



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**Determinación de las fechas de siembra al temporal para los cultivos de fréjol, maíz y papa
en San Gabriel - Carchi**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

AUTORA: Chulde Martínez Paola Fernanda

TUTOR: M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

Quito, 2019

DERECHOS DE AUTOR

Yo, PAOLA FERNANDA CHULDE MARTÍNEZ en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE LAS FECHAS DE SIEMBRA AL TEMPORAL PARA LOS CULTIVOS DE FRÉJOL, MAÍZ Y PAPA EN SAN GABRIEL – CARCHI**, modalidad presencial, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedo a favor de la Universidad Central del Ecuador y del tutor, una licencia gratuita, intransferible y exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizó a la Universidad Central del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Paola Fernanda Chulde Martínez

C.C.: 0402096689

pfchulde@uce.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación presentado por **Paola Fernanda Chulde Martínez**, para optar el Grado de Ingeniera Agrónoma; cuyo título es: **DETERMINACIÓN DE LAS FECHAS DE SIEMBRA AL TEMPORAL PARA LOS CULTIVOS DE FRÉJOL, MAÍZ Y PAPA EN SAN GABRIEL - CARCHI**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, 17 de Julio de 2019.

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

DOCENTE-TUTOR

C.C: 1102697396

Determinación de las fechas de siembra al temporal para los cultivos de fréjol, maíz y papa en san Gabriel – Carchi.

APROBADO POR

Ing. Agr. Randon Ortiz, M.Sc.

TUTOR

Ing. Agr. Manuel Pumisacho, M.Sc.

LECTOR

Ing. Agr. Carlos Nieto, Ph.D.

LECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación le dedico a Dios por ser mi fortaleza y el centro espiritual de mi vida. A mis padres Fabián Chulde y Mariana Martínez por ser el motivo de mi vida, mi inspiración diaria y a quienes debo toda la razón de mi existencia y todos mis éxitos. A mis hermanos: Byron, Lorena, Cinthya y Yajaira por ser un pilar fundamental en mí vida por haber depositado confianza y amor en mi persona para alcanzar uno de mis mayores objetivos.

A mi sobrino Joel quien le dio a mi vida un motivo más para sonreír y salir en adelante ¡Gracias a ustedes!

PAOLA

AGRADECIMIENTOS

Expresó mi más sincera gratitud a la Universidad Central del Ecuador especialmente a la Facultad de Ciencias Agrícolas y a sus profesores por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de mi formación profesional especialmente a uno de mis mentores y director de mi tesis el Ing. Randon Ortiz M.Sc. por su apoyo, predisposición y por haberme brindado sus conocimientos, en cada fase del proyecto.

De manera grata a mis lectores de tesis el Ing. Carlos Nieto, Ph.D. y el Ing. Manuel Pumisacho, M.Sc., por haberme impartidos sus conocimientos, sugerencias de manera continua durante mi formación académica y en este presente proyecto de investigación.

A la empresa Tonello Soluciones Integrales y al Ing. Sergio Pilataxi por haberme dado la oportunidad de desempeñar mis primeros pasos en el ámbito laboral y haber compartido sus experiencias, consejos y amistad.

A toda mi familia por su incondicional apoyo, para alcanzar este objetivo de ser una profesional, especialmente a mis padres mentores de mi vida Fabián y Mariana quienes siempre estuvieron apoyándome económicamente y moralmente en cada paso que di.

Y a mis amigos quienes los llevo siempre en mi corazón Amada, Estefanía, Maritza, Lorena, Jessica, Eulalia, Natalia, Andrés, Luis, Jonathan y todos quienes fueron parte en esta, etapa de mi vida.

PAOLA

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULOS	PÁGINAS
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Agricultura de temporal	3
2.2 Cultivos	4
2.2.1 Cultivo de fréjol	4
2.2.2 Cultivo de maíz	6
2.2.3 Cultivo de papa	8
2.3 Variación del clima	9
2.4 Balance Hídrico	10
2.4.1 Evaporación	11
2.4.2 Evapotranspiración de referencia	11
2.4.3 Precipitación	11
2.4.6 Coeficiente del Cultivo	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Características del sitio experimental	13
3.1.2 Condiciones agroclimáticas de San Gabriel.	14
3.2 Materiales	14
3.3 Métodos	15
3.3.1 Recolección de Información climatológica	15
3.3.2 Análisis de las variables climatológicas	15
3.3.3 Método estadístico de tendencias	16
3.3.4 Fechas de siembra	19

