



PROYECTO  
**ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN COMUNIDADES ANDINAS  
BOLIVIANAS QUE DEPENDEN DE GLACIARES TROPICALES**

ANEXO AL INFORME DE PROGRESO SEMESTRAL  
**NORDIC CLIMATE FACILITY**

<b>DOCUMENTO:</b>	Anexo 3.16. Informe Demanda de Riego La Granja
<b>FECHA:</b>	Julio 2011
<b>LUGAR:</b>	La Paz, Bolivia



ihh

# **“Fortaleciendo la capacidad y desarrollando estrategias de adaptación a los fenómenos de Cambio Climático en comunidades de montaña de la Cordillera Real de Los Andes Centrales de Bolivia”**

## Proyecto Illimani

# INFORME: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE RIEGO EN LA COMUNIDAD LA GRANJA

**PERÍODO: 1975 - 2008**

## **CUENCA DEL RIO PAUCARA**

**AUTOR:** Alan Tellería y Danitza Salazar – Agua Sustentable

REVISIÓN: Paula Pacheco – Agua Sustentable

**LUGAR Y FECHA:** La Paz, 4 de Marzo de 2011



## Índice del contenido

<b>ÍNDICE DEL CONTENIDO.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>V</b>
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>2</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>2</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.....</b>	<b>5</b>
<b>4.2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRODUCTIVA.....</b>	<b>5</b>
<b>4.3. EVALUACIÓN DE LA DEMANDA EVAPORATIVA DE LA ATMÓSFERA (ETo) .....</b>	<b>6</b>
<b>4.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC).....</b>	<b>7</b>
<b>4.5. PRECIPITACIÓN EFECTIVA .....</b>	<b>7</b>
<b>4.6. REQUERIMIENTOS DE RIEGO.....</b>	<b>8</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>9</b>
<b>5.1. ANÁLISIS DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS.....</b>	<b>9</b>
<b>5.2. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>5.3. INFORMACIÓN PRODUCTIVA .....</b>	<b>13</b>
<b>5.3.1. ESTRUCTURA PRODUCTIVA .....</b>	<b>13</b>
<b>5.3.1.1. ESTRUCTURA PRODUCTIVA 1954-1975.....</b>	<b>14</b>
<b>5.3.1.2. ESTRUCTURA PRODUCTIVA 1975-1987 .....</b>	<b>15</b>
<b>5.3.1.3. ESTRUCTURA PRODUCTIVA ACTUAL .....</b>	<b>16</b>
<b>5.3.2. VARIACIÓN DEL PATRÓN DE CULTIVO.....</b>	<b>18</b>
<b>5.3.3. ESTIMACIÓN DEL COEFICIENTE ÚNICO DEL CULTIVO (Kc).....</b>	<b>24</b>
<b>5.4. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ETo).....</b>	<b>25</b>
<b>5.5. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ETC) .....</b>	<b>26</b>
<b>5.6. DEMANDA DE RIEGO .....</b>	<b>28</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>6.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>32</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>33</b>
<b>I. TEMPERATURAS.....</b>	<b>33</b>
<b>II. PRECIPITACIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>III. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA.....</b>	<b>38</b>
<b>IV. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO .....</b>	<b>40</b>
<b>V. DEMANDA DE AGUA.....</b>	<b>46</b>



## Índice de Figuras

Figura 1. Área de Estudio – Comunidad La Granja.....	3
Figura 2. Esquema metodológico para el cálculo del requerimiento de riego.....	4
Figura 3. Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas (línea azul) mensuales ( $^{\circ}\text{C}$ ), Comunidad Tahuapalca, periodo ene-1970 a jul-2010.....	10
Figura 4. Temperatura máxima anual (línea roja) y Temperatura máxima promedio anual (línea púrpura) ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	11
Figura 5. Temperatura mínima anual (línea azul) y Temperatura mínima promedio anual (línea verde) ( $^{\circ}\text{C}$ ) .....	11
Figura 6. Temperaturas medias máximas (línea roja) y mínimas (línea azul) ( $^{\circ}\text{C}$ ), Comunidad Tahuapalca, periodo 1970-2009.....	12
Figura 7. Precipitación total mensual (mm/mes), periodo 1975-2008, Comunidad Tahuapalca.....	12
Figura 8. Precipitación promedio (mm/mes), periodo 1975-2008, Comunidad Tahuapalca.....	13
Figura 9. Área cultivada el año 1954, que se considerada casi constante hasta 1975. ....	15
Figura 10. Área cultivada y canales del río Paucara y río Sajhuaya, periodo actual (2010).....	17
Figura 11. Ríos Paucara y Sajhuaya, con sus principales vertientes. Periodo actual: 2010.....	18
Figura 11. Levantamiento de superficies cultivadas en la comunidad La Granja durante Noviembre de 2010.....	20
Figura 12. Evapotranspiración de Referencia (mm/día) calculada para La Granja. Promedio mensual del periodo estudiado: 1975 a 2008.....	25
Figura 13. Evapotranspiración de referencia promedio anual (mm/día) calculada para comunidad La Granja. Periodo: 1975 a 2010. ....	26
Figura 14. ETc promedio, cultivo Maíz. ....	27
Figura 15. ETc promedio, cultivo Papa.....	27
Figura 16. ETc promedio, cultivo Tomate.....	27
Figura 17. ETc promedio, cultivo Lechuga.....	27
Figura 18. ETc promedio, cultivo Frutales.....	27
Figura 19. ETc promedio, cultivo Otros (a partir de 1996 corresponde solo a Gladiolo). ....	27



---

Figura 20. Demanda de riego anual ( $m^3/\text{mes}$ ), comunidad La Granja, periodo 1975 a 2008.....	28
Figura 21. Demanda de riego ( $m^3/\text{mes}$ ) para los meses de Diciembre, Julio y promedio anual, comunidad La Granja, periodo 1975 a 2010.....	29
Figura 22. Temperaturas mensuales máximas, estación Tahuapalca, periodo 1970 a 2010.....	33
Figura 23. Temperaturas mensuales mínimas, estación Tahuapalca, periodo 1970 a 2010.....	33
Figura 24. Precipitación anual en base a promedios anuales, periodo 1975-2008, estación Tahuapalca.....	36
Figura 25. Precipitación anual total, periodo 1975-2008, estación Tahuapalca.....	36



## Índice de Tablas

Tabla 1. Áreas cultivadas (Has) bajo riego y su variación aproximada durante el periodo de estudio.....	19
Tabla 2. Áreas cultivadas (Has) bajo riego respecto al área total cultivada por la comunidad, evaluadas en los años referenciales de levantamiento de información.....	19
Tabla 3. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 1975.....	21
Tabla 4. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 1987.....	22
Tabla 5. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 2009.....	23
Tabla 6. Coeficientes de cultivo seleccionados.....	24
Tabla 7. Asignación de Kc para el cálculo de demanda de agua en la comunidad La Granja.....	24
Tabla 8. Temperatura máxima mensual, Estación Tahuapalca, periodo 1970-2010....	34
Tabla 9. Temperatura mínima mensual, periodo 1970-2010.....	35
Tabla 10. Precipitación mensual Estación Tahuapalca, periodo 1975-2008 (rellenada (García, 2010).)	37
Tabla 11. ET <sub>0</sub> calculada usando el Eto Calculator v.3.1FAO, periodo 1975-2009. ....	38
Tabla 12. ET <sub>c</sub> Maíz cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.....	40
Tabla 13. ET <sub>c</sub> Papa cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008. ....	41
Tabla 14. ET <sub>c</sub> Tomate cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.....	42
Tabla 15. ET <sub>c</sub> Lechuga cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008....	43
Tabla 16. ET <sub>c</sub> Frutales cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.....	44
Tabla 17. ET <sub>c</sub> Otros cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.....	45
Tabla 18. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 1975.....	46



---

## **INFORME: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE RIEGO EN LA COMUNIDAD LA GRANJA, PERÍODO 1975-2008**

### **1. INTRODUCCION**

Las nuevas demandas agrícolas de la zona en función a las áreas de riego, y la creciente sensibilidad medioambiental en relación al aprovisionamiento y utilización del agua, son factores que presionan a realizar una evaluación de las demandas pasadas y actuales de riego con el fin de introducir nuevas políticas de gestión que promuevan el correcto manejo del agua para riego.

Es imprescindible tener datos históricos de la climatología de la zona, la experiencia agrícola del factor humano y la existencia de áreas transformables para determinar la variación sucesiva de la demanda de riego, en la comunidad.

El trabajo realizado por el Proyecto “Fortaleciendo la Capacidad y Desarrollo de Estrategias y Adaptación a los Fenómenos de Cambio Climático en Comunidades de Montaña de la cordillera real de los Andes Centrales de Bolivia”, tiene como objetivo identificar, comparar y analizar las demandas de riego por superficie en la comunidad La Granja durante el periodo 1975 a 2008.

La información acerca de la variación histórica de los cultivos y del uso de agua se evaluó gracias a datos recogidos en encuestas de campo, talleres de diagnóstico y de una participación social aproximadamente de 24 meses.

### **2. OBJETIVOS**

#### **2.1. *Objetivo general***

- Calcular y evaluar las demandas de riego por superficie cultivable en la comunidad de La Granja desde 1975 hasta 2008.

## 2.2. **Objetivos específicos**

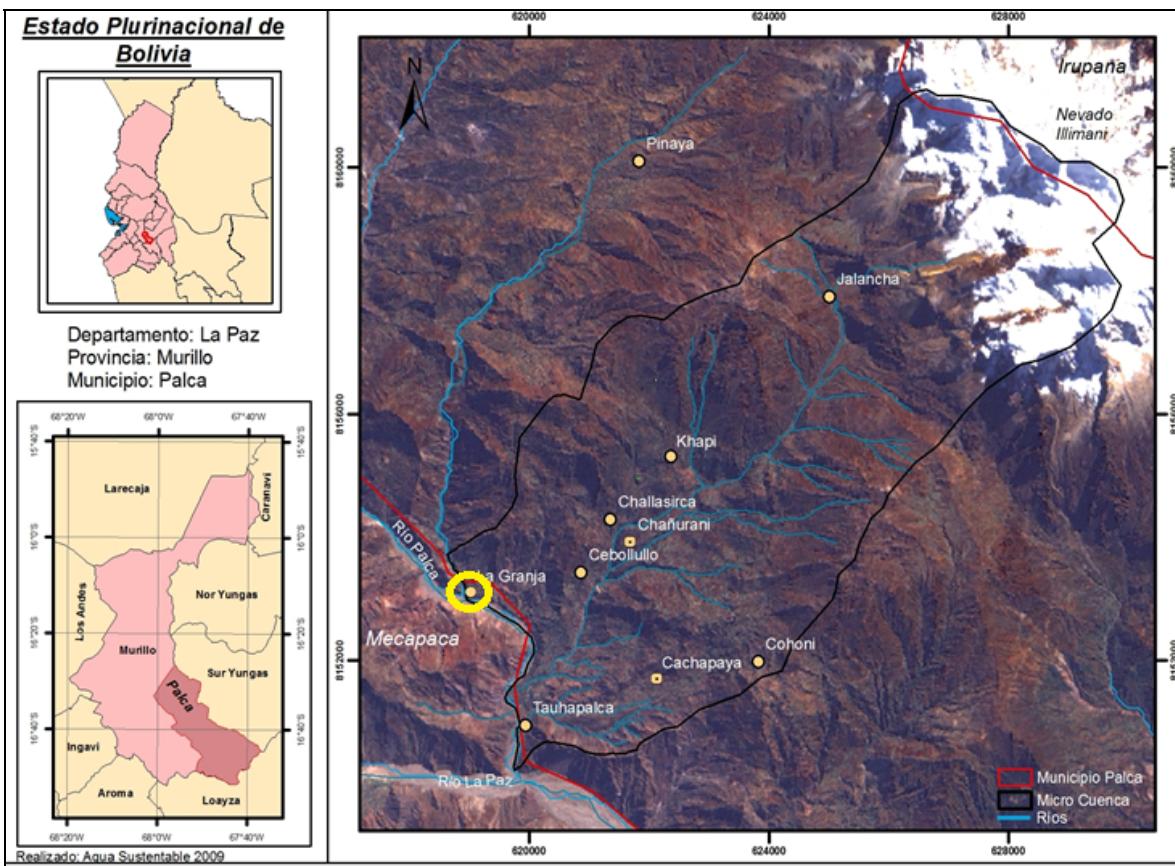
- Recopilar datos de precipitación en la zona de estudio que permitan calcular la precipitación efectiva durante el periodo 1975 a 2008.
- Recopilar los datos climatológicos (Tmax y Tmin), que permitan calcular la Eto en el periodo 1975 a 2008.
- Analizar la variación que sufrieron los sistemas productivos en el periodo 1975 a 2008.
- Realizar encuestas que permitan recrear datos históricos de la evolución de las áreas cultivables y variación climática. Se escogieron como referencia los años 1975, 1987 y 2008.
- Determinar la demanda de riego por superficie en la comunidad La Granja para el periodo Junio-1975 a Mayo-2008.

## 3. **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El presente trabajo se realizó en la comunidad La Granja ubicada entre las cuencas del río Paucara y el río Sajhuaya, que desembocan al río Palca el cual es tributario del río La Paz. La comunidad está geográficamente ubicada entre las latitudes 16°41' - 58°56' Sur y longitudes 67°52' - 50°87' Oeste; del Municipio de Palca, Provincia Murillo del Departamento de La Paz. Su cota máxima aproximada es de 3080 msnm en la cabecera de la comunidad y su punto más bajo está a los 2520 msnm. (Figura 1).

Se eligió como área de estudio a esta comunidad por su importancia en la participación social y organizativa en derechos de agua para riego, dentro de la cuenca del río Sajhuaya.

Las principales actividades que se desarrollan en la comunidad son la agricultura, fruticultura y a menor escala el pastoreo de ovinos, bovinos y equinos. Las laderas son más aprovechadas por la fruticultura y las planicies por la agricultura.



**Figura 1.** Área de Estudio – Comunidad La Granja.

Fuente: (Agua-Sustentable, 2010)

Debido a la falta de estudios realizados en la comunidad y al poca disponibilidad de datos históricos, se tuvieron que realizar talleres de diagnóstico y campañas de encuestas para recrear los escenarios pasados que nos ayuden a definir la sucesiva variación que sufrieron los cultivos con relación al clima y agua.

### 3.1. Clima

De acuerdo al mapa ecológico de Bolivia, esta zona corresponde a cabecera de valle, donde existe abundante vegetación, debido a las aguas subterráneas y a las aguas de superficie que corren por los bordes de las quebradas.

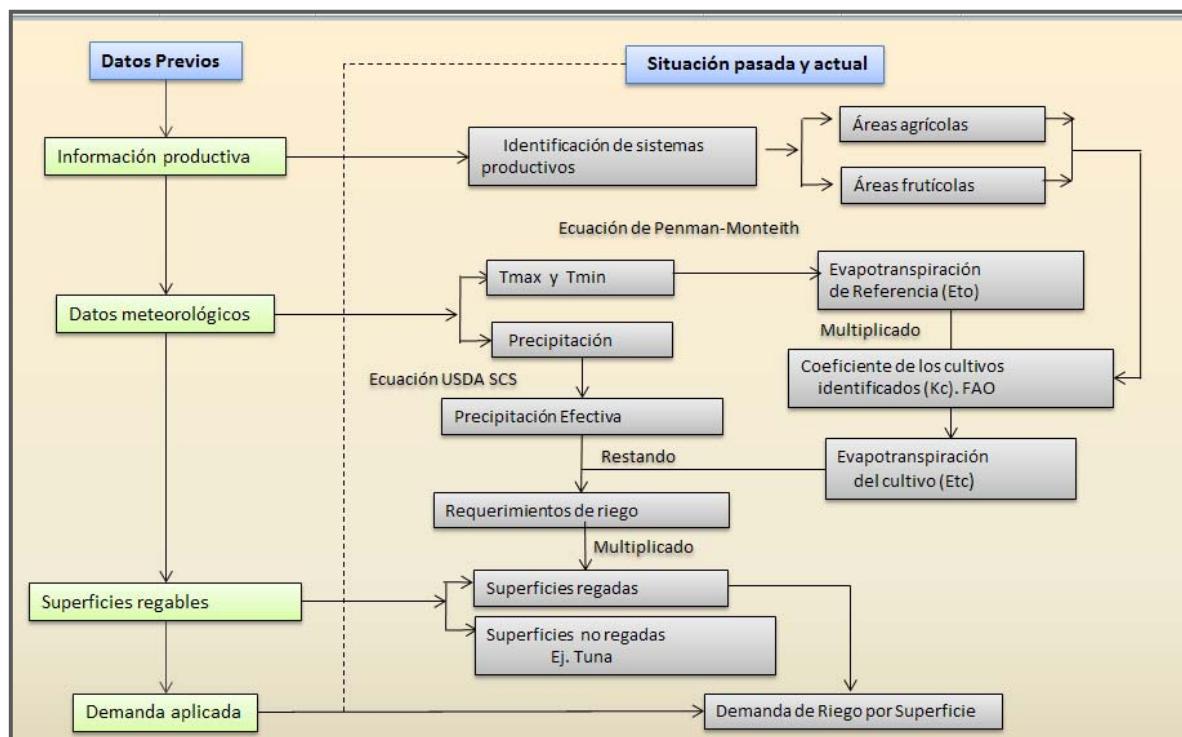
La temperatura media anual en el municipio es de 13,4°C. El promedio de temperaturas máximas es 22,4°C y la temperatura mínima promedio es de 5°C. En

los lugares más altos llega a congelar por las noches desde mayo hasta agosto aproximadamente, junio y julio son los meses más secos y fríos.

El promedio anual de precipitaciones es de 557 mm, gran parte de la cual cae intensamente desde noviembre a marzo (410,9 mm). Las fuertes lluvias de diciembre a febrero provocan un aumento en los caudales del río, generando una elevada tasa de erosión. Permitiendo de esta forma que la materia orgánica sea arrastrada a zonas bajas, provocando la degradación de los suelos y la destrucción de caminos, puentes y canales de riego (PDM, 2007-2011).

#### **4. METODOLOGIA**

En la Figura 2 se presenta un esquema de la metodología asumida en la determinación del requerimiento de riego para la zona de estudio. En los siguientes acápite se detallan los pasos seguidos.



**Figura 2.** Esquema metodológico para el cálculo del requerimiento de riego.

Fuente: (Elaboración propia)



#### **4.1. Levantamiento de información climatológica**

La información de temperaturas y precipitación fue obtenida de la reconstrucción de información realizada por Montaño (2010), para una comunidad cercana, Tahuapalca (Anexo I y Anexo II, respectivamente); la metodología seguida en la reconstrucción de datos es presentada en el informe de Oferta de agua del Proyecto Illimani (Montaño, 2010). El periodo seleccionado de las series de datos abarca de 1975 a 2008 que es el periodo más largo con información completa para ambas series.

#### **4.2. Levantamiento de información productiva**

Para conocer los sistemas productivos en la comunidad, se requirió el apoyo de un tesista con formación agrónoma que fue establecido en forma permanente por 7 meses desde Julio 2010 hasta Enero 2011.

Se realizaron mediciones geo- referenciadas de todas las superficies cultivables y cultivadas, medición de los caudales y un análisis de la organización y de la disponibilidad del agua.

