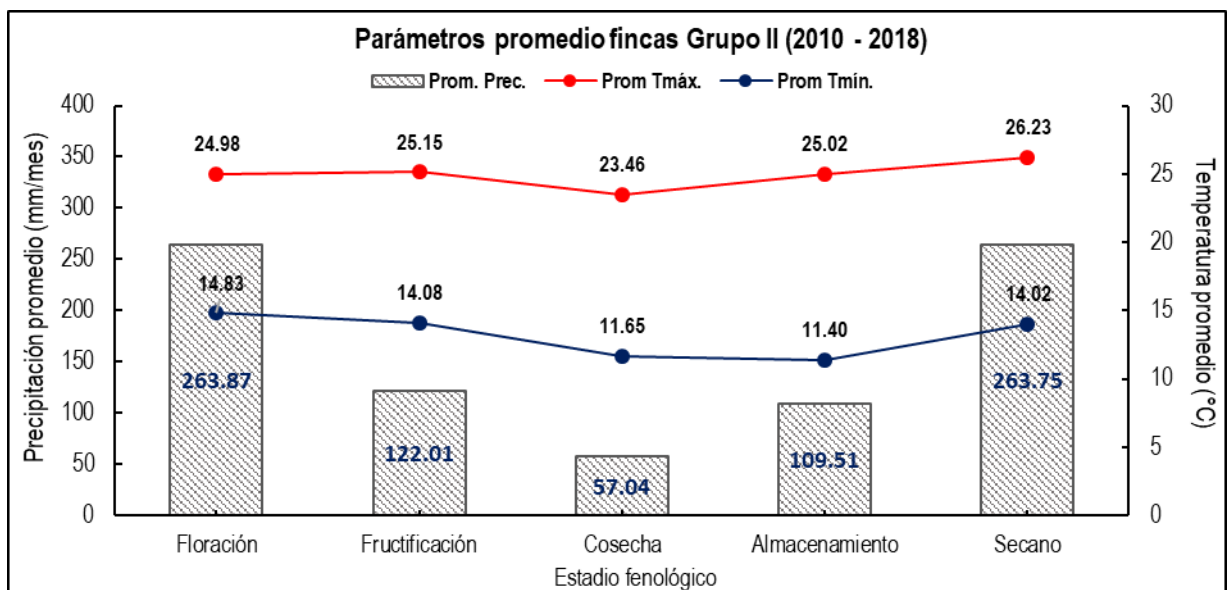


Figura 5S. Parámetros promedio de las precipitaciones en las fincas del Grupo II

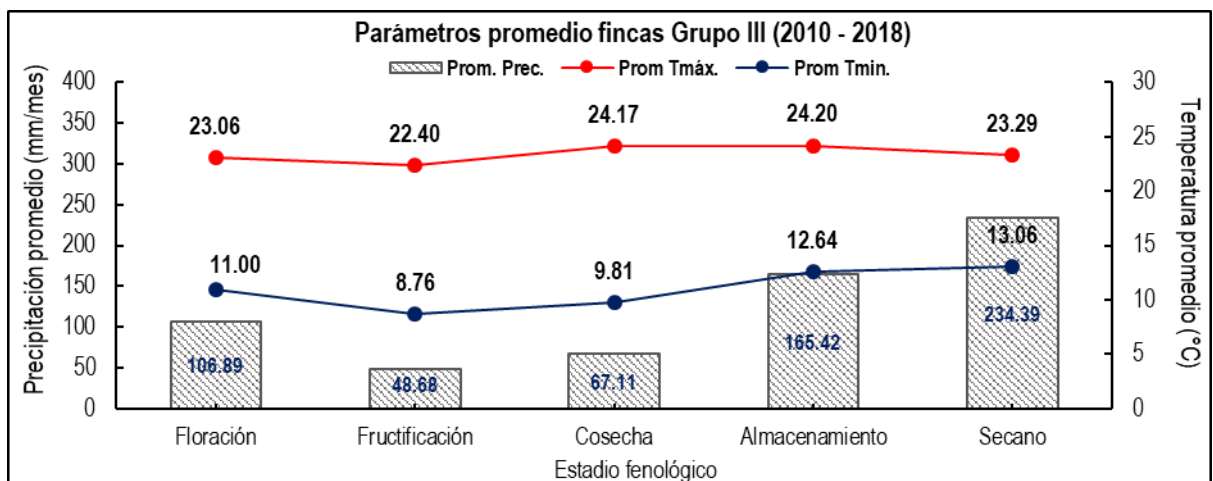


Figura 6S. Parámetros promedio de las precipitaciones en las fincas del Grupo III

**Tabla S7.** Resumen Estadístico Descriptivo de los parámetros estudiados

<b>Parámetro</b>	<b>N</b>	$\bar{X}$	<b>Me.</b>	<b>Mo.</b>	$\sigma$	$\sigma^2$	<b>S.E.</b>	$\beta_2$	<b>C.As</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>R</b>	$A^2$	<i>p</i>
Prec. Mensuales fincas del Grupo I	324	162.0	146.16	192.99	109.35	11957.12	6.075	-0.184	0.707	11.29	537.544	536.254	6.3	<0.005
Prec. Mensuales fincas del Grupo II	1728	150.2	136.16	184.35	101.37	10275.47	2.439	-0.214	0.688	7.38	505.592	498.212	31.3	<0.005
Prec. Mensuales fincas del Grupo III	432	132.3	114.17	122.71	94.05	8844.80	4.525	-0.030	0.786	7.38	456.728	449.348	8.7	<0.005
Temp. Máxima prom. Mensual GI	324	26.5	26.52	24.398	1.39	1.92	0.077	-0.497	-0.065	22.40	29.759	7.358	0.6	0.149
Temp. Máxima prom. Mensual GII	1728	25.4	25.31	23.923	1.26	1.58	0.030	-0.491	-0.582	21.18	28.338	7.163	3.6	<0.005
Temp. Máxima prom. Mensual GIII	432	26.9	24.05	18.925	2.04	4.14	0.098	0.195	-0.928	18.09	26.907	8.822	9.0	<0.005
Temp. Mínima prom. Mensual GI	324	15.5	15.67	15.692	1.836	3.37	0.102	-0.644	-0.321	10.56	19.195	8.639	1.8	<0.005
Temp. Mínima prom. Mensual GII	1728	13.7	14.03	14.264	1.775	3.15	0.043	-0.749	-0.349	8.66	17.441	8.785	16.6	<0.005
Temp. Mínima prom. Mensual GIII	432	11.3	11.80	9.581	3.006	9.04	0.145	0.195	-0.928	2.47	15.498	13.032	11.7	<0.005
Humedad prom. Mensual fincas GI y II	1924	96.1	97.30	98.300	3.214	10.33	0.073	6.514	-2.275	74.70	100.00	25.300	164.7	<0.005

(N = Número de datos analizados,  $\bar{X}$  = Media aritmética, Mín. = Valor mínimo de la población, Máx. = Valor máximo de la población,  $\sigma$  = Desviación estándar, Me. = Mediana, Mo. = Moda de la población,  $\sigma^2$  = Variación de la muestra, S.E. = Error estándar de la muestra,  $\beta_2$  = Curtosis, C.As = coeficiente de asimetría, R. = Rango de los datos,  $A^2$  = Estadístico Anderson-Darling, *p* = Probabilidad de normalidad )