CAPÍTULOS	PÁG.
3.3.5 Fecha de siembra de los agricultores -----	19
3.3.4 Escenarios de estudio -----	20
3.3.6 Precipitación Probable-----	21
3.3.7 Precipitación efectiva -----	22
3.3.8 Evapotranspiración de referencia -----	23
3.3.9 Coeficiente del cultivo-----	23
3.3.10 Evapotranspiración real -----	24
3.3.11 Balance hídrico-----	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	26
4.1 Análisis de Variación del Clima-----	26
4.1.1 Temperatura Mínima -----	26
4.1.2 Temperatura Máxima-----	29
4.1.3 Humedad Relativa-----	31
4.1.5 Relación de las variables de Tmax, HR y Evaporación-----	35
4.1.6 Precipitación -----	36
4.1 Información de las encuestas -----	39
4.2.1 Información Geográfica Muestreal -----	39
4.2.2 Características socio demográficas -----	39
4.2.3 Percepción del cambio climático por los agricultores de la zona -----	40
4.2.4 Atribución del agricultor al cambio climático -----	43
4.2.5 Afectación del cambio climático a la parte agrícola -----	44
4.2.6 Criterios para las fechas de siembra -----	44
4.2.8 Agricultores que modificaron las frecuencias de fechas de siembra-----	45
4.2.10 Frecuencias de fechas de siembra del cultivo de maíz por parte del agricultor. -----	46

4.2.12 Frecuencias de fechas de siembra del cultivo de papa por parte del agricultor. -----	47
4.3 Fechas de siembra al temporal según el Balance Hídrico -----	48
4.3.1 Cultivo de fréjol -----	48
4.3.2 Cultivo de maíz-----	53
4.3.3 Cultivo de papa -----	57
V. CONCLUSIONES -----	62
VI. RECOMENDACIONES-----	63
VII.RESUMEN -----	64
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	66
IX ANEXOS -----	74

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁG.
1. Etapas fenológicas del cultivo de Fréjol en (días). -----	5
2. Etapas fenológicas del cultivo de maíz en (días). -----	7
3. Etapas fenológicas del cultivo de papa en (días). -----	9
4. Intervalos típicos del valor del k_c para las cuatro etapas del crecimiento. -----	12
5. Ubicación de la zona de estudio. San Gabriel – Carchi.-----	13
6. Temperatura mínima mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. -----	26
7. Temperatura mínima mensual. Serie de datos 1988 - 2017.-----	27
8. Temperatura máxima mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017.-----	29
9. Temperatura máxima mensual. Serie de datos 1988 - 2017. -----	30
10. Humedad relativa mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. -----	31
11. Humedad Relativa mensual. Serie de datos 1988 - 2017.-----	32
12. Evaporación del tanque mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. -----	33
13. Evaporación mensual. Serie de datos 1988 - 2017. -----	34
14. Relación existente entre las variables (Tmax, Eo y HR). -----	36
15. Precipitación mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017.-----	36
16. Precipitación promedio mensual. Serie de datos 1988-2017.-----	37
17. Información Geográfica Muestreal de la zona. -----	39
18. Información socio-económica y edad de los agricultores de la zona. -----	40
19. Nivel de escolaridad de los agricultores que cultivan al temporal. -----	40
20. Porcentaje de agricultores que creen que existe el cambio climático.-----	41
21. Porcentaje de agricultores que han notado la presencia del cambio climático. -----	42
22. Percepción del incremento de temperatura por parte del agricultor. -----	42
23. Percepción del incremento de precipitación por parte del agricultor. -----	43
24. Porcentaje de atribución al cambio climático por parte del agricultor. -----	43
25. Personas que creen que el cambio climático afecta a las etapas del cultivo. -----	44
26. Porcentaje de personas que toman varios criterios antes de la siembra -----	45
27. Cambio de fechas de siembra por los agricultores. -----	45
28. Fechas de siembra de mayor frecuencia del cultivo de fréjol -----	46

FIGURAS	PÁG.
29. Fechas de siembra de mayor frecuencia del cultivo de maíz -----	47
30. Fechas de siembra de mayor frecuencia del cultivo de papa -----	47
31. Pe y ETr para el cultivo de fréjol. Fecha de siembra del agricultor (14-septiembre).-	50
32. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (07 de febrero).-----	50
33. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (07 de octubre). -----	51
34. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (01 de octubre). -----	52
35. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (28 de septiembre). -----	53
36. Representación de la Pe y ETr, fecha de siembra del agricultor. (14 de septiembre). 55	
37. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (21 de enero). -----	56
38. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra 14 de enero. -----	56
39. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (28 de diciembre). -----	57
40. Representación de la Pe y ETr, fecha de siembra del agricultor (14 de junio). -----	59
41. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (01 de septiembre).-----	59
42. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (07 de septiembre).-----	60
43. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (14 de septiembre).-----	61
44. Cultivos de la parroquia de Cristóbal Colón. -----	75
45. Cultivos de maíz.-----	75
46. Agricultor encuestado en la Parroquia Cristóbal Colón. -----	75