Se recabaron fotografías aéreas de la zona en el año 1954 las mismas que fueron proporcionadas por el IGM (Instituto Geográfico Militar) y sirvieron de soporte para el estudio realizado en la zona.

De acuerdo a conversaciones con pobladores de la comunidad, se identificaron periodos con importantes cambios productivos en la zona, éstos permitieron definir los años de referencia para el levantamiento de encuestas: el año 1975 (debido a que antes el cambio de área productiva no era significativa y es un año que no excede a la memoria comunal), 1987 (año aproximado en el que el clima cambio por el fenómeno de la niña y les obligó a ajustar su patrón de cultivo a nuevas situaciones climáticas y socioeconómicas) y finalmente el año 2009-2010.

Para reflejar la percepción de los agricultores a los cambios ambientales y como estos repercutieron en los sistemas productivos, se encuestó a 10 personas claves que permanecieron desde la niñez en la comunidad.

La información agrícola también fue levantada directamente en la zona a través del seguimiento participativo del manejo agrícola en la comunidad. Además, se realizó un taller de diagnóstico a finales del año 2009, en el cual se recabó información que ayudo a comparar y validar la información.

Por medio de las encuestas recopiladas y el seguimiento participativo, se logró recrear datos históricos que reflejen la continua variación climática y de qué manera afecto a los sistemas productivos de la comunidad (ver acápite 5.3).

#### **4.3. Evaluación de la demanda evaporativa de la atmósfera (ET<sub>o</sub>)**

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET<sub>o</sub>. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético con características específicas

Para analizar la demanda evaporativa o Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) determinada por el clima de cualquier zona, es común aplicar diversas ecuaciones climáticas. En este caso y siguiendo las normativas de la FAO, se aplicó el software Eto calculator versión 3. (FAO, 2009) que utiliza la ecuación de Penman-Monteith (Ecuación 1), con el cual se calculó la evapotranspiración de referencia para todos los meses desde Junio-1975 hasta Mayo-2008.

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

Ecuación 1

Dónde:

- ET<sub>o</sub> evapotranspiración de referencia (mm dia<sup>-1</sup>)  
R<sub>n</sub> radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>)  
Ra radiación extraterrestre (mm día<sup>-1</sup>)  
T temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)  
u<sub>2</sub> velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>)  
e<sub>s</sub> presión de vapor de saturación (kPa)  
e<sub>a</sub> presión real de vapor (kPa)  
e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub> déficit de presión de vapor (kPa)  
Δ pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C<sup>-1</sup>)  
γ constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>)



---

Esta ecuación aproxima muy adecuadamente el valor real de la ETo, pero requiere de muchas variables. En el presente caso, sólo se contaba con la información de Temperaturas Máxima y Mínima promedio mensual desde 1975 hasta 2009, razón por la cual se aplicó la metodología reportada por (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006) para la aplicación de la ecuación mencionada con datos faltantes.

#### 4.4. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

La Evapotranspiración del cultivo (ETc) es la máxima cantidad de agua que requiere un cultivo para llevar adelante adecuadamente sus procesos fisiológicos y producir adecuadamente. El valor de ETc, fue aproximado a través de la aplicación de la ecuación (FAO, 2009):

$$ETc = ETo \times Kc \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

ETc	Evapotranspiración del cultivo (mm dia-1)
ETo	Evapotranspiración de referencia (mm dia-1)
Kc	Coeficiente del cultivo (--)

El valor de ETc es calculado para los cultivos identificados en la fase de determinación de la estructura productiva y para cada mes desde Junio-1975 hasta Mayo-2010, en la comunidad de La Granja.

#### 4.5. Precipitación efectiva

La precipitación mensual desde 1975 hasta 2008 fue recopilada del informe de García (2010), usando datos de la estación disponible en Tahuapalca. Para estimar la precipitación efectiva se aplicó la ecuación del USDA SCS (Ecuación 3). Este método fue aplicado para cada mes desde Junio-1975 hasta Mayo-2010, en la comunidad La Granja.

$$PPeff = P18 * (125 - 0,2 * P18) / 125, \text{ si } P < 250 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

P	Precipitación (mm)
PPeff	Precipitación efectiva

#### 4.6. Requerimientos de riego

Los requerimientos mensuales de riego desde Junio-1975 hasta Mayo-2010 se calcularon con la siguiente ecuación:

$$RR = ETc - PPef \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

RR	Requerimientos de riego (mm)
ETc	Evapotranspiración del cultivo (mm, calculada con la Ecuación 2)
PPeff	Precipitación efectiva (mm, calculada con la Ecuación 3)

Posteriormente, los requerimientos de riego mensuales fueron transformados en Demanda neta de riego ( $m^3/\text{mes}$ ), en función a las áreas productivas de cada cultivo de la comunidad La Granja.

$$Dnet = 10 * ( RR * A ) / t \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

Dnet	Demanda neta de riego ( $m^3/\text{mes}$ )
RR	Requerimientos de riego (mm, calculada con la Ecuación 4)
A	Área de riego del cultivo (ha)
t	Tiempo (mes)

En un sistema de riego se tienen diferentes pérdidas de agua, las cuales ocurren a diferentes niveles: a nivel del cultivo (aplicación), de la conducción principal (canales principales), de la conducción parcelaria (canales secundarios, terciarios, etc), de la captación, etc. Estas pérdidas de agua se expresan mediante coeficientes de eficiencia, los cuales son fracciones que varían de 0 a 1 y pueden ser obtenidos de mediciones en campo preferentemente, si no se cuenta con mediciones pueden ser estimados según recomendaciones bibliográficas. La demanda bruta de riego ( $m^3/\text{mes}$ ) es obtenida al dividir la demanda neta entre la eficiencia del sistema. Entonces, en un sistema con un EF igual a 1 es un sistema ideal en el que no se tienen pérdidas de agua y la demanda bruta es igual a la demanda neta, mientras que al disminuir el valor de EF, la demanda bruta incrementa, debido a mayores pérdidas de agua en el sistema.

$$Dbru = Dnet / EF \quad \text{Ecuación 6}$$

$$EF = EF1 * EF2 * EF3 * EF4 \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

- Dbru Demanda bruta de riego ( $m^3/\text{mes}$ )  
Dnet Demanda neta de riego ( $m^3/\text{mes}$ )  
EF Eficiencia de riego del sistema de riego  
EFn Eficiencia de riego de captación, conducción principal, conducción parcelaria, aplicación, etc.

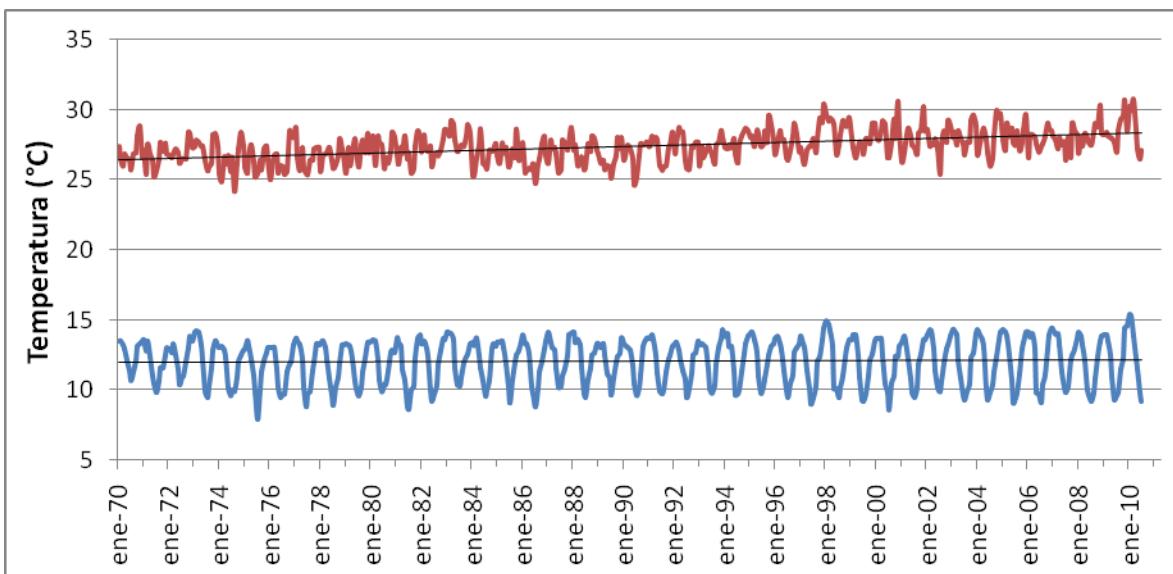
## 5. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados del análisis de la información climatológica (temperatura y precipitación) y productiva de la zona (estructura productiva, patrón de cultivos y estimación de los coeficientes de los cultivos identificados). En base a estos resultados primarios, se calcula la evapotranspiración de referencia y del cultivo. Finalmente, se calcula la demanda de riego en la Comunidad de La granja de Junio-1975 a Mayo-2008 (periodo seleccionado debido a la disponibilidad de los datos climatológicos principalmente).

### 5.1. Análisis de las temperaturas máximas y mínimas

De acuerdo a lo mencionado en el acápite 4.1, las series de datos de Temperaturas mensuales máximas y mínimas, de Enero-1970 a Julio-2010 (Figura 3), se obtuvieron de la reconstrucción de información para la comunidad de Tahuapalca (para mayor detalle ver Figura 23, Figura 24, Tabla 8 y Tabla 9 en el Anexo I, fuente de la reconstrucción de datos Montaño, 2010).

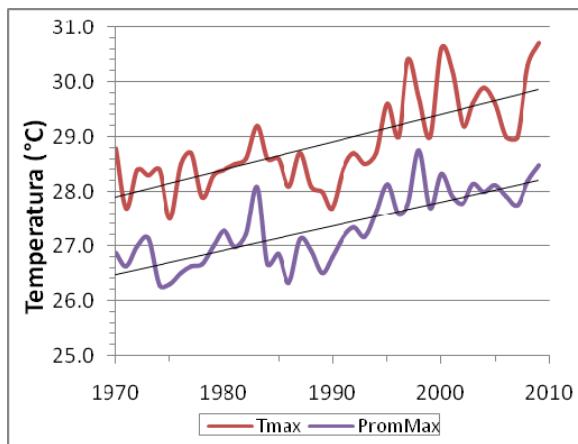
Durante este periodo, se observa que las temperaturas máximas reflejan un incremento promedio de aproximadamente  $2^{\circ}\text{C}$  en 35 años, mientras que las temperaturas mínimas tienen una tendencia imperceptible durante el mismo periodo. Este incremento en las temperaturas máximas influye directamente las necesidades de agua de los cultivos como se puede ver en la Figura 14.



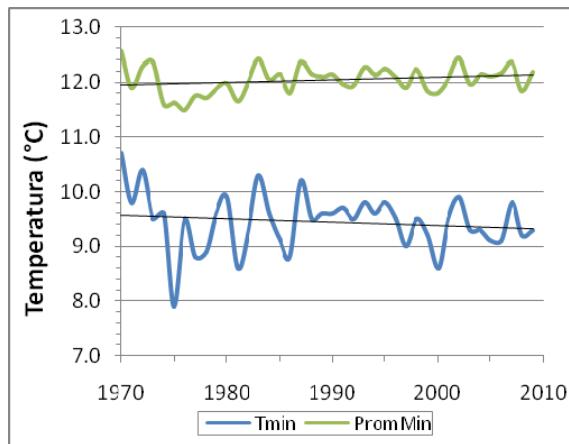
**Figura 3.** Temperaturas máximas (línea roja) y mínimas (línea azul) mensuales ( $^{\circ}\text{C}$ ), Comunidad Tahuapalca, periodo ene-1970 a jul-2010.

En la Figura 4 se observa la temperatura máxima anual, calculada de dos formas, la primera en base a la máxima temperatura mensual observada durante cada año (línea roja) y la segunda en base al promedio de temperaturas máximas por año (línea purpura). En el caso de temperaturas máximas se observa que la tendencia es muy similar en ambos casos, mientras que los valores promedio son en general  $1.5^{\circ}\text{C}$  más bajos.

Similarmente, en la Figura 5, se observa la temperatura mínima anual, calculada de dos formas, la primera en base a la mínima temperatura mensual observada durante cada año (línea azul) y la segunda en base al promedio de temperaturas mínimas por año (línea verde). En el caso de temperaturas mínimas se observa que la tendencia es diferente en ambos casos, mientras que los valores promedio muestran un ligero incremento (cerca de  $0.2^{\circ}\text{C}$ ), los valores mínimos anuales muestran una disminución de aproximadamente  $0.3^{\circ}\text{C}$  durante los 35 años de estudio.



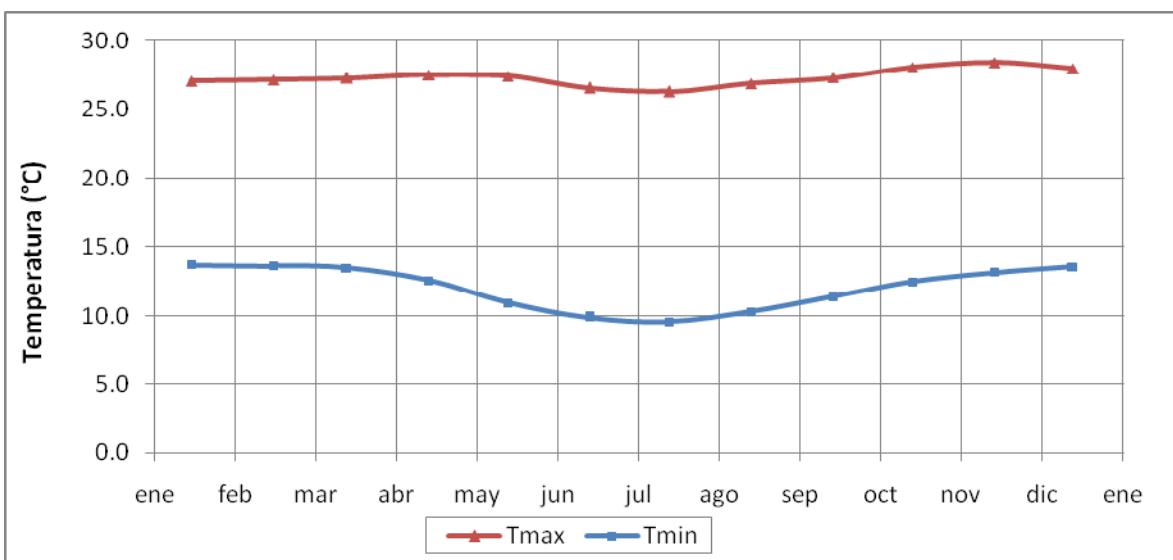
**Figura 4.** Temperatura máxima anual (línea roja) y Temperatura máxima promedio anual (línea púrpura) ( $^{\circ}\text{C}$ )



**Figura 5.** Temperatura mínima anual (línea azul) y Temperatura mínima promedio anual (línea verde) ( $^{\circ}\text{C}$ )

Las observaciones mencionadas anteriormente muestran la importancia de mencionar la procedencia y el tipo de datos usados en un análisis de tendencias, debido a que las tendencias pueden cambiar dependiendo del tipo de selección dentro de una misma serie de datos. Además, el análisis de tendencias debería obedecer a una serie más larga de datos, sin embargo, en el presente caso ya sirve de referencia.

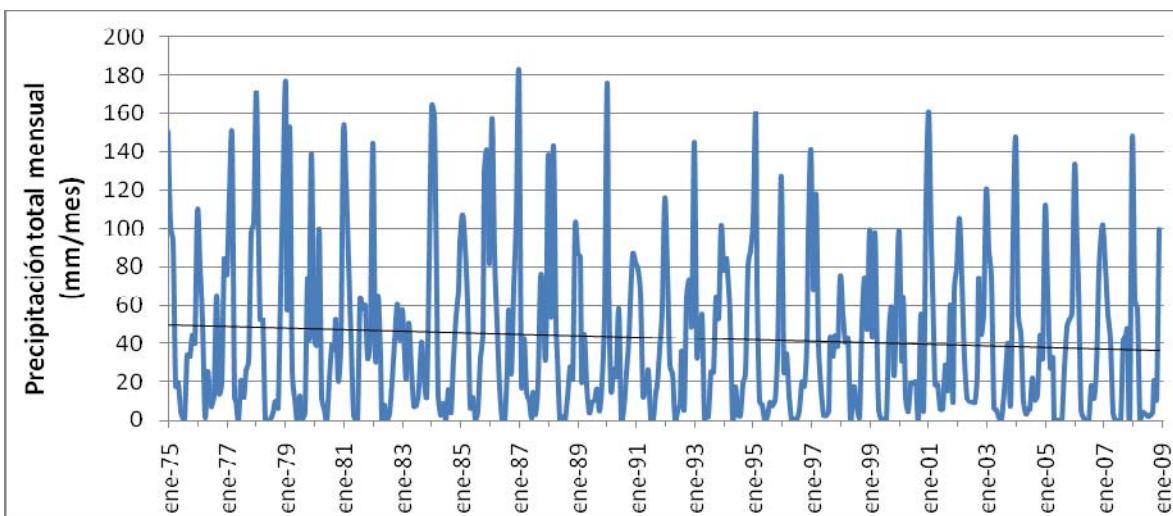
A continuación, se presentan los promedios de temperaturas máximas y mínimas en la comunidad Tahuapalca durante el periodo disponible: 1970-2009. La temperatura máxima varía en promedio  $2^{\circ}\text{C}$ , entre los  $26.3^{\circ}\text{C}$  (Jul) y  $28.4^{\circ}\text{C}$  (Nov) en todo el año; mientras que la temperatura mínima tiene una mayor variación en promedio, de  $9.6^{\circ}\text{C}$  (Jul) a  $13.7^{\circ}\text{C}$  (Ene).



**Figura 6.** Temperaturas medias máximas (línea roja) y mínimas (línea azul) ( $^{\circ}\text{C}$ ), Comunidad Tahuapalca, periodo 1970-2009.

## 5.2. Análisis de la precipitación

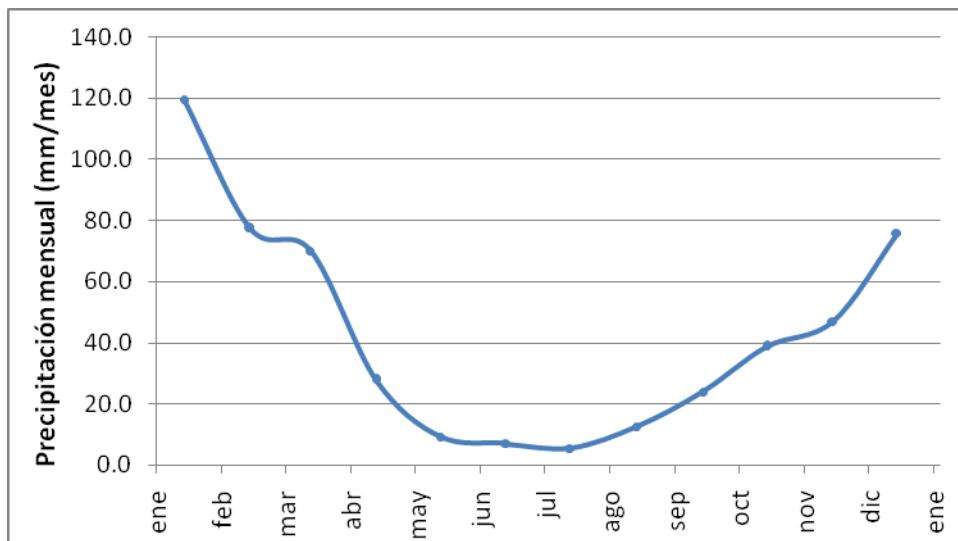
De acuerdo a lo mencionado en el acápite 4.1, las series de datos de precipitación total mensuales se obtuvieron de la reconstrucción de información para la comunidad de Tahuapalca, en la Figura 7 se presenta el periodo Enero-1970 a Diciembre-2008 (ver Tabla 10 en el Anexo II, fuente de la reconstrucción de datos Montaño, 2010).