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	PÁG.
1. Superficie de agricultura al temporal. -----	3
2. Rendimientos referenciales del cultivo de fréjol.-----	5
3. Rendimientos referenciales del cultivo de maíz. -----	7
4. Rendimientos referenciales del cultivo de papa. -----	9
5. Número de encuestados. -----	20
6. Descripción de los escenarios. -----	21
7. Duración y fases del ciclo vegetativo -----	23
8. Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo. -----	24
9. Estadística descriptiva de Temperatura mínima. -----	28
10. Análisis de tendencia para temperatura mínima 1998-2017. -----	28
11. Estadística descriptiva de Temperatura máxima.-----	30
12. Análisis de tendencia para temperatura máxima.-----	31
13. Estadística descriptiva de la humedad relativa. -----	32
14. Análisis de tendencia para humedad relativa.-----	33
15. Estadística descriptiva de evaporación del tanque.-----	35
16. Análisis de tendencia para evaporación.-----	35
17. Estadística descriptiva de precipitación (mm día ⁻¹). -----	38
18. Análisis de tendencia para precipitación.-----	38
19. Balance Hídrico del cultivo de fréjol, para las diferentes fechas de siembra-----	49
20. Balance Hídrico del cultivo de maíz, para diferentes fechas de siembra -----	54
21. Fechas de siembra con mejor disponibilidad hídrica.-----	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIONES	PÁG.
1. Media ($\bar{x}$).....	15
2. Desviación estándar (S).....	15
3. Coeficiente de variación (CV).....	16
4. Test estadístico Mann Kendall	17
5. Resta de promedios mensuales.....	17
6. Muestra poblacional (M)	19
7. Factor De Posición	22
8. Precipitación probable al 75%.....	22
9. Precipitación efectiva (Pe) <250mm	23
10. Precipitación efectiva (Pe) >250mm	23
11. Evapotranspiración de referencia	23
12. Evapotranspiración real	24
13. Balance hídrico	24

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁG.
1. Descripción de los escenarios.....	75
2. Encuesta.....	78
3. Descripción física de la zona de estudio.....	81
4. Fotografías de la zona de estudio.	82

ABREVIATURAS

CV	Coeficiente de variación
DE	Desviación estándar
ENOS	El Niño- Oscilación del Sur
ESPAC	Encuesta de superficie agropecuaria continua
ET ₀	Evapotranspiración de referencia (mm día ⁻¹)
ET _r	Evapotranspiración real (mm día ⁻¹)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GEI	Gases de efecto invernadero
Ha ⁻¹	Hectárea
HR.	Humedad relativa (%)
IDEAM	Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INAMHI	Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología
IPCC	Grupo intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático
K _c	Coeficiente de cultivo
MK	Mann Kendall
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
N	Población
NASA	Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio
NHD	Necesidad hídricas diarias
OMM	Organización Meteorológica Mundial

ABREVIATURAS

ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
P	Precipitación(mm día ⁻¹)
P75%	Precipitación probable 75% (mm día ⁻¹)
Pe	Precipitación efectiva(mm día ⁻¹)
RTD	Rango térmico diurno
SENAMH	
I	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SCS	Servicio de Conservación de Suelos del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos
T	Tonelada
Tmax	Temperatura máxima (°C)
Tmin	Temperatura mínima (°C)
UPA	Unidad Productiva Agropecuaria
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
ZCIT	zonas de convergencia intertropical y perturbaciones de la amazonia
ZMK	Nivel de confianza

TEMA: Determinación de las fechas de siembra al temporal para los cultivos de fréjol, maíz y papa en San Gabriel – Carchi.

Autor: Paola Fernanda Chulde Martínez

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

RESUMEN

Una de las medidas de adaptación al “CAMBIO CLIMÁTICO” es el estudio y análisis de las fechas de siembra para aprovechar al máximo las precipitaciones. El objetivo de la investigación fue determinar las fechas de siembra al temporal para los cultivos de fréjol, maíz y papa en San Gabriel-Carchi, a través del balance hídrico. Se analizó la variación climatológica para la estación “San Gabriel”, así como se realizó encuestas a los agricultores para la determinación de la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor, se realizó cálculos de ETr y P75%. Los resultados obtenidos fueron: se determinó tendencias positivas para Tmax, Tmin, HR y Eo; la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor para los cultivos de fréjol y maíz fue septiembre y para el cultivo de papa en junio; las fechas de siembra óptimas en base al balance hídrico fueron: fréjol en octubre, maíz en enero y papa en diciembre. Las conclusiones fueron: existe variación del clima en algunos meses de las variables Tmax, Tmin, HR y evaporación; existen mejores fechas de siembra con mayor disponibilidad hídrica que las fechas de siembra de mayor frecuencia del agricultor.

PALABRAS CLAVES: AGRICULTURA DE RULO / BALANCE HÍDRICO / EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL / FECHAS DE SIEMBRA / PRECIPITACIÓN PROBABLE.

TITLE: Determination of rainfed agriculture planting dates for beans, maize and potato in San Gabriel - Carchi.

Autor: Paola Fernanda Chulde Martínez

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

ABSTRACT

One of the adaptation measures to the "CLIMATE CHANGE" is the study and analysis of planting dates for rainfed agriculture. The objective of the research was to determine the optimal planting dates for bean, corn and potato crops in San Gabriel-Carchi, through the water balance. The climatological variation for the station "San Gabriel" was analyzed as well as surveys were carried out to the farmers to determine the frequency of planting dates, calculations of ETr and P75% were done. The results obtained were: existed positive trends for Tmax, Tmin, HR and Eo; the most frequent planting date of the farmer for bean and maize crops was September and for potato June; the optimal planting dates based on the water balance were: beans in October, maize in January and potatoes in December. The conclusions were: there was variation in some months for the variables Tmax, Tmin, RH and evaporation; there were better planting dates with greater water availability than the planting dates used by the farmers.

KEYWORDS: RAINFED AGRICULTURE / WATER BALANCE / REAL EVAPOTRANSPIRATION / PLANTING DATES / PROBABLE PRECIPITATION.

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor de trabajo de graduación cuyo título es: “**DETERMINACIÓN DE LAS FECHAS DE SIEMBRA AL TEMPORAL PARA LOS CULTIVOS DE FRÉJOL, MAÍZ Y PAPA EN SAN GABRIEL – CARCHI.**” presentado por la Srta. CHULDE MARTÍNEZ PAOLA FERNANDA, previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, certifico haber revisado y corregido el ABSTRACT para el trabajo de grado.

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

DOCENTE - TUTOR

C.C. 1102697396

I. INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los países de América del Sur, en el cual, el 85 % al total del PIB Agropecuario se genera por la agricultura de temporal; este sistema de producción depende del comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción y de la capacidad del suelo para almacenar el agua y conservar la humedad (Monteros & Sumba, 2014).

La agricultura de temporal a nivel mundial representa el 67% de la superficie sembrada, en tanto que, el 33% de la superficie se cultiva bajo riego (FAO, 2002). En Ecuador, las UPAS dedicadas a la agricultura de temporal representan el 68.44 % de la superficie agrícola y el 31.56 % de la superficie se cultiva bajo riego (INEC, 2016).

Actualmente, el planeta pasa por una serie de transformaciones debido al cambio climático, originado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por actividades antrópicas, en particular, la procedente del consumo de petróleo y carbón (Rodríguez & Becerra, 2009).

La variación del clima se ha observado en la temperatura y en la distribución de la precipitación en los últimos años, afectando directamente al sector agrícola en: desarrollo vegetativo, rendimiento y modificación de las fechas de siembra, debido a la incertidumbre del inicio y fin de la época lluviosa, fechas que definen la siembras de los cultivos (Jerónimo, 2009).

En el Ecuador, las fechas de siembra se realizan a mediados de la época seca, entre los meses de junio a noviembre, coincidiendo la fase del desarrollo vegetativo con la época lluviosa, entre los meses de diciembre hasta mayo (INOCAR, 2012).

El sector agropecuario de Carchi contribuye con el 2.3 % en el PIB agropecuario del país; a nivel provincial esta actividad representa el 41 % y da ocupación al 58 % de la población económicamente activa (PEA) de la provincia de Carchi (INEC, 2012). La agricultura es la base económica de San Gabriel, esto se debe a la riqueza de suelos que contienen alto contenido de Materia Orgánica, sin embargo, las condiciones climáticas han cambiado alterando las épocas de siembra, muchos de los agricultores que producen en esta zona no cuentan con un sistema de riego y su producción depende de las precipitaciones coincidiendo con las primeras lluvias que ocurren entre los meses de septiembre, octubre, noviembre, febrero y abril (Monteros & Sumba, 2014).