**Figura 7.** Precipitación total mensual (mm/mes), periodo 1975-2008, Comunidad Tahuapalca.

La tendencia observada en el periodo de estudio de 33 años muestra una disminución promedio de 15 mm/mes (180mm/año) en la serie de precipitaciones totales mensuales (Figura 7); en caso de usar precipitaciones promedio anuales, se tiene una disminución estimada de 11 mm/mes (165mm/año) (Figura 25); sin embargo, al usar las precipitaciones totales anuales, se tiene una tendencia a una disminución de la precipitación menor, de 110 mm/año (Figura 26).

A continuación, se presentan los promedios de precipitaciones en la comunidad Tahuapalca durante el periodo disponible: 1970-2008. La precipitación promedio observada varía entre 119.6 mm/mes en Enero y 5.4 mm/mes en Julio.



**Figura 8.** Precipitación promedio (mm/mes), periodo 1975-2008, Comunidad Tahuapalca.

### 5.3. Información Productiva

El levantamiento de información productiva se llevó a cabo siguiendo la metodología explicada en el acápite 4.2.

#### 5.3.1. Estructura Productiva

En este acápite se detalla el desarrollo de las actividades productivas a lo largo del periodo de estudio en la Comunidad de La Granja, en este caso principalmente de las actividades agrícolas.

### 5.3.1.1. Estructura Productiva 1954-1975

Entre los años 1954 y 1975 la comunidad de la Granja contaba con un promedio de 10 familias, cada familia tenía un aproximado de 2.5 a 4ha de área regable.

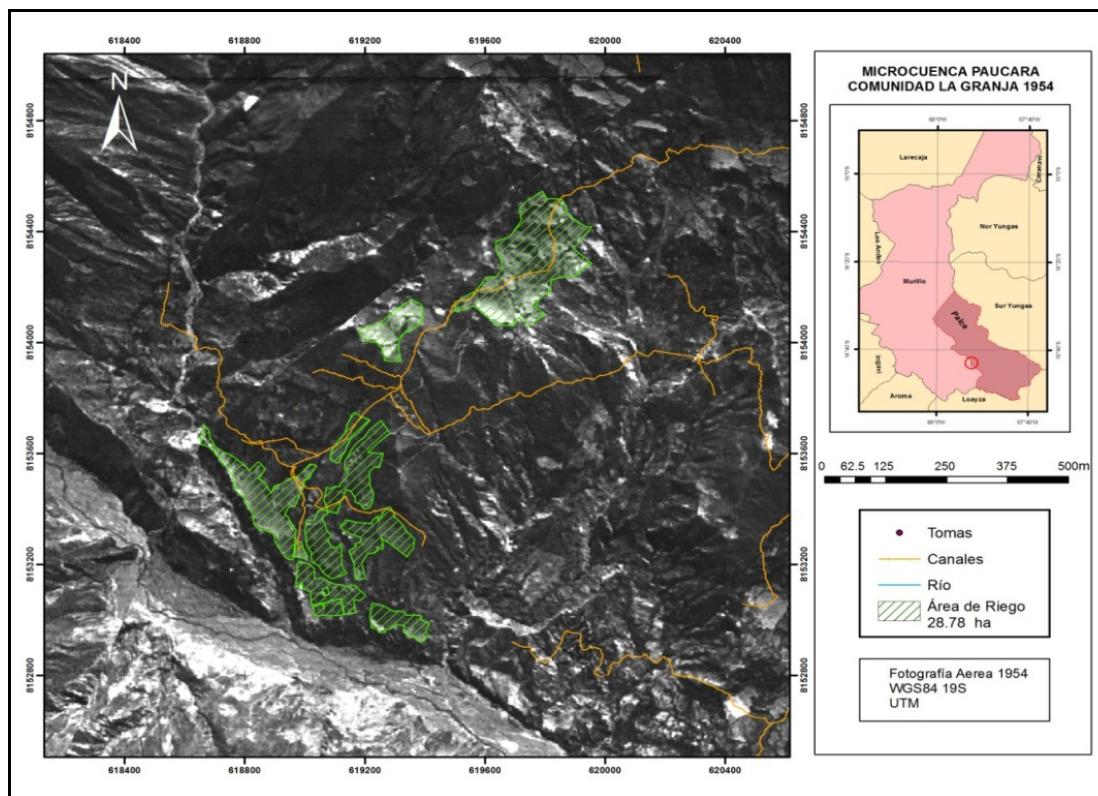
En general, la superficie estaba ocupada por frutales como durazno, ciruelo, pacay, limón, chirimoya, palta e higo.

Durante este periodo no se tenían caminos carreteros que permitan el transporte de los productos a los mercados de la ciudad de La Paz, la única vía de acceso de los productores era a través del río, utilizando animales de carga, lo cual generaba un flujo comercial muy reducido.

La superficie cultivada durante este periodo era aproximadamente de 7.5 ha de maíz y 4.5 ha de papa. La época de cultivo coincidía con la época de lluvias, por lo que el transporte de los productos a la ciudad era casi imposible por la crecida de los ríos. Consecuentemente, durante este periodo la comunidad se caracterizaba por una agricultura de autoconsumo, también se practicaba el trueque entre las poblaciones de la región y por lo tanto no se tenía la necesidad de habilitar nuevas áreas de cultivo.

Las superficies cultivadas estaban compuestas principalmente por maíz, papa, tomate y lechuga, la sumatoria de estas superficies era aproximadamente el doble de las superficies de frutales, como se muestra en la Tabla 1.

Cultivos como perejil, carote, vainita, pepino, eran cultivados a menor escala, con una agricultura manual o de yunta.



**Figura 9.** Área cultivada el año 1954, que se considerada casi constante hasta 1975.

Fuente: (Agua Sustentable, 2009)

### 5.3.1.2. Estructura Productiva 1975-1987

De acuerdo a la memoria colectiva rescatada a través de las encuestas, entre 1975 y 1985.

Durante este periodo se identifica una leve reducción del área frutícola de 2ha menos a la total, que se dedicó al área agrícola en los cultivos de maíz y papa. La sumatoria de superficies cultivadas de maíz, papa, tomate y lechuga se torna aproximadamente el triple de las superficies de frutales (Tabla 1).

Los agricultores recuerdan el periodo antes de 1985 como una época con condiciones agroclimáticas inalterables, lo cual determinaba un calendario rígido de sistemas productivos.

Poco antes de 1985 indican que aún no existía camino carretero hasta la comunidad y por lo tanto se tenía que transportar los productos hasta otras



---

comunidades en animales de carga por el río y/o senderos. Sin embargo, durante este periodo debían cruzar el río La Paz para llegar a la comunidad de Millucato donde ya se tenía transporte carretero (camiones).

En épocas de cosecha de frutales, la comunidad tuvo la necesidad de realizar trueques con productos del altiplano norte, como ser: haba, chuño, tunta, arveja seca, etc.

#### **5.3.1.3. Estructura Productiva Actual**

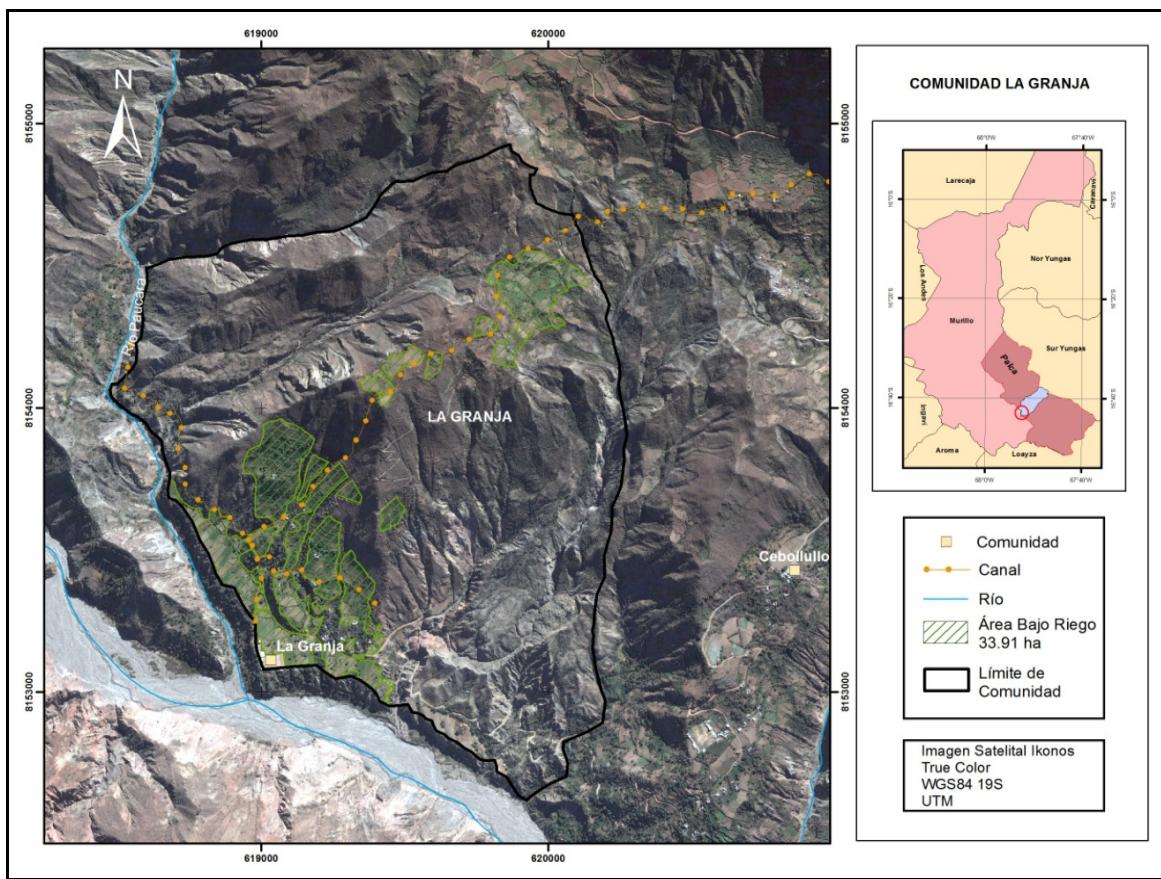
Desde 1985 se observaron variaciones mínimas en el clima, las mismas que con el transcurso del tiempo fueron incrementándose paulatinamente y provocando cambios e inestabilidad en los calendarios productivos.

El incremento de la temperatura asegura las condiciones adecuadas para realizar siembras y cosechas en cualquier época del año e introducir cultivos que antes no eran posibles debido a la altura y temperaturas bajas.

Después de 1985, la comunidad mejora el acceso al mercado urbano gracias a la apertura del camino y la habilitación del puente sobre el río La Paz. Con estas mejoras se logra una reducción del tiempo de transporte desde la comunidad de la Granja a los puntos de comercialización, a esto se añade la mejora de los canales de riego, con lo que se genera un aumento de la producción agrícola.

La superficie cultivada se ha extendido en los últimos años, teniéndose actualmente, en toda la comunidad de La Granja, una superficie bajo riego de 33.91ha (Figura 10). Como referencia, en la comunidad se pueden diferenciar los sistemas de riego entre los que reciben agua del río Paucara (con 4.58ha bajo riego) y los que la reciben agua del río Illimani (o Sajhuaya, con 29.33ha bajo riego).

En el periodo actual, la población de la comunidad también se ha incrementando, contando ahora con un aproximado de 35 familias.



**Figura 10.** Área cultivada y canales del río Paucara y río Sajhuaya, periodo actual (2010).

Fuente: (Agua Sustentable, 2009)

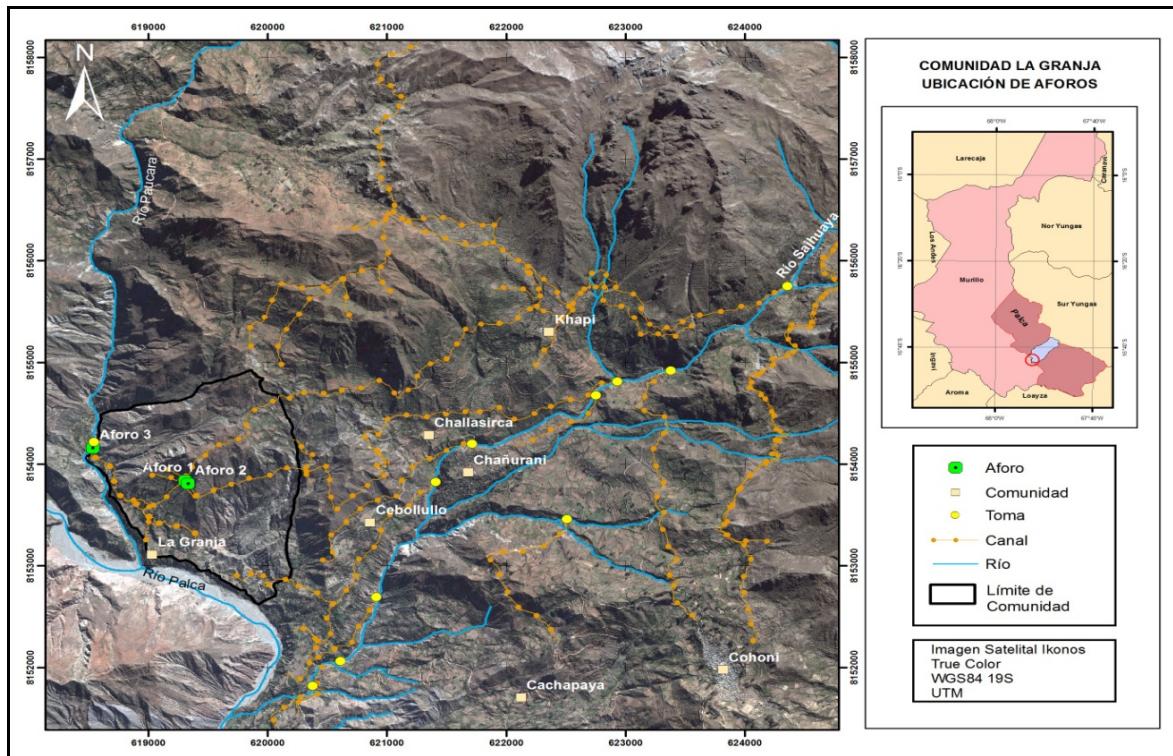
El minifundio va creciendo debido al aumento de la población en la comunidad, actualmente por familia se tiene un promedio de 0,5 ha cultivables.

Estos cambios ocasionaron el aumento de la agricultura comercial, y por consiguiente, una mayor demanda de agua en la medida que se incrementaba la incorporación de riego y la diversificación de cultivos como gladiolo y locoto.

Cultivos como tomate, papa y lechuga, son muy demandantes de agua para riego y el incremento de sus áreas productivas, eleva aún más dicha demanda.

La falta de interés en un correcto manejo frutícola genera una producción de autoconsumo y poco rentable, lo que da lugar a un incremento en la superficie agrícola de los cultivos que generan mayores ingresos económicos.

En la Figura 11 se muestra que la comunidad dispone de tres canales principales de riego, dependientes de las normativas y disposiciones de las comunidades de Kaphi, Challasirca y Puskiri. Además, a modo de referencia, se muestran los lugares de aforaron de caudales durante la gestión 2010 que sirven para el estudio de oferta de agua en la zona.



**Figura 11.** Ríos Paucara y Sajhuaya, con sus principales vertientes. Periodo actual: 2010.  
Fuente: (Agua Sustentable, 2009)

### 5.3.2. Variación del patrón de cultivo

La estructura del área productiva en el periodo 1975-2008 fue determinada en la comunidad mediante diagnósticos participativos y encuestas; para validar la información de la comunidad se analizaron fotografías aéreas e imágenes de Google earth. De esta manera se ha identificado aproximadamente la variación histórica de las áreas de producción (Tabla 1 y Tabla 2) y su relación respecto a la variación del clima.



En la Tabla 1, se observa que la producción de gladiolo se adaptó rápidamente gracias al incremento de la temperatura y empezó a dar buenos rendimientos a alturas cada vez mayores, motivo por el cual, la comunidad intensificó su frecuencia de siembra en los últimos años.

El cultivo de la lechuga también se intensificó últimamente debido al incremento de la temperatura; en los últimos años presenta un ciclo más corto y disponibilidad de siembra en todo el año, convirtiéndose así en el cultivo de mayor importancia económica.

Cultivos como maíz, papa, tomate se mantuvieron casi constantes con mínimas variaciones en los años de estudio.

**Tabla 1. Áreas cultivadas (Has) bajo riego y su variación aproximada durante el periodo de estudio.**

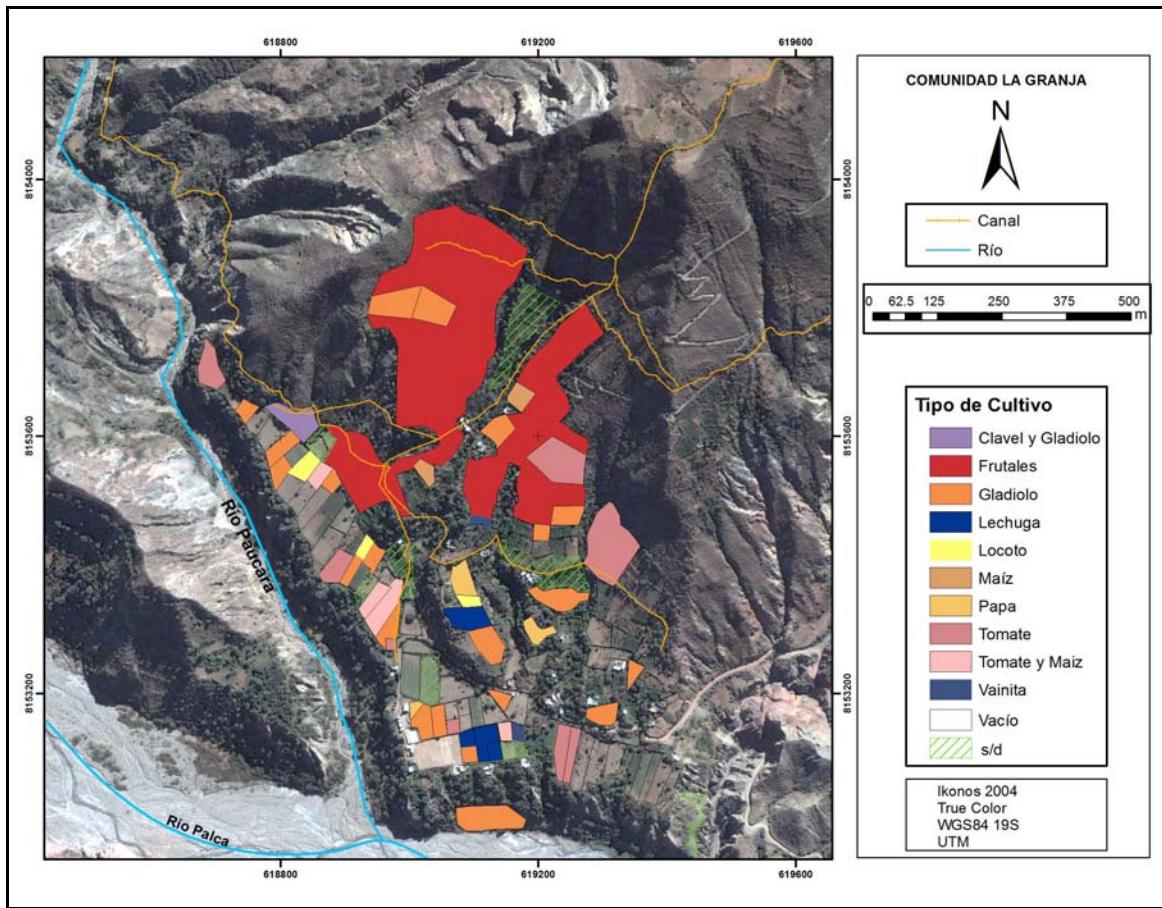
Maíz (ha.)	Papa (ha.)	Tomate (ha.)	Lechuga (ha.)	Frutales (ha.)	Otros * (ha.)	AÑOS
7,50	4,50	2,10	2,45	9,00	3,20	1975-1978
8,50	4,50	2,10	3,45	7,00	3,20	1979-1981
8,50	4,50	2,10	4,45	7,00	3,20	1982-1995
7,50	4,50	3,10	6,85	6,00	3,80	1996-2002
7,50	4,50	3,10	7,85	3,80	6,00	2003-2007
6,50	4,50	4,10	8,85	4,80	5,00	2008-2009

\*A partir de 1996, esta superficie corresponde al cultivo de gladiolo.

**Tabla 2. Áreas cultivadas (Has) bajo riego respecto al área total cultivada por la comunidad, evaluadas en los años referenciales de levantamiento de información.**

Años	Incremento de Área	Reducción de Área	Área Total
1975	Año referencial	-----	28.75 ha
1980	+1ha Maíz- +1ha Lechuga	-2ha Frutales	28.75 ha
1982	+1ha de lechuga	-----	29.75 ha
1989	+ 1ha de tomate	-----	30.75 ha
1996	+ 2.4ha de lechuga + 0.6ha de otros por incorporación de gladiolo	-1ha frutales -1ha maíz	31.75 ha
2003	+ 1ha de lechuga	-----	32.75 ha
2008	+1ha de lechuga +1ha de gladiolo	-1ha maíz -1ha de frutales	33.75 ha

En las Tabla 1 y Tabla 2 se observa una ampliación de área cultivada por la comunidad aproximadamente de 5ha durante los 33 años evaluados; en promedio cada 7 años se incrementa aproximadamente 1ha de cultivo. En la Figura 12, se presenta el levantamiento de superficies cultivadas en Noviembre-2010 que sirvió de referencia para generar la información del periodo 2008-2009 en la Tabla 1.



**Figura 12.** Levantamiento de superficies cultivadas en la comunidad La Granja durante Noviembre de 2010.

Fuente: (Castel & Zagredo, 2010)

El patrón de cultivo de la comunidad fue estimado para los años 1975- 1987-2009 (Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 respectivamente). Cada patrón se obtuvo gracias a la interacción social establecida con la comunidad durante 2 años, las metodologías utilizadas buscan mostrar la percepción que tienen los pobladores de la comunidad mediante talleres participativos y encuestas.

**Tabla 3. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 1975.**

Cultivo	Ha	Época de Siembra/Cosecha												Riego	Frecuencia de Riego	Cantidad	Variedades utilizadas	Tipo de riego
		J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J					
Lechuga	2.45								S		C			Si	3 veces semana	Medio	De Cabeza	Camellones
Maíz	7.5		S	S			C		C					Si	3 veces semana	Medio y mucha	Maratonco (Amarillo)	Camellones
Vainita	1.15	S	S			C								Si	4 veces semana	Mucha agua	-----	Surcos
Tomate	2.10	S	S			C	C							Si	4 veces semana	Mucha agua	Yokalla grande	Camellones
Perejil	0.60	S	C			S	C	S	C					Si	3 veces semana	Medio	-----	Camellones
Carote	0.08		S	C	C									Si	4 veces semana	Mucha agua	-----	Camellones
Papa	4.5			S			C	C						Si	4 veces semana	Mucha agua	Imilla	Surcos
Pepino	0.15		S		C									Si	4 veces semana	Mucha agua	-----	Surcos
Tuna	0.05							C	C					No	-----	-----	-----	-----
Durazno	5.00					C	C							Si	3 veces semana	Medio	Asno	
Ciruelo	3.00				C									Si	3 veces semana	Medio		
Lugma	0.20					C								Si	3 veces semana	Medio		
Pacay	0.40			C										No	-----			
Higo	0.20					C	C							No	-----			
Chirimoya	0.20						C							No	-----			

S = Siembra

CS = Siembra y Cosecha

C = Cosecha

= Cultivos incorporados

Tabla 4. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 1987.

Cultivo	Ha	Época de Siembra/Cosecha												Riego	Frecuencia de Riego	Cantidad	Variedades utilizadas	Tipo de riego
		J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J					
Lechuga	4.45									S		C		Si	3 veces semana	Medio	De Cabeza	Camellones
Maíz	8.50		S		S			C			C			Si	2 a 3 veces semana	Medio	Maratonco (Amarillo) y un poco de Blanco	Camellones
Vainita	0.15	S	S			C								Si	2 a 3 veces semana	Medio	-----	Surcos
Tomate	2.10	S	S				C	C						Si	4 veces semana	Mucha agua	Yokalla grande	Camellones
Perejil	0.10	S	C				S	C	S	C				Si	3 veces semana	Medio	-----	Camellones
Carote	0.08		S	C	C									Si	4 veces semana	Mucha agua	-----	Camellones
Papa	4.50			S				C	C					Si	2 a 3 veces semana	Medio	Imilla	Surcos
Pepino	0.60		S			C								Si	4 veces semana	Mucha agua	-----	Surcos
Tuna	0.05								C	C				No	-----	-----	-----	-----
Durazno	3.75						C	C						Si	2 a 3 veces semana	Medio	Asno	
Ciruelo	2.25				C									Si	2 a 3 veces semana	Medio		
Lugma	0.20						C							Si	2 a 3 veces semana	Medio		
Pacay	0.30			C				C						No	-----			
Higo	0.10						C	C						No	-----			
Chirimoya	0.10							C						No	-----			

■ S = Siembra

■ CS = Siembra y Cosecha

■ C = Cosecha

■ = Cultivos incorporados

**Tabla 5. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 2009.**

Cultivo	Ha	Época de Siembra/Cosecha												Riego	Frecuencia de Riego	Cantidad	Variedades utilizadas	Tipo de riego
		J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J					
Lechuga	8.85		C	S		C		S		CS	S	C	SC	Si	2 veces semana	Poco	De Cabeza	Camellones
Maíz	6.5		C	S				C	S					Si	1 a 2 veces semana	Poco	Choclero (Blanco)	Camellones
Vainita	0.09		S		C									Si	2 veces semana	Medio	-----	Surcos
Tomate	4.10			S			CS	C				C		Si	2 veces semana	Medio	Imilla pequeña	Camellones
Locoto	0.07		C		S					C		C		Si	1 a 2 veces semana	Poco	-----	Surcos
Perejil	0.05	C			C	S	C					S		Si	2 veces semana	Medio	-----	Camellones
Carote	0.10				S	C	C							Si	2 veces semana	Medio	-----	Camellones
Papa	4.50				C						S			Si	2 veces semana	Poco	Huaycha	Surcos
Gladiolo	4.80	S	C		S		C			S		C			1 a 2 veces semana	Medio	-----	Surcos
Pepino	0.15				S		C							Si	2 veces semana	Medio	-----	Surcos
Tuna	0.10					C	C							No	-----	-----	-----	Lluvia
Durazno	2.30					C	C	C						Si	1 a 2 veces semana	Poco	Asno	Inundación
Ciruelo	2.00			C	C									Si	1 a 2 veces semana	Poco		Inundación
Lugma	0.05				C									Si	1 a 2 veces semana	Poco		Inundación
Pacay	0.08				C			C						No	-----			
Higo	0.06					C	C							No	-----			
Chirimoya	0.04						C	C						No	-----			

S = Siembra

CS = Siembra y Cosecha

C = Cosecha

= Cultivos incorporados

### 5.3.3. Estimación del coeficiente único del cultivo (Kc)

En la Tabla 6 se presentan los valores adoptados de coeficientes de cultivo (Kc), estos son valores ajustados para Valles en base a estudios de la FAO del PRONAR. En la Tabla 7 se muestra la distribución temporal y los valores asumidos de Kc en el cálculo de la demanda de riego de la comunidad La Granja (también ver patrón de cultivo, acápite 5.3.2)

**Tabla 6. Coeficientes de cultivo seleccionados.**

Nº	Cultivos	Ciclo vegetativo (días)	Coeficiente de Cultivo (Kc)											
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	Maíz	180	0.24	0.41	0.80	1.08	1.03	0.80						
2	Papa	180	0.24	0.74	1.02	0.75	0.61	0.48						
3	Tomate	150	0.42	0.76	1.05	0.97	0.92							
4	Lechuga	90	1.00	1.00	1.00									
6	Gladiolo	90	0.35	0.65	0.95									
5	Frutales	años	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60

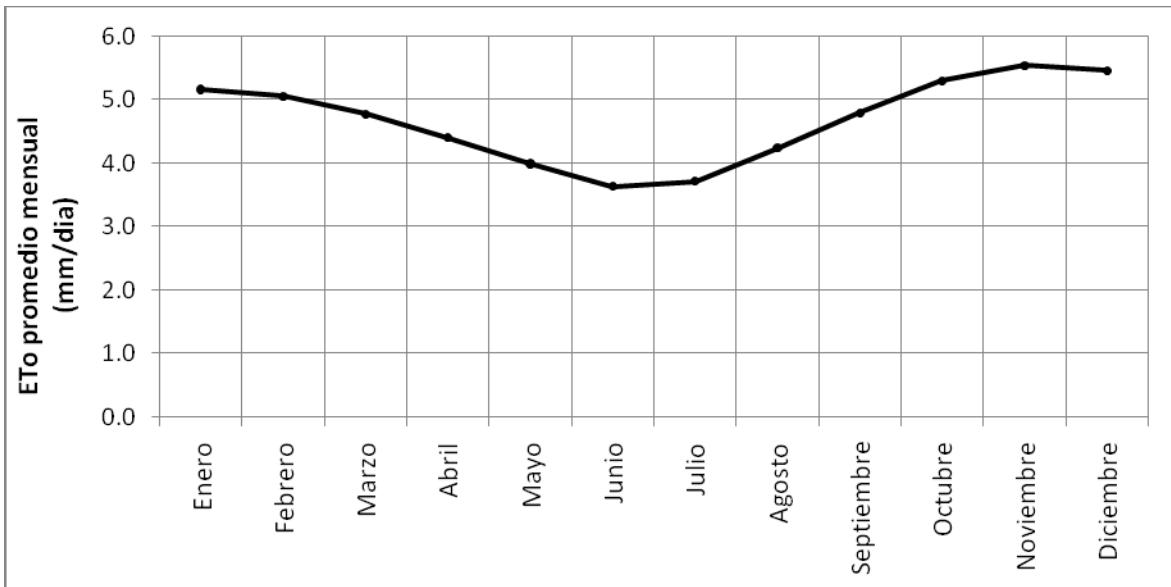
**Tabla 7. Asignación de Kc para el cálculo de demanda de agua en la comunidad La Granja.**

Nº	Cultivos	Ciclo vegetativo (días)	Coeficiente de Cultivo (Kc)											
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Periodo 1975-1997</b>														
1	Maíz	180	0.8							0.24	0.41	0.8	1.08	1.03
2	Papa	180	0.75	0.61	0.48							0.24	0.74	1.02
3	Tomate	150	0.92								0.42	0.76	1.05	0.97
4	Lechuga	90			1	1	1							
5	Otros	90								1	1	1	1	
6	Frutales	años	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
<b>Periodo 1998-2008</b>														
1	Maíz	180	0.8							0.24	0.41	0.8	1.08	1.03
2	Papa	180	0.75	0.61	0.48							0.24	0.74	1.02
3	Tomate	150	0.92								0.42	0.76	1.05	0.97
4	Lechuga	90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Gladiolo	90	0.65	0.95		0.35	0.65	0.95		0.35	0.65	0.95		0.35
6	Frutales	años	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

#### 5.4. Evapotranspiración de Referencia (ETo)

Los valores de Evapotranspiración de Referencia (ETo) de la comunidad La Granja, durante el periodo 1975-2008, son evaluados mensualmente usando el software ETo calculator (FAO). El ETo permite representar las condiciones climáticas promedio de la comunidad.

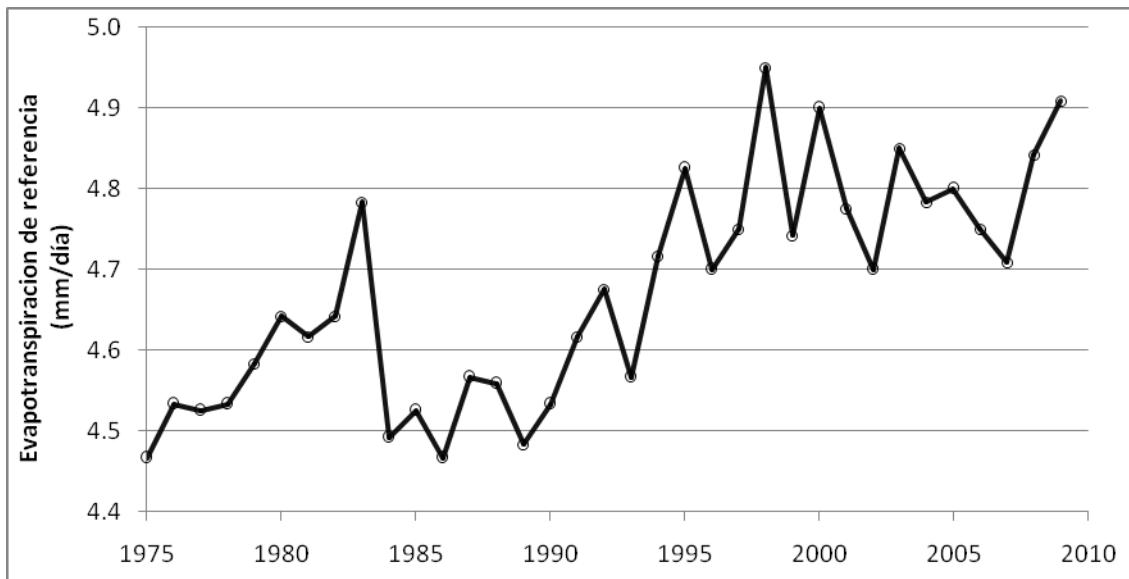
En la Figura 13, se presenta la variación mensual de la ETo, obtenida como el promedio de su valor en cada mes durante el periodo de estudio (ver también Anexos III). Además, se observa que en los meses de julio a noviembre la demanda atmosférica de agua se incrementa, debido a que estos meses son de estiaje y la temperatura aumenta por la mayor recepción energética. Por otro lado, de Noviembre para adelante la demanda atmosférica de agua se reduce, debido al inicio de la época de precipitaciones.



**Figura 13.** Evapotranspiración de Referencia (mm/día) calculada para La Granja.  
Promedio mensual del periodo estudiado: 1975 a 2008.

Adicionalmente, se realizó un análisis de las tendencias en el comportamiento de la ETo. La Figura 14 refleja la variación climática que sufrió la comunidad durante el periodo de estudio, la misma que generó un incremento de la demanda

atmosférica de agua y por consiguiente un directo incremento en las necesidades de agua de los cultivos.



**Figura 14.** Evapotranspiración de referencia promedio anual (mm/día) calculada para comunidad La Granja. Periodo: 1975 a 2010.

### 5.5. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

La evapotranspiración del cultivo (ETc) se calculó en base a los valores calculados de ETo y los asumidos de Kc, de acuerdo a la Ecuación 2. Los resultados de ETc se presentan en los Anexos IV y sus valores promedio, por cultivo y por periodo se presentan en las siguientes figuras. Debido a la variación en el patrón de cultivo y por consecuencia en la asignación de Kc, se muestran los promedios para los periodos 1975-1998, 1998-2008 y el completo 1975-2008.

En los cultivos de Maíz, Papa, Tomate y Frutales casi no se observa variación en los valores promedio de ETc para los periodos mencionados, dado que el patrón de cultivo no se modificó para estos cultivos, el ligero aumento observado se debe directamente a efectos climáticos.

En el caso de la Lechuga, en el periodo de 1975-1998 ésta se producía únicamente en Marzo, sin embargo a partir de 1998 el cultivo de lechuga se intensifica y se la cultiva todo el año, esto se debe a la apertura de mercados de

comercialización en las poblaciones cercanas, en especial de La Paz, lo cual es posible gracias a la mejora de los caminos y construcción de puentes.

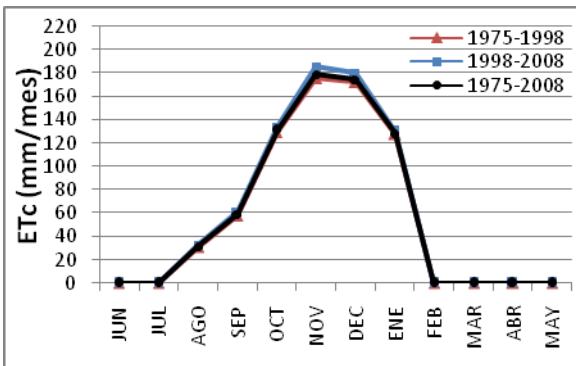


Figura 15. ETc promedio, cultivo Maíz.

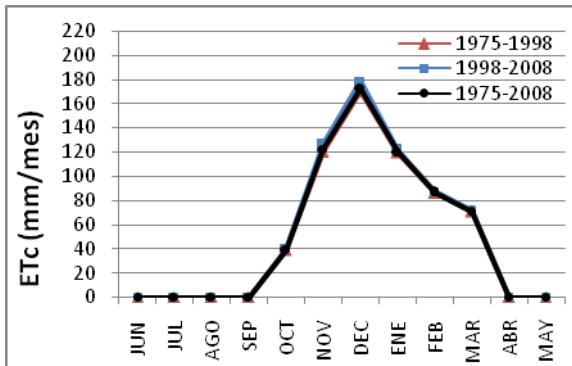


Figura 16. ETc promedio, cultivo Papa.

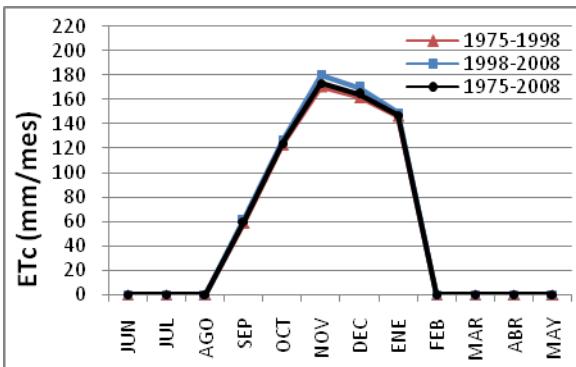


Figura 17. ETc promedio, cultivo Tomate.

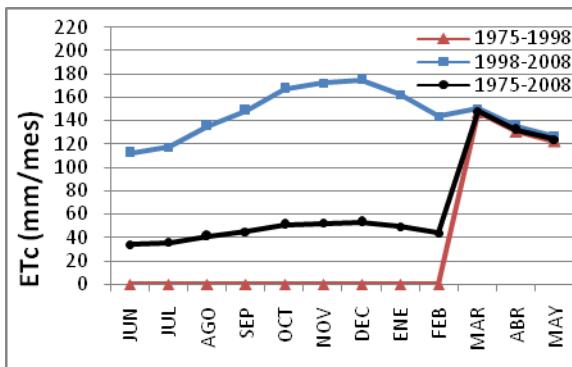


Figura 18. ETc promedio, cultivo Lechuga.

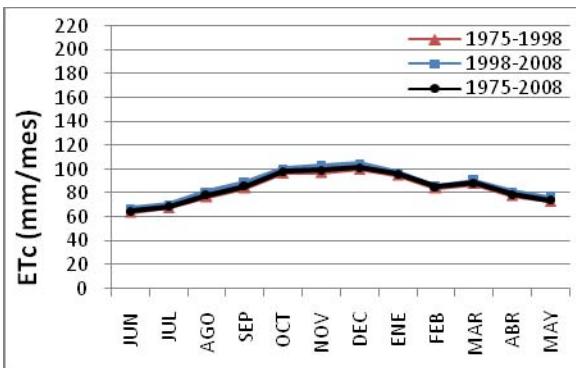


Figura 19. ETc promedio, cultivo Frutales.

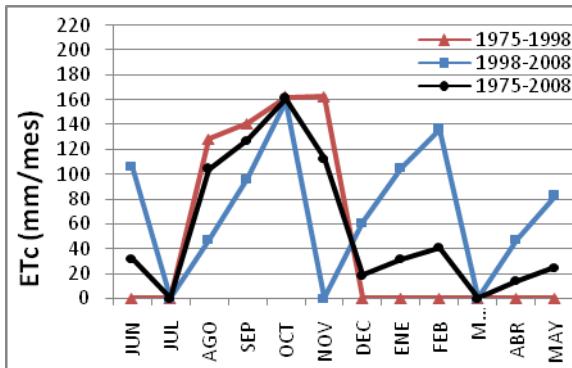


Figura 20. ETc promedio, cultivo Otros (a partir de 1996 corresponde solo a Gladiolo).

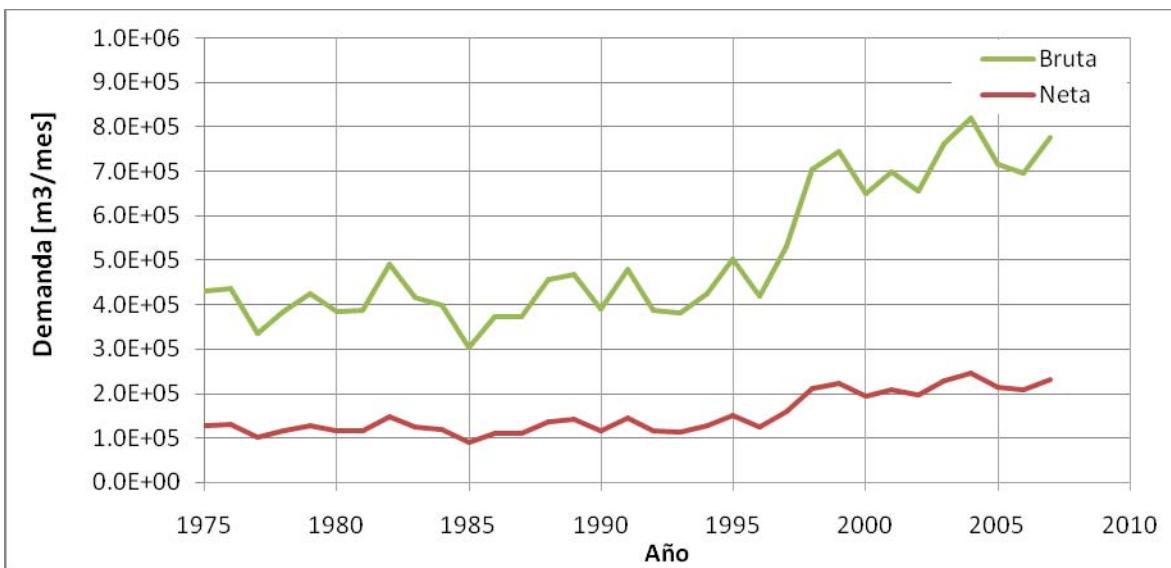
En el caso de Otros cultivos, en el periodo de 1975-1998 se producían a partir de Agosto (época de estiaje), a partir de 1998 la producción de gladiolo se incrementa rápidamente, siendo desde entonces otro de los principales productos en la zona.

Este proceso también se debe a la mejora de caminos, puentes y por consiguiente la apertura de nuevos mercados de más fácil acceso.

### 5.6. Demanda de Riego

La demanda de riego anual y mensual, calculada para el periodo y la zona de estudio se presenta en el Anexos V.

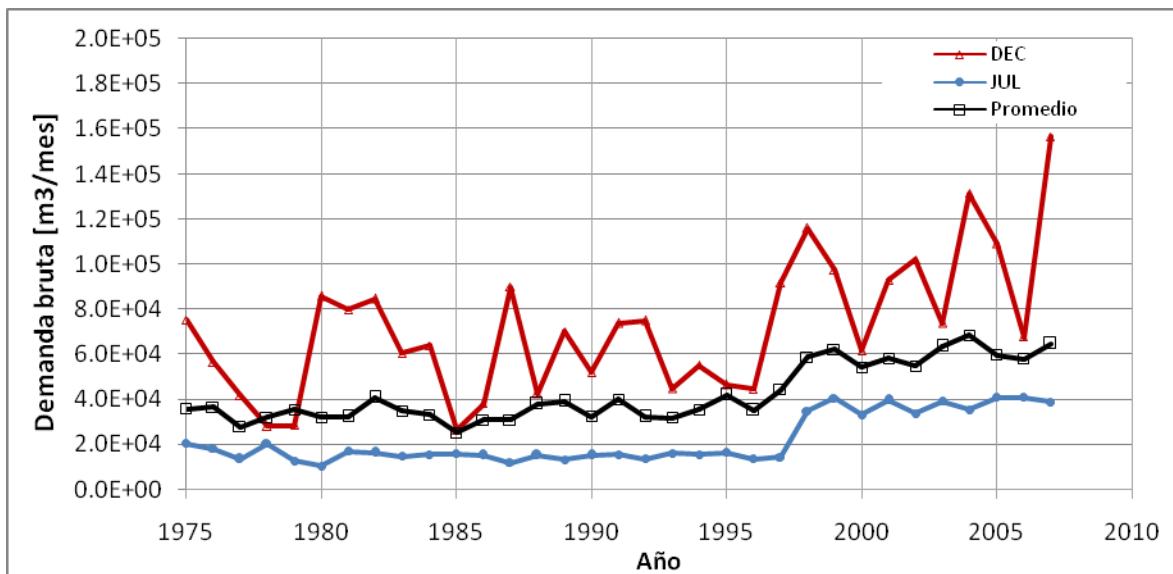
La Figura 21 muestra la variación anual la demanda de riego neta (línea roja) comparada con la demanda de riego bruta (considerando una eficiencia promedio de 30%), la eficiencia de riego del sistema fue obtenido de mediciones en campo dentro de la cuenca de rio Sajhuaya (García, 2010). Puede observarse que debido a esta baja eficiencia del sistema el agua real captada en la zona es aproximadamente 3 veces superior a la aplicada a los cultivos.



**Figura 21.** Demanda de riego anual ( $m^3/\text{mes}$ ), comunidad La Granja, periodo 1975 a 2008.

Durante el periodo de estudio se observa un incremento de los requerimientos de riego de la comunidad, el cual puede ser atribuido a una compleja interacción entre el incremento de las áreas demandantes de riego, incremento de la temperatura en la zona (incremento del ETo) y cambio en el patrón productivo.

En la Figura 22 se observa que el requerimiento de riego en Diciembre (época húmeda) es mayor al obtenido en Julio (época seca) debido a la intensificación productiva de cultivos en áreas disponibles por la época de lluvias y al incremento del Eto por verano. En las dos series se observa una tendencia creciente en el requerimiento de riego en el periodo estudiado debido principalmente a las variaciones en el patrón de cultivo e incremento de áreas cultivables.



**Figura 22.** Demanda de riego (m<sup>3</sup>/mes) para los meses de Diciembre, Julio y promedio anual, comunidad La Granja, periodo 1975 a 2010.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

Se ha observado un aumento de la demanda de agua para riego en la comunidad, el cual se debe a los siguientes factores:

- Un incremento de la temperatura que provoca una mayor evaporación del riego aplicado en las parcelas durante la época de estiaje y por ende causa un aumento en la frecuencia de riego o del volumen aplicado.
- Un decremento en la cantidad de precipitación, el cual incrementa directamente la demanda de riego.

- La variación en la disponibilidad de cultivos a ser sembrados en diferentes épocas del año. En los últimos años, nuevos cultivos se han introducido en la zona, debido a que el aumento de temperatura ha mejorado su rentabilidad a alturas mayores (ej. gladiolo).
- También debido a las mayores temperaturas, en los últimos años se tiene una mayor superficie regable (en especial en las partes altas), dado que terrenos antes no cultivables ahora pueden producir.
- La reciente habilitación de caminos carreteros y la innovación tecnológica (tractores), facilita la comercialización y motiva a la comunidad a intensificar la agricultura comercial, incrementando las superficies productivas y modificando los patrones de cultivo, como es el caso de la producción de lechuga que en los últimos años se produce todo el año.

## 6.2. Recomendaciones

La comunidad actualmente presenta escases en la disponibilidad de agua para riego, por ello, basados en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pueden recomendar las siguientes mejoras en la gestión de oferta de agua para riego en la comunidad de La Granja:

- Evaluar el cambio en los métodos de aplicación de riego empleado actualmente por la comunidad (surcos, camellones) por métodos más eficientes como ser: riego por goteo, aspersión, etc.
- Evaluar la construcción de estructuras de almacenamiento de agua.
- Evaluar la posibilidad de abastecerse con nuevas fuentes de agua, ya sea superficial, subterránea o subsuperficial. Recobrar los derechos comunitarios de acceso al Sistema Canal Camapo y al Sistema Canal Llujo, ver Mapeo de derechos Proyecto Illimani, 2010).
- Mejorar el sistema de conducción y distribución del agua para riego, en los canales y dentro de las parcelas, por medio de revestimiento de los canales o la implementación de conducción por tubería.



**ihh**

---

Al implementar las recomendaciones sugeridas anteriormente, se espera incrementar la disponibilidad de agua de riego y consecuentemente la superficie de área productivas regadas en la comunidad.



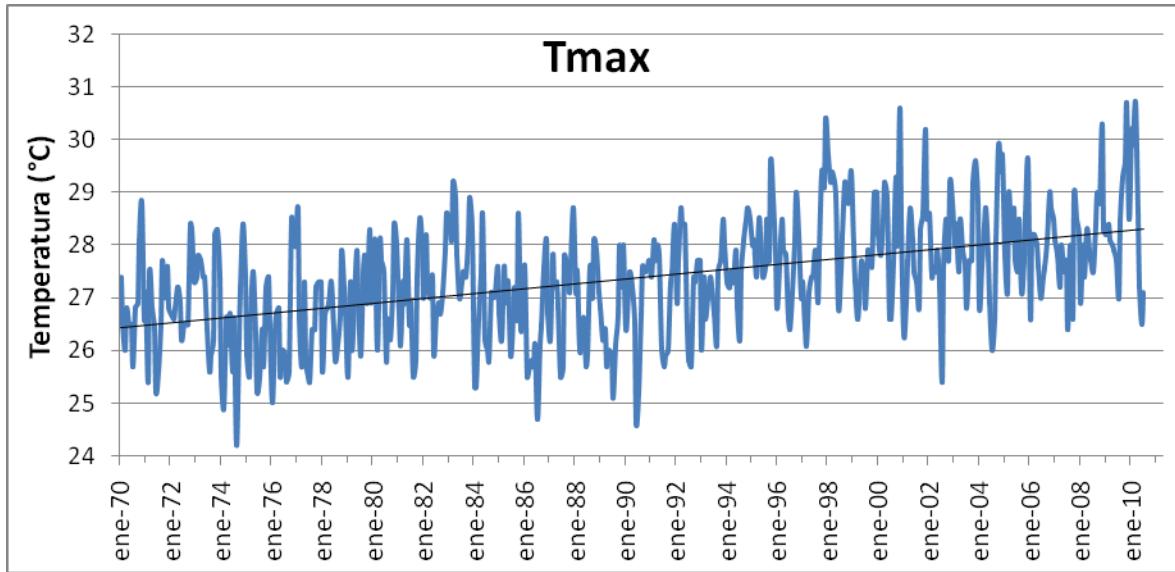
---

## **BIBLIOGRAFIA**

- Agua-Sustentable. (2010). *Mapeo de derechos - Proyecto Illimani*. La Paz, Bolivia.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evaporación del cultivo. FAO. Riego y Drenaje. Págs. 24-25 .
- FAO. (2009). *Eto calculator. Evapotranspiration from a reference surface*. . Roma, Italia: Software version 3.1 Land and Water Digital Media Series No 36.
- FAO. *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. . ESTUDIO FAO, RIEGO Y DRENAJE. 56. .
- García, M. (2010). *Informe Requerimientos de Riego, Proyecto Illimani*. La Paz, Bolivia: IIAREM.
- Montaño, J.L. (2010). *Informe Oferta de agua, Proyecto Illimani*. La Paz, Bolivia: IIAREM.
- PDM. (2007-2011). Plan de Desarrollo Municipal de Palca. La Paz-Bolivia Págs. 5-6-7.

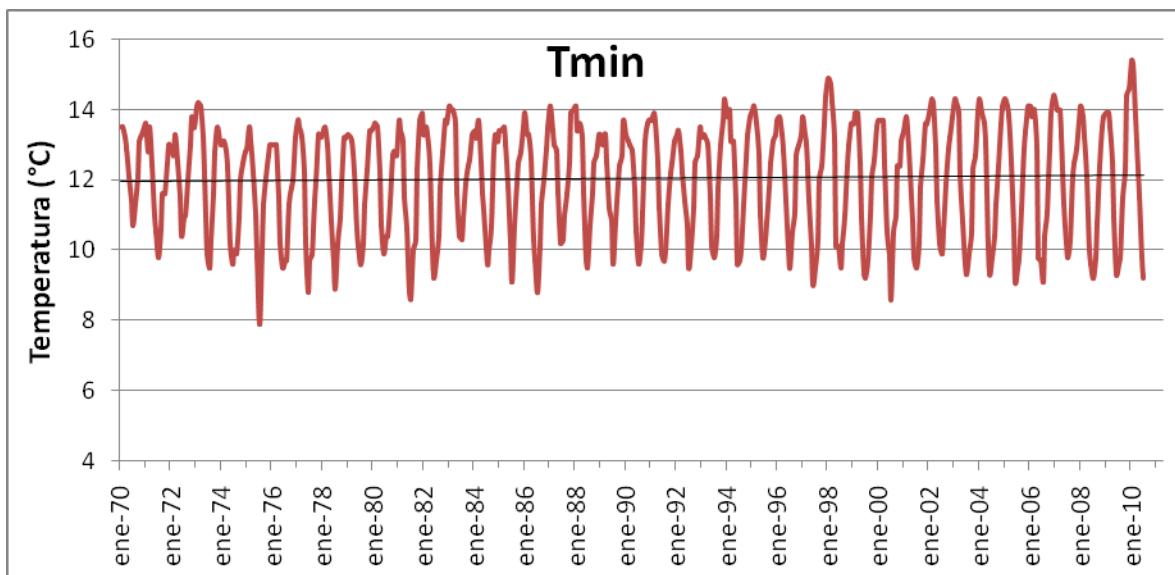
## ANEXOS

### I. Temperaturas



**Figura 23.** Temperaturas mensuales máximas, estación Tahuapalca, periodo 1970 a 2010.

Fuente: (Elaboración propia)



**Figura 24.** Temperaturas mensuales mínimas, estación Tahuapalca, periodo 1970 a 2010.

Fuente: (Elaboración propia)



**Tabla 8. Temperatura máxima mensual, Estación Tahuapalca, periodo 1970-2010.**

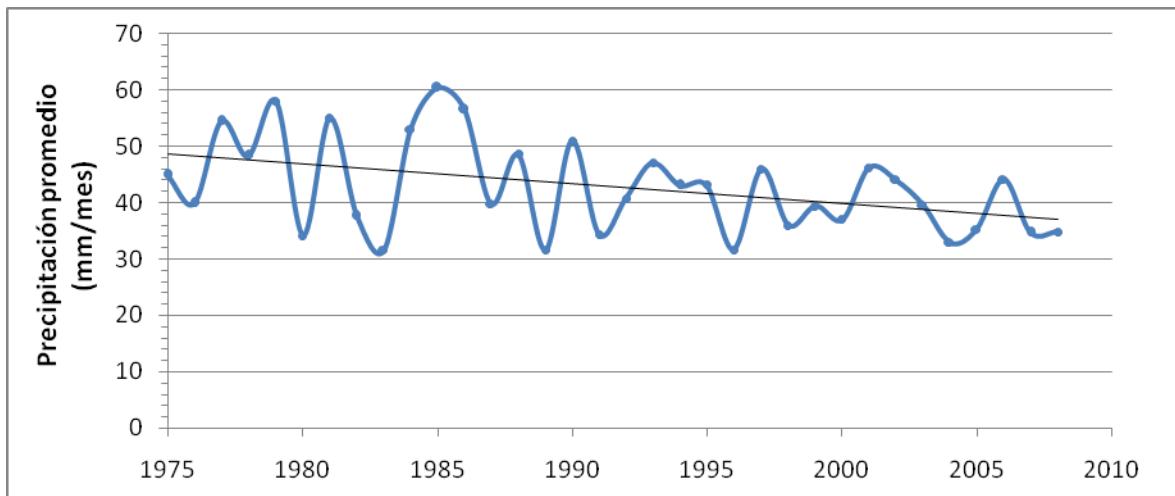
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Tmax	PromMax
1970	27.4	26.5	26.0	26.8	26.5	26.5	25.7	26.8	26.9	28.1	28.8	26.6	28.8	26.9
1971	27.1	25.4	27.5	26.8	26.4	25.2	25.6	26.5	27.7	27.0	27.6	26.8	27.7	26.6
1972	26.7	26.6	26.8	27.2	26.9	26.2	26.5	26.5	26.5	28.4	28.3	27.3	28.4	27.0
1973	27.4	27.8	27.7	27.4	27.4	26.4	25.6	25.9	26.2	28.2	28.3	27.4	28.3	27.1
1974	25.5	24.9	26.6	26.1	26.7	25.6	26.6	24.2	26.2	27.2	28.4	27.4	28.4	26.3
1975	25.9	25.5	26.7	27.5	26.3	25.2	25.5	26.4	25.7	27.2	27.4	26.4	27.5	26.3
1976	25.0	26.4	26.7	26.8	25.5	26.0	25.9	25.4	25.6	28.5	28.2	28.0	28.5	26.5
1977	28.7	26.6	25.7	27.3	25.8	25.5	25.4	26.4	26.4	27.2	27.3	27.3	28.7	26.6
1978	25.6	26.7	26.8	26.9	27.3	26.4	25.8	26.1	26.7	27.9	27.2	26.7	27.9	26.7
1979	25.5	27.3	26.0	26.9	27.9	27.0	25.9	27.5	27.8	26.9	28.3	26.9	28.3	27.0
1980	27.9	28.1	26.0	28.1	27.7	27.5	25.8	26.6	26.2	27.1	28.4	28.0	28.4	27.3
1981	26.7	26.1	27.3	26.9	28.1	26.5	26.9	25.5	25.8	27.4	28.5	28.0	28.5	27.0
1982	27.0	28.2	27.3	27.0	27.4	25.9	26.7	26.9	26.7	27.1	27.9	28.6	28.6	27.2
1983	28.5	28.1	29.2	28.9	27.8	27.0	27.3	27.5	27.4	28.1	28.9	28.3	29.2	28.1
1984	25.3	25.3	26.6	27.5	28.6	26.2	26.0	25.8	27.1	27.0	27.1	27.6	28.6	26.7
1985	26.7	26.2	27.6	26.9	27.3	25.9	26.1	27.2	26.6	28.6	26.4	26.8	28.6	26.9
1986	27.6	25.5	25.6	25.8	25.7	26.1	24.7	26.1	26.5	27.6	28.1	26.7	28.1	26.3
1987	26.2	27.8	27.2	27.3	26.8	25.5	25.7	27.8	27.6	27.1	27.7	28.7	28.7	27.1
1988	27.1	27.5	26.0	26.4	26.6	25.7	25.9	27.6	27.0	28.1	27.9	27.1	28.1	26.9
1989	26.8	26.2	26.4	25.7	26.0	25.9	25.1	26.1	26.7	28.0	27.2	28.0	28.0	26.5
1990	26.4	27.1	27.5	27.2	26.5	24.6	25.2	26.7	27.6	27.5	27.6	27.7	27.7	26.8
1991	27.4	28.1	27.7	28.0	27.8	26.0	25.7	25.9	26.0	27.3	27.5	28.4	28.4	27.1
1992	26.9	27.7	28.7	28.4	28.4	26.4	25.8	25.7	27.4	27.3	27.7	27.7	28.7	27.3
1993	26.0	27.4	26.6	27.0	27.4	27.2	26.7	26.1	27.5	27.7	28.5	28.0	28.5	27.2
1994	27.3	27.2	27.5	27.3	27.9	26.8	26.2	27.5	28.1	28.5	28.7	28.5	28.7	27.6
1995	28.0	28.1	27.4	28.5	28.2	27.4	27.6	28.5	27.7	29.6	28.9	27.8	29.6	28.1
1996	26.8	27.6	28.5	27.9	27.8	26.6	26.4	27.1	28.1	29.0	28.2	27.0	29.0	27.6
1997	27.3	26.4	26.1	27.1	27.4	27.4	27.9	26.9	27.9	29.4	29.1	30.4	30.4	27.8
1998	29.7	29.2	29.4	29.2	28.9	26.8	27.5	28.2	29.2	28.8	28.8	29.4	29.7	28.8
1999	28.0	27.3	26.6	27.3	27.7	27.5	26.8	27.9	27.8	27.6	29.0	29.0	29.0	27.7
2000	28.2	27.8	28.5	29.2	28.9	26.6	26.6	27.7	29.3	28.0	30.6	28.5	30.6	28.3
2001	26.3	26.9	27.7	28.7	28.1	27.5	27.3	26.8	28.3	28.6	30.2	28.5	30.2	27.9
2002	28.6	27.4	27.6	27.5	27.9	27.2	25.4	27.6	28.5	27.7	29.2	28.8	29.2	27.8
2003	28.0	28.4	27.5	28.5	27.9	27.6	26.8	27.7	27.7	29.2	29.6	28.8	29.6	28.1
2004	26.8	27.6	28.4	28.7	27.8	26.9	26.0	26.6	28.1	29.9	29.4	29.7	29.9	28.0
2005	27.8	27.1	29.0	28.1	28.7	27.7	27.5	28.5	27.1	27.7	28.6	29.6	29.6	28.1
2006	26.6	28.2	28.2	28.0	27.6	27.0	27.4	27.6	28.1	29.0	28.7	28.5	29.0	27.9
2007	28.1	27.8	27.2	28.0	27.5	27.7	26.4	28.0	26.6	29.0	28.5	28.2	29.0	27.8
2008	26.9	28.0	27.4	28.3	27.9	27.7	27.5	28.4	29.0	28.8	30.3	28.3	30.3	28.2
2009	28.2	28.4	28.1	28.0	27.9	27.7	27.0	28.5	29.3	29.6	30.7	28.5	30.7	28.5
2010	30.2	29.9	30.7	28.6	27.2	26.5	27.1							
Prom	27.1	27.2	27.3	27.5	27.4	26.6	26.3	26.9	27.3	28.1	28.4	28.0	28.4	27.3



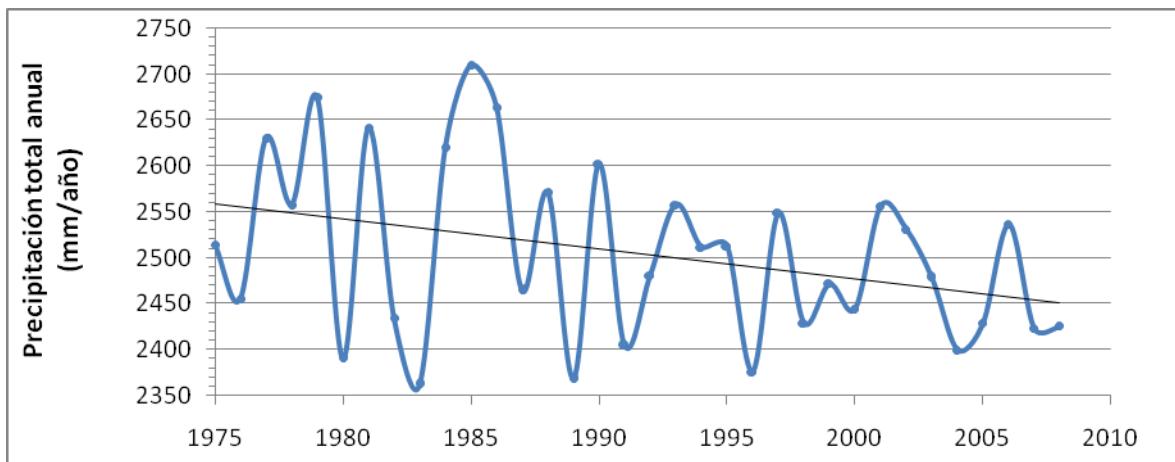
**Tabla 9. Temperatura mínima mensual, periodo 1970-2010.**

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Tmin	PromMin
1970	13.5	13.5	13.2	12.9	12.1	11.4	10.7	11.3	12.1	13.1	13.3	13.5	10.7	12.6
1971	13.6	12.8	13.5	12.4	11.0	10.5	9.8	10.6	11.6	11.6	12.5	13.0	9.8	11.9
1972	12.9	12.7	13.3	12.5	11.5	10.4	10.9	11.0	12.0	13.0	13.8	13.5	10.4	12.3
1973	14.1	14.2	14.1	13.2	12.1	9.9	9.5	10.3	11.6	12.8	13.5	13.1	9.5	12.4
1974	13.0	13.1	12.8	12.3	10.2	9.6	10.0	9.9	10.9	12.0	12.5	12.8	9.6	11.6
1975	12.9	13.5	13.1	12.2	11.0	9.8	7.9	10.0	11.3	12.1	12.7	13.0	7.9	11.6
1976	13.0	13.0	13.0	11.5	10.2	9.5	9.7	9.7	11.3	11.8	12.0	13.2	9.5	11.5
1977	13.7	13.5	13.2	12.2	10.2	8.8	9.7	9.9	11.4	12.0	13.3	13.2	8.8	11.8
1978	13.3	13.5	13.0	12.2	10.8	9.6	8.9	10.2	10.9	11.9	13.2	13.2	8.9	11.7
1979	13.3	13.2	13.1	12.2	10.6	10.1	9.6	10.2	11.3	12.3	13.4	13.4	9.6	11.9
1980	13.5	13.6	13.5	12.2	10.7	9.9	10.4	10.4	11.4	12.7	12.8	12.7	9.9	12.0
1981	13.7	13.4	13.1	11.5	10.6	8.8	8.6	10.0	10.3	12.3	13.7	13.9	8.6	11.7
1982	13.3	13.5	13.3	12.4	10.0	9.2	9.7	10.4	11.8	12.8	13.7	13.6	9.2	12.0
1983	14.1	14.0	14.0	13.6	11.6	10.4	10.3	10.9	11.9	12.4	12.6	13.3	10.3	12.4
1984	13.4	13.2	13.7	12.5	11.6	10.6	9.6	10.0	10.7	12.9	13.3	13.1	9.6	12.1
1985	13.4	13.4	13.5	13.0	11.8	10.2	9.1	10.7	11.9	12.5	12.8	13.5	9.1	12.1
1986	13.9	13.3	13.3	12.6	10.3	9.7	8.8	10.1	11.3	12.0	12.9	13.5	8.8	11.8
1987	14.1	13.4	13.0	12.8	11.6	10.2	10.3	11.0	11.6	12.5	13.9	14.0	10.2	12.4
1988	14.1	13.4	13.6	13.2	11.6	9.7	9.5	10.7	11.6	12.5	12.7	13.3	9.5	12.2
1989	13.3	13.0	13.3	12.5	11.2	10.8	9.6	10.8	11.9	12.4	12.7	13.7	9.6	12.1
1990	13.3	13.1	13.0	12.8	11.7	10.5	9.6	10.2	11.1	13.1	13.6	13.7	9.6	12.1
1991	13.7	13.9	13.6	12.5	11.2	9.9	9.7	10.0	11.3	12.2	12.5	13.1	9.7	12.0
1992	13.3	13.4	12.8	12.2	11.4	10.7	9.5	10.1	11.2	12.5	12.7	13.5	9.5	11.9
1993	13.2	13.3	13.2	13.0	11.5	10.1	9.8	10.4	11.8	13.0	13.7	14.3	9.8	12.3
1994	13.8	14.0	13.1	13.1	11.4	9.6	9.7	10.0	11.3	12.6	13.3	13.8	9.6	12.1
1995	14.0	14.1	13.6	12.7	11.0	9.8	10.3	10.8	11.8	12.5	13.1	13.3	9.8	12.3
1996	13.7	13.8	13.3	12.8	11.4	10.0	9.5	10.5	11.1	12.7	13.0	13.3	9.5	12.1
1997	13.8	13.3	13.0	11.4	10.1	9.0	9.5	10.3	12.0	12.4	13.6	14.4	9.0	11.9
1998	14.9	14.7	14.2	13.1	10.1	10.1	9.5	10.2	11.0	12.4	13.0	13.6	9.5	12.2
1999	13.6	13.9	13.9	12.5	10.9	9.3	9.2	9.7	11.0	12.1	12.6	13.5	9.2	11.8
2000	13.7	13.7	13.7	12.4	10.5	9.8	8.6	10.5	11.0	12.4	12.4	13.1	8.6	11.8
2001	13.4	13.8	13.4	12.2	10.8	9.8	9.5	10.2	11.8	12.6	13.6	13.6	9.5	12.1
2002	13.9	14.3	14.2	12.9	11.4	10.2	9.9	10.6	11.9	12.9	13.2	13.8	9.9	12.4
2003	14.3	14.2	13.9	12.1	10.8	9.6	9.3	9.9	10.5	12.3	12.7	14.0	9.3	12.0
2004	14.3	13.9	13.6	13.0	10.1	9.3	9.8	10.4	11.3	12.4	13.6	14.1	9.3	12.2
2005	14.3	14.1	13.8	12.5	10.6	9.1	9.5	9.8	11.2	12.9	13.4	14.1	9.1	12.1
2006	14.1	13.8	14.0	12.9	9.8	9.7	9.1	10.4	11.1	12.9	13.9	14.4	9.1	12.2
2007	14.3	14.0	14.0	13.2	11.3	10.2	9.8	10.3	12.1	12.5	12.9	13.7	9.8	12.4
2008	14.1	13.8	13.2	12.0	10.0	9.6	9.2	9.8	10.8	12.4	13.5	13.8	9.2	11.9
2009	13.9	13.9	13.5	12.5	10.9	9.3	9.6	9.8	11.5	12.3	14.4	14.6	9.3	12.2
2010	15.4	15.3	13.8	12.3	11.5	9.8	9.2							
Prom	13.7	13.6	13.4	12.5	10.9	9.9	9.6	10.3	11.4	12.5	13.1	13.6	13.7	12.0

## II. Precipitación



**Figura 25.** Precipitación anual en base a promedios anuales, periodo 1975-2008, estación Tahuapalca.



**Figura 26.** Precipitación anual total, periodo 1975-2008, estación Tahuapalca.



**Tabla 10. Precipitación mensual Estación Tahuapalca, periodo 1975-2008 (rellenada (García, 2010).**

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total	Prom
1975	150.6	101.4	92.2	17.7	19.3	4.7	1.0	1.2	34.0	32.9	44.4	40.0	2514.4	44.9
1976	109.2	80.0	50.7	1.9	25.2	9.7	6.8	13.5	64.9	14.1	19.5	83.8	2455.3	39.9
1977	75.7	117.8	147.8	12.1	9.5	0.0	21.1	11.4	25.8	31.3	97.6	103.6	2630.6	54.5
1978	171.1	86.7	52.2	52.7	0.5	0.0	0.6	4.0	10.1	6.5	68.4	126.9	2557.8	48.3
1979	175.0	57.8	153.1	25.7	11.1	0.0	12.8	0.9	4.3	73.7	42.9	138.5	2674.7	58.0
1980	43.0	39.1	99.7	11.4	5.9	0.0	21.4	39.4	37.3	52.7	20.0	40.1	2390.1	34.2
1981	151.3	125.7	83.2	41.6	2.9	0.0	0.0	63.5	58.0	59.7	31.7	43.2	2641.8	55.1
1982	144.3	32.6	64.7	33.6	0.3	8.0	0.7	3.7	20.2	41.5	60.3	41.9	2433.8	37.7
1983	57.4	31.7	21.8	50.4	27.5	7.1	7.7	17.5	40.6	21.5	12.5	83.0	2361.9	31.6
1984	164.1	158.1	113.6	13.0	2.8	8.3	0.5	15.6	4.1	32.7	54.5	69.1	2620.4	53.0
1985	93.2	107.3	91.0	59.8	6.9	12.1	0.6	5.0	33.1	46.0	129.4	140.7	2710.1	60.4
1986	81.9	157.1	87.0	50.4	16.7	0.3	0.0	27.5	57.8	24.4	68.5	106.8	2664.3	56.5
1987	181.6	19.0	42.8	14.9	10.6	1.4	14.7	3.2	20.2	74.4	60.5	33.8	2464.1	39.8
1988	137.9	53.4	143.3	50.8	33.0	0.0	2.0	0.0	12.2	27.7	21.5	101.8	2571.5	48.6
1989	86.9	85.2	20.3	44.9	17.5	3.9	8.9	10.3	16.2	5.0	20.9	58.7	2367.8	31.6
1990	175.8	74.3	15.6	26.6	23.0	57.9	0.4	6.6	25.0	44.0	75.9	87.3	2602.4	51.0
1991	82.0	79.1	65.4	12.6	15.7	25.8	1.0	0.9	14.8	18.3	37.9	59.5	2404.0	34.4
1992	115.5	76.7	28.3	24.2	0.1	5.4	9.0	35.9	5.3	64.5	72.7	50.9	2480.6	40.7
1993	144.9	33.9	50.7	55.2	1.4	6.6	2.4	25.3	25.2	64.2	53.6	101.3	2557.7	47.1
1994	78.5	84.4	67.0	51.4	0.0	17.2	2.9	2.4	18.8	25.1	81.0	88.9	2511.5	43.1
1995	105.2	159.7	69.5	9.9	7.9	0.0	2.3	9.0	7.5	10.2	34.7	101.9	2512.8	43.2
1996	124.7	25.5	34.5	12.9	0.3	0.9	0.9	5.2	19.8	17.6	41.7	95.9	2375.8	31.7
1997	141.2	68.1	118.2	38.9	15.7	2.5	2.5	5.3	43.0	33.2	44.3	38.8	2548.8	46.0
1998	75.4	55.9	40.3	42.9	0.0	17.2	17.2	6.6	1.9	51.3	74.5	47.7	2428.8	35.9
1999	99.3	43.2	97.8	30.2	4.9	1.1	1.1	0.9	46.3	58.7	23.5	65.6	2471.7	39.4
2000	98.1	31.2	64.5	11.3	4.5	18.9	18.9	19.8	1.0	55.7	5.6	115.1	2444.4	37.0
2001	160.8	95.6	69.2	18.2	18.3	5.8	5.8	28.5	16.1	60.2	8.8	67.7	2556.0	46.3
2002	80.8	104.9	71.7	31.4	11.4	9.5	9.5	9.0	24.3	73.9	45.2	57.0	2530.7	44.1
2003	120.4	88.4	74.0	6.2	5.2	1.4	1.4	8.0	24.3	39.6	8.3	97.8	2478.2	39.6
2004	146.9	55.0	45.6	9.5	3.6	5.7	5.7	22.0	10.3	14.1	44.3	32.6	2399.3	32.9
2005	111.6	66.0	27.5	32.8	0.0	0.0	0.0	0.4	27.5	48.7	52.7	56.6	2428.7	35.3
2006	133.0	89.7	68.0	5.4	1.3	0.0	0.0	17.8	10.9	27.0	78.1	99.3	2536.5	44.2
2007	101.8	80.3	54.8	41.0	4.0	0.1	0.1	0.4	41.8	44.0	47.5	0.0	2422.8	34.6
2008	147.1	62.4	58.0	1.0	4.2	3.0	2.4	2.8	4.3	21.1	11.0	100.0	2425.3	34.8
Prom	119.6	77.3	70.1	27.7	9.2	6.9	5.4	12.5	23.7	38.7	46.9	75.8	513.6	42.8



### III. Evapotranspiración de referencia

Tabla 11. ETo calculada usando el Eto Calculator v.3.1FAO, periodo 1975-2009.

AÑO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Enero	5	4.7	5.6	4.8	4.8	5.4	5.1	5.2	5.5	4.7	5.1	5.3	4.9
Febrero	4.6	4.9	4.9	4.9	5.1	5.3	4.8	5.3	5.2	4.6	4.8	4.7	5.2
Marzo	4.7	4.7	4.4	4.7	4.5	4.4	4.8	4.8	5.2	4.6	4.8	4.4	4.8
Abril	4.4	4.3	4.4	4.3	4.3	4.5	4.4	4.3	4.5	4.4	4.2	4	4.3
Mayo	3.8	3.7	3.7	4	4.1	4	4.1	4	4	4.1	3.9	3.7	3.8
Junio	3.4	3.5	3.5	3.6	3.7	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4
Julio	3.7	3.6	3.5	3.7	3.6	3.5	3.9	3.8	3.8	3.6	3.7	3.5	3.5
Agosto	4.1	4	4.1	4.1	4.3	4.1	4	4.2	4.3	4	4.2	4.1	4.3
Septiembre	4.4	4.4	4.6	4.7	4.9	4.5	4.6	4.6	4.7	4.8	4.5	4.6	4.8
Octubre	5.1	5.5	5.1	5.3	5	5	5.1	5	5.3	5	5.4	5.2	5
Noviembre	5.3	5.6	5.2	5.2	5.5	5.6	5.5	5.3	5.7	5.2	5.1	5.5	5.2
Diciembre	5.1	5.5	5.3	5.1	5.2	5.6	5.4	5.6	5.6	5.4	5.1	5.1	5.6
Promedio	4.5	4.5	4.5	4.5	4.6	4.6	4.6	4.6	4.8	4.5	4.5	4.5	4.6

Tabla 11. ETo calculada usando el Eto Calculator v.3.1FAO, periodo 1975-2009.  
(Continuación).

AÑO	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Enero	5.1	5.1	5	5.2	5.2	4.9	5.2	5.4	5.1	5.2	5.7	5.4	5.5
Febrero	5.2	4.9	5.1	5.2	5.2	5.1	5	5.2	5.1	4.9	5.4	5	5.2
Marzo	4.4	4.6	4.9	4.8	5.2	4.6	4.9	4.8	5.1	4.5	5.2	4.5	5
Abril	4.1	4	4.3	4.5	4.6	4.2	4.3	4.6	4.4	4.4	4.7	4.3	4.7
Mayo	3.8	3.7	3.7	4	4.1	3.9	4	4.1	4	4	4.3	4	4.3
Junio	3.5	3.4	3.2	3.5	3.5	3.7	3.7	3.8	3.6	3.8	3.6	3.8	3.6
Julio	3.6	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.9	3.7	4	3.9	3.8	3.8
Agosto	4.3	4	4.2	4	4	4	4.3	4.5	4.2	4.2	4.5	4.5	4.3
Septiembre	4.7	4.6	4.9	4.5	4.8	4.8	5	4.8	5	4.8	5.2	4.9	5.3
Octubre	5.3	5.3	5.1	5.1	5.1	5.1	5.4	5.7	5.5	5.6	5.5	5.2	5.3
Noviembre	5.5	5.3	5.2	5.4	5.4	5.5	5.6	5.7	5.5	5.6	5.6	5.8	6.2
Diciembre	5.2	5.4	5.3	5.6	5.4	5.3	5.5	5.4	5.2	6	5.8	5.7	5.6
Promedio	4.6	4.5	4.5	4.6	4.7	4.6	4.7	4.8	4.7	4.8	5.0	4.7	4.9



**Tabla 11. ETo calculada usando el Eto Calculator v.3.1FAO, periodo 1975-2009. (Continuación).**

AÑO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Promedio
<b>Enero</b>	5	5.5	5.3	5	5.3	5	5.3	5	5.4	<b>5.2</b>
<b>Febrero</b>	4.9	5	5.3	5.1	5	5.3	5.2	5.2	5.3	<b>5.1</b>
<b>Marzo</b>	4.9	4.7	4.8	5	5.1	4.9	4.7	4.8	5	<b>4.8</b>
<b>Abril</b>	4.7	4.3	4.6	4.6	4.5	4.4	4.4	4.6	4.5	<b>4.4</b>
<b>Mayo</b>	4.1	4	4.1	4.1	4.2	4.1	3.9	4.1	4.1	<b>4.0</b>
<b>Junio</b>	3.8	3.7	3.8	3.7	3.9	3.7	3.8	3.8	3.9	<b>3.6</b>
<b>Julio</b>	3.9	3.5	3.8	3.6	3.9	3.9	3.7	3.9	3.8	<b>3.7</b>
<b>Agosto</b>	4.2	4.3	4.4	4.1	4.6	4.3	4.4	4.5	4.6	<b>4.2</b>
<b>Septiembre</b>	4.9	5	5	5	4.7	5	4.5	5.2	5.2	<b>4.8</b>
<b>Octubre</b>	5.4	5.1	5.6	5.7	5.1	5.5	5.5	5.5	5.7	<b>5.3</b>
<b>Noviembre</b>	5.9	5.7	5.9	5.7	5.5	5.5	5.6	6	6	<b>5.5</b>
<b>Diciembre</b>	5.6	5.6	5.6	5.8	5.8	5.4	5.5	5.5	5.4	<b>5.5</b>
<b>Promedio</b>	<b>4.8</b>	<b>4.7</b>	<b>4.9</b>	<b>4.8</b>	<b>4.8</b>	<b>4.8</b>	<b>4.7</b>	<b>4.8</b>	<b>4.9</b>	<b>4.7</b>



#### IV. Evapotranspiración del cultivo

Tabla 12. ETc Maíz cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Prom.
1975	1976	0.0	0.0	30.5	54.1	126.5	171.7	162.8	116.6	0.0	0.0	0.0	662.2	55.2
1976	1977	0.0	0.0	29.8	54.1	136.4	181.4	175.6	138.9	0.0	0.0	0.0	716.2	59.7
1977	1978	0.0	0.0	30.5	56.6	126.5	168.5	169.2	119.0	0.0	0.0	0.0	670.3	55.9
1978	1979	0.0	0.0	30.5	57.8	131.4	168.5	162.8	119.0	0.0	0.0	0.0	670.1	55.8
1979	1980	0.0	0.0	32.0	60.3	124.0	178.2	166.0	133.9	0.0	0.0	0.0	694.4	57.9
1980	1981	0.0	0.0	30.5	55.4	124.0	181.4	178.8	126.5	0.0	0.0	0.0	696.6	58.0
1981	1982	0.0	0.0	29.8	56.6	126.5	178.2	172.4	129.0	0.0	0.0	0.0	692.4	57.7
1982	1983	0.0	0.0	31.2	56.6	124.0	171.7	178.8	136.4	0.0	0.0	0.0	698.8	58.2
1983	1984	0.0	0.0	32.0	57.8	131.4	184.7	178.8	116.6	0.0	0.0	0.0	701.3	58.4
1984	1985	0.0	0.0	29.8	59.0	124.0	168.5	172.4	126.5	0.0	0.0	0.0	680.2	56.7
1985	1986	0.0	0.0	31.2	56.6	133.9	165.2	162.8	131.4	0.0	0.0	0.0	681.3	56.8
1986	1987	0.0	0.0	30.5	56.6	129.0	178.2	162.8	121.5	0.0	0.0	0.0	678.6	56.6
1987	1988	0.0	0.0	32.0	59.0	124.0	168.5	178.8	126.5	0.0	0.0	0.0	688.8	57.4
1988	1989	0.0	0.0	32.0	57.8	131.4	178.2	166.0	126.5	0.0	0.0	0.0	692.0	57.7
1989	1990	0.0	0.0	29.8	56.6	131.4	171.7	172.4	124.0	0.0	0.0	0.0	685.9	57.2
1990	1991	0.0	0.0	31.2	60.3	126.5	168.5	169.2	129.0	0.0	0.0	0.0	684.7	57.1
1991	1992	0.0	0.0	29.8	55.4	126.5	175.0	178.8	129.0	0.0	0.0	0.0	694.3	57.9
1992	1993	0.0	0.0	29.8	59.0	126.5	175.0	172.4	121.5	0.0	0.0	0.0	684.2	57.0
1993	1994	0.0	0.0	29.8	59.0	126.5	178.2	169.2	129.0	0.0	0.0	0.0	691.7	57.6
1994	1995	0.0	0.0	32.0	61.5	133.9	181.4	175.6	133.9	0.0	0.0	0.0	718.4	59.9
1995	1996	0.0	0.0	33.5	59.0	141.4	184.7	172.4	126.5	0.0	0.0	0.0	717.5	59.8
1996	1997	0.0	0.0	31.2	61.5	136.4	178.2	166.0	129.0	0.0	0.0	0.0	702.3	58.5
1997	1998	0.0	0.0	31.2	59.0	138.9	181.4	191.6	141.4	0.0	0.0	0.0	743.5	62.0
1998	1999	0.0	0.0	33.5	64.0	136.4	181.4	185.2	133.9	0.0	0.0	0.0	734.4	61.2
1999	2000	0.0	0.0	33.5	60.3	129.0	184.7	182.0	136.4	0.0	0.0	0.0	725.8	60.5
2000	2001	0.0	0.0	32.0	65.2	131.4	200.9	178.8	124.0	0.0	0.0	0.0	732.3	61.0
2001	2002	0.0	0.0	31.2	60.3	133.9	191.2	178.8	136.4	0.0	0.0	0.0	731.8	61.0
2002	2003	0.0	0.0	32.0	61.5	126.5	184.7	178.8	131.4	0.0	0.0	0.0	714.9	59.6
2003	2004	0.0	0.0	32.7	61.5	138.9	191.2	178.8	124.0	0.0	0.0	0.0	727.1	60.6
2004	2005	0.0	0.0	30.5	61.5	141.4	184.7	185.2	131.4	0.0	0.0	0.0	734.7	61.2
2005	2006	0.0	0.0	34.2	57.8	126.5	178.2	185.2	124.0	0.0	0.0	0.0	705.9	58.8
2006	2007	0.0	0.0	32.0	61.5	136.4	178.2	172.4	131.4	0.0	0.0	0.0	712.0	59.3
2007	2008	0.0	0.0	32.7	55.4	136.4	181.4	175.6	124.0	0.0	0.0	0.0	705.5	58.8
Promedio		0.0	0.0	31.4	58.7	130.8	178.6	174.5	128.1	0.0	0.0	0.0	702.1	58.5
1975-1998		0.0	0.0	30.9	57.8	129.6	175.5	172.0	127.5	0.0	0.0	0.0	693.3	57.8
1998-2008		0.0	0.0	32.4	60.9	133.7	185.7	180.1	129.7	0.0	0.0	0.0	722.4	60.2



Tabla 13. ETc Papa cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Prom.
1975	1976	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	117.7	161.3	109.3	83.7	69.9	0.0	0.0	579.8
1976	1977	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9	124.3	173.9	130.2	83.7	65.5	0.0	0.0	618.5
1977	1978	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	115.4	167.6	111.6	83.7	69.9	0.0	0.0	586.2
1978	1979	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	115.4	161.3	111.6	87.1	67.0	0.0	0.0	581.8
1979	1980	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	122.1	164.4	125.6	90.5	65.5	0.0	0.0	605.3
1980	1981	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	124.3	177.1	118.6	82.0	71.4	0.0	0.0	610.6
1981	1982	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	122.1	170.7	120.9	90.5	71.4	0.0	0.0	613.6
1982	1983	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	117.7	177.1	127.9	88.8	77.4	0.0	0.0	626.0
1983	1984	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	126.5	177.1	109.3	78.6	68.4	0.0	0.0	599.3
1984	1985	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	115.4	170.7	118.6	82.0	71.4	0.0	0.0	595.4
1985	1986	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	113.2	161.3	123.2	80.3	65.5	0.0	0.0	583.6
1986	1987	0.0	0.0	0.0	0.0	38.7	122.1	161.3	113.9	88.8	71.4	0.0	0.0	596.2
1987	1988	0.0	0.0	0.0	0.0	37.2	115.4	177.1	118.6	88.8	65.5	0.0	0.0	602.6
1988	1989	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	122.1	164.4	118.6	83.7	68.4	0.0	0.0	596.7
1989	1990	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	117.7	170.7	116.3	87.1	72.9	0.0	0.0	604.1
1990	1991	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	115.4	167.6	120.9	88.8	71.4	0.0	0.0	602.1
1991	1992	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	119.9	177.1	120.9	88.8	77.4	0.0	0.0	622.0
1992	1993	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	119.9	170.7	113.9	87.1	68.4	0.0	0.0	598.1
1993	1994	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	122.1	167.6	120.9	85.4	72.9	0.0	0.0	606.8
1994	1995	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	124.3	173.9	125.6	88.8	71.4	0.0	0.0	624.2
1995	1996	0.0	0.0	0.0	0.0	42.4	126.5	170.7	118.6	87.1	75.9	0.0	0.0	621.3
1996	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9	122.1	164.4	120.9	83.7	67.0	0.0	0.0	599.0
1997	1998	0.0	0.0	0.0	0.0	41.7	124.3	189.7	132.5	92.2	77.4	0.0	0.0	657.8
1998	1999	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9	124.3	183.4	125.6	85.4	67.0	0.0	0.0	626.5
1999	2000	0.0	0.0	0.0	0.0	38.7	126.5	180.2	127.9	88.8	74.4	0.0	0.0	636.6
2000	2001	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	137.6	177.1	116.3	83.7	72.9	0.0	0.0	627.0
2001	2002	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	131.0	177.1	127.9	85.4	69.9	0.0	0.0	631.4
2002	2003	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	126.5	177.1	123.2	90.5	71.4	0.0	0.0	626.7
2003	2004	0.0	0.0	0.0	0.0	41.7	131.0	177.1	116.3	87.1	74.4	0.0	0.0	627.5
2004	2005	0.0	0.0	0.0	0.0	42.4	126.5	183.4	123.2	85.4	75.9	0.0	0.0	636.9
2005	2006	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	122.1	183.4	116.3	90.5	72.9	0.0	0.0	623.1
2006	2007	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9	122.1	170.7	123.2	88.8	69.9	0.0	0.0	615.7
2007	2008	0.0	0.0	0.0	0.0	40.9	124.3	173.9	116.3	88.8	71.4	0.0	0.0	615.6
Promedio		0.0	0.0	0.0	0.0	39.3	122.4	172.8	120.1	86.5	71.0	0.0	0.0	612.1
1975-1998		0.0	0.0	0.0	0.0	38.9	120.3	170.3	119.5	86.1	70.6	0.0	0.0	605.7
1998-2008		0.0	0.0	0.0	0.0	40.1	127.2	178.3	121.6	87.4	72.0	0.0	0.0	626.7
														52.2



Tabla 14. ETc Tomate cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Prom..
1975	1976	0.0	0.0	0.0	55.4	120.2	167.0	153.4	134.0	0.0	0.0	0.0	0.0	629.9
1976	1977	0.0	0.0	0.0	55.4	129.6	176.4	165.4	159.7	0.0	0.0	0.0	0.0	686.5
1977	1978	0.0	0.0	0.0	58.0	120.2	163.8	159.4	136.9	0.0	0.0	0.0	0.0	638.2
1978	1979	0.0	0.0	0.0	59.2	124.9	163.8	153.4	136.9	0.0	0.0	0.0	0.0	638.1
1979	1980	0.0	0.0	0.0	61.7	117.8	173.3	156.4	154.0	0.0	0.0	0.0	0.0	663.2
1980	1981	0.0	0.0	0.0	56.7	117.8	176.4	168.4	145.5	0.0	0.0	0.0	0.0	664.7
1981	1982	0.0	0.0	0.0	58.0	120.2	173.3	162.4	148.3	0.0	0.0	0.0	0.0	662.0
1982	1983	0.0	0.0	0.0	58.0	117.8	167.0	168.4	156.9	0.0	0.0	0.0	0.0	668.0
1983	1984	0.0	0.0	0.0	59.2	124.9	179.6	168.4	134.0	0.0	0.0	0.0	0.0	666.1
1984	1985	0.0	0.0	0.0	60.5	117.8	163.8	162.4	145.5	0.0	0.0	0.0	0.0	649.9
1985	1986	0.0	0.0	0.0	58.0	127.2	160.7	153.4	151.2	0.0	0.0	0.0	0.0	650.3
1986	1987	0.0	0.0	0.0	58.0	122.5	173.3	153.4	139.7	0.0	0.0	0.0	0.0	646.8
1987	1988	0.0	0.0	0.0	60.5	117.8	163.8	168.4	145.5	0.0	0.0	0.0	0.0	655.9
1988	1989	0.0	0.0	0.0	59.2	124.9	173.3	156.4	145.5	0.0	0.0	0.0	0.0	659.2
1989	1990	0.0	0.0	0.0	58.0	124.9	167.0	162.4	142.6	0.0	0.0	0.0	0.0	654.8
1990	1991	0.0	0.0	0.0	61.7	120.2	163.8	159.4	148.3	0.0	0.0	0.0	0.0	653.4
1991	1992	0.0	0.0	0.0	56.7	120.2	170.1	168.4	148.3	0.0	0.0	0.0	0.0	663.7
1992	1993	0.0	0.0	0.0	60.5	120.2	170.1	162.4	139.7	0.0	0.0	0.0	0.0	652.9
1993	1994	0.0	0.0	0.0	60.5	120.2	173.3	159.4	148.3	0.0	0.0	0.0	0.0	661.6
1994	1995	0.0	0.0	0.0	63.0	127.2	176.4	165.4	154.0	0.0	0.0	0.0	0.0	686.0
1995	1996	0.0	0.0	0.0	60.5	134.3	179.6	162.4	145.5	0.0	0.0	0.0	0.0	682.2
1996	1997	0.0	0.0	0.0	63.0	129.6	173.3	156.4	148.3	0.0	0.0	0.0	0.0	670.5
1997	1998	0.0	0.0	0.0	60.5	131.9	176.4	180.4	162.6	0.0	0.0	0.0	0.0	711.8
1998	1999	0.0	0.0	0.0	65.5	129.6	176.4	174.4	154.0	0.0	0.0	0.0	0.0	699.9
1999	2000	0.0	0.0	0.0	61.7	122.5	179.6	171.4	156.9	0.0	0.0	0.0	0.0	692.1
2000	2001	0.0	0.0	0.0	66.8	124.9	195.3	168.4	142.6	0.0	0.0	0.0	0.0	697.9
2001	2002	0.0	0.0	0.0	61.7	127.2	185.9	168.4	156.9	0.0	0.0	0.0	0.0	700.1
2002	2003	0.0	0.0	0.0	63.0	120.2	179.6	168.4	151.2	0.0	0.0	0.0	0.0	682.3
2003	2004	0.0	0.0	0.0	63.0	131.9	185.9	168.4	142.6	0.0	0.0	0.0	0.0	691.8
2004	2005	0.0	0.0	0.0	63.0	134.3	179.6	174.4	151.2	0.0	0.0	0.0	0.0	702.4
2005	2006	0.0	0.0	0.0	59.2	120.2	173.3	174.4	142.6	0.0	0.0	0.0	0.0	669.6
2006	2007	0.0	0.0	0.0	63.0	129.6	173.3	162.4	151.2	0.0	0.0	0.0	0.0	679.4
2007	2008	0.0	0.0	0.0	56.7	129.6	176.4	165.4	142.6	0.0	0.0	0.0	0.0	670.7
Promedio		0.0	0.0	0.0	60.2	124.3	173.6	164.3	147.4	0.0	0.0	0.0	0.0	669.7
1975-1998		0.0	0.0	0.0	59.2	123.1	170.6	162.0	146.6	0.0	0.0	0.0	0.0	661.5
1998-2008		0.0	0.0	0.0	62.4	127.0	180.5	169.6	149.2	0.0	0.0	0.0	0.0	688.6
														57.4



Tabla 15. ETc Lechuga cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Prom.	
1975	1976	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.7	129.0	114.7	389.4	32.5	
1976	1977	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.4	132.0	114.7	383.1	31.9	
1977	1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	145.7	129.0	124.0	398.7	33.2	
1978	1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.5	129.0	127.1	395.6	33.0	
1979	1980	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.4	135.0	124.0	395.4	33.0	
1980	1981	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.8	132.0	127.1	407.9	34.0	
1981	1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.8	129.0	124.0	401.8	33.5	
1982	1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.2	135.0	124.0	420.2	35.0	
1983	1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	142.6	132.0	127.1	401.7	33.5	
1984	1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.8	126.0	120.9	395.7	33.0	
1985	1986	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.4	120.0	114.7	371.1	30.9	
1986	1987	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.8	129.0	117.8	395.6	33.0	
1987	1988	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	136.4	123.0	117.8	377.2	31.4	
1988	1989	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	142.6	120.0	114.7	377.3	31.4	
1989	1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.9	129.0	114.7	395.6	33.0	
1990	1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.8	135.0	124.0	407.8	34.0	
1991	1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.2	138.0	127.1	426.3	35.5	
1992	1993	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	142.6	126.0	120.9	389.5	32.5	
1993	1994	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	151.9	129.0	124.0	404.9	33.7	
1994	1995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	148.8	138.0	127.1	413.9	34.5	
1995	1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	158.1	132.0	124.0	414.1	34.5	
1996	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.5	132.0	124.0	395.5	33.0	
1997	1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	161.2	141.0	133.3	435.5	36.3	
1998	1999	108.0	120.9	139.5	156.0	170.5	168.0	179.8	167.4	140.0	139.5	129.0	124.0	1,742.6	145.2
1999	2000	114.0	117.8	139.5	147.0	161.2	171.0	176.7	170.5	145.6	155.0	141.0	133.3	1,772.6	147.7
2000	2001	108.0	117.8	133.3	159.0	164.3	186.0	173.6	155.0	137.2	151.9	141.0	127.1	1,754.2	146.2
2001	2002	114.0	120.9	130.2	147.0	167.4	177.0	173.6	170.5	140.0	145.7	129.0	124.0	1,739.3	144.9
2002	2003	111.0	108.5	133.3	150.0	158.1	171.0	173.6	164.3	148.4	148.8	138.0	127.1	1,732.1	144.3
2003	2004	114.0	117.8	136.4	150.0	173.6	177.0	173.6	155.0	142.8	155.0	138.0	127.1	1,760.3	146.7
2004	2005	111.0	111.6	127.1	150.0	176.7	171.0	179.8	164.3	140.0	158.1	135.0	130.2	1,754.8	146.2
2005	2006	117.0	120.9	142.6	141.0	158.1	165.0	179.8	155.0	148.4	151.9	132.0	127.1	1,738.8	144.9
2006	2007	111.0	120.9	133.3	150.0	170.5	165.0	167.4	164.3	145.6	145.7	132.0	120.9	1,726.6	143.9
2007	2008	114.0	114.7	136.4	135.0	170.5	168.0	170.5	155.0	145.6	148.8	138.0	127.1	1,723.6	143.6
Promedio		34.0	35.5	41.0	45.0	50.6	52.1	53.0	49.1	43.4	148.0	131.9	123.6	807.2	67.3
1975-1998		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	147.0	130.4	122.2	399.7	33.3	
1998-2008		112.2	117.2	135.2	148.5	167.1	171.9	174.8	162.1	143.4	150.0	135.3	126.8	1,744.5	145.4



Tabla 16. ETc Frutales cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Prom.	
1975	1976	61.2	68.8	76.3	79.2	94.9	95.4	94.9	87.4	82.3	87.4	77.4	68.8	974.0	81.2
1976	1977	63.0	67.0	74.4	79.2	102.3	100.8	102.3	104.2	82.3	81.8	79.2	68.8	1,005.3	83.8
1977	1978	63.0	65.1	76.3	82.8	94.9	93.6	98.6	89.3	82.3	87.4	77.4	74.4	985.0	82.1
1978	1979	64.8	68.8	76.3	84.6	98.6	93.6	94.9	89.3	85.7	83.7	77.4	76.3	993.8	82.8
1979	1980	66.6	67.0	80.0	88.2	93.0	99.0	96.7	100.4	89.0	81.8	81.0	74.4	1,017.2	84.8
1980	1981	68.4	65.1	76.3	81.0	93.0	100.8	104.2	94.9	80.6	89.3	79.2	76.3	1,009.0	84.1
1981	1982	66.6	72.5	74.4	82.8	94.9	99.0	100.4	96.7	89.0	89.3	77.4	74.4	1,017.5	84.8
1982	1983	64.8	70.7	78.1	82.8	93.0	95.4	104.2	102.3	87.4	96.7	81.0	74.4	1,030.7	85.9
1983	1984	64.8	70.7	80.0	84.6	98.6	102.6	104.2	87.4	77.3	85.6	79.2	76.3	1,011.1	84.3
1984	1985	63.0	67.0	74.4	86.4	93.0	93.6	100.4	94.9	80.6	89.3	75.6	72.5	990.7	82.6
1985	1986	63.0	68.8	78.1	82.8	100.4	91.8	94.9	98.6	79.0	81.8	72.0	68.8	980.0	81.7
1986	1987	63.0	65.1	76.3	82.8	96.7	99.0	94.9	91.1	87.4	89.3	77.4	70.7	993.6	82.8
1987	1988	61.2	65.1	80.0	86.4	93.0	93.6	104.2	94.9	87.4	81.8	73.8	70.7	992.0	82.7
1988	1989	63.0	67.0	80.0	84.6	98.6	99.0	96.7	94.9	82.3	85.6	72.0	68.8	992.4	82.7
1989	1990	61.2	65.1	74.4	82.8	98.6	95.4	100.4	93.0	85.7	91.1	77.4	68.8	994.0	82.8
1990	1991	57.6	65.1	78.1	88.2	94.9	93.6	98.6	96.7	87.4	89.3	81.0	74.4	1,004.8	83.7
1991	1992	63.0	67.0	74.4	81.0	94.9	97.2	104.2	96.7	87.4	96.7	82.8	76.3	1,021.4	85.1
1992	1993	63.0	67.0	74.4	86.4	94.9	97.2	100.4	91.1	85.7	85.6	75.6	72.5	993.8	82.8
1993	1994	66.6	70.7	74.4	86.4	94.9	99.0	98.6	96.7	84.0	91.1	77.4	74.4	1,014.2	84.5
1994	1995	66.6	68.8	80.0	90.0	100.4	100.8	102.3	100.4	87.4	89.3	82.8	76.3	1,045.1	87.1
1995	1996	68.4	72.5	83.7	86.4	106.0	102.6	100.4	94.9	85.7	94.9	79.2	74.4	1,049.1	87.4
1996	1997	64.8	68.8	78.1	90.0	102.3	99.0	96.7	96.7	82.3	83.7	79.2	74.4	1,016.1	84.7
1997	1998	68.4	74.4	78.1	86.4	104.2	100.8	111.6	106.0	90.7	96.7	84.6	80.0	1,081.9	90.2
1998	1999	64.8	72.5	83.7	93.6	102.3	100.8	107.9	100.4	84.0	83.7	77.4	74.4	1,045.6	87.1
1999	2000	68.4	70.7	83.7	88.2	96.7	102.6	106.0	102.3	87.4	93.0	84.6	80.0	1,063.6	88.6
2000	2001	64.8	70.7	80.0	95.4	98.6	111.6	104.2	93.0	82.3	91.1	84.6	76.3	1,052.5	87.7
2001	2002	68.4	72.5	78.1	88.2	100.4	106.2	104.2	102.3	84.0	87.4	77.4	74.4	1,043.6	87.0
2002	2003	66.6	65.1	80.0	90.0	94.9	102.6	104.2	98.6	89.0	89.3	82.8	76.3	1,039.3	86.6
2003	2004	68.4	70.7	81.8	90.0	104.2	106.2	104.2	93.0	85.7	93.0	82.8	76.3	1,056.2	88.0
2004	2005	66.6	67.0	76.3	90.0	106.0	102.6	107.9	98.6	84.0	94.9	81.0	78.1	1,052.9	87.7
2005	2006	70.2	72.5	85.6	84.6	94.9	99.0	107.9	93.0	89.0	91.1	79.2	76.3	1,043.3	86.9
2006	2007	66.6	72.5	80.0	90.0	102.3	99.0	100.4	98.6	87.4	87.4	79.2	72.5	1,036.0	86.3
2007	2008	68.4	68.8	81.8	81.0	102.3	100.8	102.3	93.0	87.4	89.3	82.8	76.3	1,034.2	86.2
Promedio		65.1	68.8	78.4	86.0	98.1	99.2	101.6	96.1	85.1	88.8	79.1	74.2	1,020.6	85.0
1975-1998		64.2	68.2	77.2	84.6	97.2	97.5	100.2	95.6	84.7	88.2	78.3	73.3	1,009.2	84.1
1998-2008		67.3	70.3	81.1	89.1	100.3	103.1	104.9	97.3	86.0	90.0	81.2	76.1	1,046.7	87.2



Tabla 17. ETc Otros cultivado en la Comunidad La Granja, periodo 1975-2008.

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Promedio	
1975	1976	0.0	0.0	127.1	132.0	158.1	159.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	576.2	48.0	
1976	1977	0.0	0.0	124.0	132.0	170.5	168.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	594.5	49.5	
1977	1978	0.0	0.0	127.1	138.0	158.1	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	579.2	48.3	
1978	1979	0.0	0.0	127.1	141.0	164.3	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	588.4	49.0	
1979	1980	0.0	0.0	133.3	147.0	155.0	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	600.3	50.0	
1980	1981	0.0	0.0	127.1	135.0	155.0	168.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	585.1	48.8	
1981	1982	0.0	0.0	124.0	138.0	158.1	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	585.1	48.8	
1982	1983	0.0	0.0	130.2	138.0	155.0	159.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	582.2	48.5	
1983	1984	0.0	0.0	133.3	141.0	164.3	171.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	609.6	50.8	
1984	1985	0.0	0.0	124.0	144.0	155.0	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	579.0	48.3	
1985	1986	0.0	0.0	130.2	138.0	167.4	153.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	588.6	49.1	
1986	1987	0.0	0.0	127.1	138.0	161.2	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	591.3	49.3	
1987	1988	0.0	0.0	133.3	144.0	155.0	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	588.3	49.0	
1988	1989	0.0	0.0	133.3	141.0	164.3	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	603.6	50.3	
1989	1990	0.0	0.0	124.0	138.0	164.3	159.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	585.3	48.8	
1990	1991	0.0	0.0	130.2	147.0	158.1	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	591.3	49.3	
1991	1992	0.0	0.0	124.0	135.0	158.1	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	579.1	48.3	
1992	1993	0.0	0.0	124.0	144.0	158.1	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	588.1	49.0	
1993	1994	0.0	0.0	124.0	144.0	158.1	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	591.1	49.3	
1994	1995	0.0	0.0	133.3	150.0	167.4	168.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	618.7	51.6	
1995	1996	0.0	0.0	139.5	144.0	176.7	171.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	631.2	52.6	
1996	1997	0.0	0.0	130.2	150.0	170.5	165.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	615.7	51.3	
1997	1998	0.0	0.0	130.2	144.0	173.6	168.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	615.8	51.3	
1998	1999	102.6	0.0	48.8	101.4	162.0	0.0	62.9	108.8	133.0	0.0	45.2	80.6	845.3	70.4
1999	2000	108.3	0.0	48.8	95.6	153.1	0.0	61.8	110.8	138.3	0.0	49.4	86.6	852.8	71.1
2000	2001	102.6	0.0	46.7	103.4	156.1	0.0	60.8	100.8	130.3	0.0	49.4	82.6	832.5	69.4
2001	2002	108.3	0.0	45.6	95.6	159.0	0.0	60.8	110.8	133.0	0.0	45.2	80.6	838.8	69.9
2002	2003	105.5	0.0	46.7	97.5	150.2	0.0	60.8	106.8	141.0	0.0	48.3	82.6	839.3	69.9
2003	2004	108.3	0.0	47.7	97.5	164.9	0.0	60.8	100.8	135.7	0.0	48.3	82.6	846.5	70.5
2004	2005	105.5	0.0	44.5	97.5	167.9	0.0	62.9	106.8	133.0	0.0	47.3	84.6	849.9	70.8
2005	2006	111.2	0.0	49.9	91.7	150.2	0.0	62.9	100.8	141.0	0.0	46.2	82.6	836.4	69.7
2006	2007	105.5	0.0	46.7	97.5	162.0	0.0	58.6	106.8	138.3	0.0	46.2	78.6	840.1	70.0
2007	2008	108.3	0.0	47.7	87.8	162.0	0.0	59.7	100.8	138.3	0.0	48.3	82.6	835.4	69.6
Promedio		32.3	0.0	104.0	127.5	161.0	113.3	18.5	31.9	41.3	0.0	14.4	25.0	669.2	55.8
1975-1998		0.0	0.0	128.7	141.0	162.0	162.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	594.2	49.5
1998-2008		106.6	0.0	47.3	96.5	158.7	0.0	61.2	105.4	136.2	0.0	47.4	82.4	841.7	70.1



## V. Demanda de agua

Tabla 18. Patrón de cultivo estimado para la comunidad La Granja, año 1975.

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Promedio	Neta	
1975	1976	16,949	20,351	43,299	31,903	63,717	81,657	75,285	12,565	5,849	23,847	33,040	20,778	429,241	35,770	128,772
1976	1977	16,048	18,072	34,312	14,183	86,080	107,961	56,393	45,429	0	1,923	30,022	26,451	436,872	36,406	131,062
1977	1978	18,900	13,413	36,740	39,820	64,983	43,396	41,610	886	3,636	23,172	15,348	32,242	334,146	27,846	100,244
1978	1979	19,440	20,458	41,436	51,794	88,952	62,219	28,107	763	15,179	1,953	24,363	29,101	383,767	31,981	115,130
1979	1980	15,540	12,702	41,389	54,703	36,551	87,923	28,388	61,490	20,313	6,050	30,511	29,584	425,142	35,429	127,543
1980	1981	15,960	10,374	18,790	28,642	48,175	107,494	85,639	6,087	0	12,832	20,140	31,418	385,553	32,129	115,666
1981	1982	15,540	16,926	11,194	17,629	45,790	96,223	79,651	9,189	22,497	19,739	21,814	31,527	387,719	32,310	116,316
1982	1983	13,287	16,325	38,698	40,570	54,757	71,286	84,495	54,274	22,156	46,891	21,231	25,705	489,675	40,806	146,903
1983	1984	13,490	14,720	31,327	28,987	74,878	115,710	60,303	913	0	7,368	33,214	35,594	416,506	34,709	124,952
1984	1985	12,786	15,499	29,509	53,649	61,039	73,076	63,982	27,534	0	13,223	15,684	32,261	398,240	33,187	119,472
1985	1986	11,938	15,912	37,873	32,404	58,567	28,781	26,201	36,879	0	10,746	16,906	26,861	303,067	25,256	90,920
1986	1987	14,637	15,190	23,635	17,781	70,898	70,201	37,984	764	26,660	32,407	31,632	30,007	371,796	30,983	111,539
1987	1988	13,947	11,849	39,949	42,924	36,173	68,892	89,762	9,715	14,991	3,848	17,656	22,038	371,743	30,979	111,523
1988	1989	14,700	15,166	41,945	47,038	70,085	104,156	42,421	30,816	3,550	40,943	18,699	26,571	456,090	38,007	136,827
1989	1990	13,368	13,154	32,715	43,198	88,235	100,155	70,059	1,138	7,961	46,669	27,490	24,624	468,765	39,064	140,629
1990	1991	1,174	15,086	36,889	40,995	54,891	58,754	51,932	35,145	7,213	22,501	34,210	29,898	388,687	32,391	116,606
1991	1992	8,920	15,395	38,462	42,964	73,931	89,388	73,679	18,250	7,908	43,699	30,900	36,613	480,109	40,009	144,033
1992	1993	13,459	13,547	19,068	52,855	43,157	65,246	74,839	5,266	20,772	26,615	17,132	34,315	386,272	32,189	115,882
1993	1994	14,012	15,931	23,884	39,704	43,305	80,335	44,711	37,054	4,423	22,943	19,186	35,753	381,243	31,770	114,373
1994	1995	11,644	15,393	40,446	46,207	73,831	64,381	55,128	26,563	0	20,786	36,062	33,682	424,123	35,344	127,237
1995	1996	15,960	16,386	38,348	51,337	90,943	98,422	46,424	13,551	23,688	39,632	33,247	35,651	503,588	41,966	151,076
1996	1997	12,781	13,585	36,962	45,873	81,476	89,189	44,553	10,689	7,770	9,967	30,357	36,622	419,825	34,985	125,948
1997	1998	13,181	14,381	36,911	29,296	71,352	89,478	91,717	46,600	14,168	45,941	31,994	46,433	531,452	44,288	159,436
1998	1999	41,350	34,962	57,877	88,244	84,606	79,633	115,839	51,896	50,080	13,251	34,692	50,695	703,123	58,594	210,937
1999	2000	52,834	40,575	62,428	45,802	72,103	122,185	97,465	55,401	60,659	31,713	49,226	54,944	745,335	62,111	223,600
2000	2001	40,461	33,196	44,936	90,782	76,676	150,636	61,661	11,668	19,773	28,256	45,538	44,863	648,446	54,037	194,534
2001	2002	50,232	39,647	37,024	70,512	75,684	140,247	92,953	68,436	17,828	24,528	34,110	47,167	698,368	58,197	209,511
2002	2003	46,841	33,796	53,176	65,253	58,973	104,169	101,966	34,818	29,606	24,800	50,798	51,883	656,079	54,673	196,824
2003	2004	59,314	39,223	57,203	70,024	105,705	139,092	73,711	17,762	51,388	40,741	50,766	57,348	762,278	63,523	228,683
2004	2005	55,235	35,482	41,649	82,511	133,743	104,775	131,361	43,732	43,106	50,640	36,742	60,890	819,865	68,322	245,960



**ihh**

Año hidrológico	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	Anual	Promedio	Neta	
2005	2006	61,737	40,824	66,390	61,722	85,150	93,479	108,936	23,616	35,170	29,586	50,683	58,705	715,997	59,666	214,799
2006	2007	58,571	40,824	47,848	81,942	115,390	75,513	67,577	50,804	38,483	32,769	31,297	54,189	695,206	57,934	208,562
2007	2008	60,101	38,696	63,415	46,065	98,951	99,844	156,587	17,690	48,672	32,619	55,680	56,985	775,304	64,609	232,591
Promedio		25,586	22,032	39,568	48,403	72,386	89,815	71,555	26,284	18,894	25,230	31,223	37,921	508,898	42,408	152,669
1975-1998		13,811	15,209	33,643	38,889	64,425	80,623	58,838	21,372	9,945	22,769	25,689	31,032	416,244	34,687	124,873
1998-2008		52,668	37,722	53,195	70,286	90,698	110,957	100,806	37,582	39,476	30,890	43,953	53,767	722,000	60,167	216,600