El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Carchi, Cantón Montufar, San Gabriel - Parroquia Cristóbal Colon, debido a que no existe ningún estudio sobre esta temática, motivo por el

cual, se desarrolló el presente estudio para determinar las fechas de siembra con mejor disponibilidad hídrica mediante el balance hídrico para aprovechar eficientemente las precipitaciones durante el desarrollo vegetativo de los cultivos, con el objeto de asegurar la producción de los cultivos y garantizar la seguridad alimentaria.

Se escogió los cultivos más representativos de la zona para el estudio, los cuales juegan un papel muy importante en el manejo sostenible de la agricultura y la alimentación, como lo son: fréjol, maíz y papa.

Objetivo General.

Determinar las fechas de siembra al temporal mediante el balance hídrico para los cultivos de fréjol, maíz y papa en San Gabriel- Carchi.

Objetivos Específicos

- Conocer la variación climatológica en la estación San Gabriel.
- Determinar la fecha de siembra de mayor frecuencia utilizada por los agricultores en cultivos de ciclo corto de fréjol, maíz y papa.
- Determinar las fechas de siembra al temporal con mejor disponibilidad hídrica para los cultivos de fréjol, maíz y papa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Agricultura de temporal

A nivel mundial, la agricultura de temporal se la conoce como agricultura de secano y agricultura de rulo; la agricultura de temporal es un sistema de producción que depende directamente de las lluvias durante el desarrollo del cultivo, influenciado por la capacidad del suelo para almacenar y conservar la humedad proveniente de las lluvias (Jerónimo, 2009).

Las tres cuartas partes de la superficie cultivada es destinada a la agricultura de temporal (Tabla 1), en donde, los agricultores todos los años utilizan las mismas fechas de siembra debido a que la precipitación es suficiente para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos (Escobar, 2014).

Tabla 1. Superficie de agricultura al temporal.

Sector	Superficie (ha)
Mundial	100 - 150 x 10 ⁶
Ecuador	3.136 x 10 ⁶
Carchi	0.13 x 10 ⁶
San Gabriel	487.0

FUENTE: (FAO, 2002).

A nivel Mundial, el 67 % de la superficie agrícola se siembra bajo el temporal (FAO, 2002); en Ecuador, el 68.44 % de la superficie agrícola se cultiva al temporal (INEC, 2016); en la provincia del Carchi, el 80.55 % de la superficie agrícola es dedicada a la agricultura de temporal y en San Gabriel, el 81.0 % de la superficie agrícola se desarrolla bajo condiciones de temporal (GAD MONTUFAR, 2019).

En el Ecuador, las fechas de siembra varían de junio a noviembre, de tal manera que, la fase de desarrollo vegetativo del cultivo coincide con la época lluviosa, la cual se produce entre los meses de diciembre y mayo (Moya, 2006).

En la provincia del Carchi, las fechas de siembra de los diferentes cultivos se producen entre los meses de junio y diciembre (Francisco & Muñoz, 1984).

A nivel mundial el cambio climático tiene un impacto directo sobre el rendimiento en la producción en la agricultura; debido a la disponibilidad del agua causando estrés hídrico en los diferentes cultivos, el porcentaje de rendimiento en la producción a condiciones de agricultura al temporal es de 37.5 % mientras que el rendimiento de la producción en agricultura con riego tecnificado es de 56.5 % y el 6 % es afectado por diversos factores como enfermedades etc. (FAO, 2002). La agricultura de temporal

en Ecuador se ve influenciada por el suministro de agua dicho rendimiento en producción es de 35.5 % mientras que la agricultura con riego tecnificado es de 55.5 % (FAO, 2012).

2.2 Cultivos

2.2.1 Cultivo de fréjol

El fréjol (*Phaseolus vulgaris*) pertenece a la familia de las Fabáceas (INTA, 2009). La variedad de fréjol influye en el contenido de proteínas, el cual varía entre el 14 % y el 33 %, siendo rico en aminoácidos como la lisina y la fenilalanina más tirosina, con bajos porcentajes de aminoácidos azufrados de metionina y cisteína (Ulloa *et al.*, 2011).

El cultivo de fréjol debido a su importancia nutritiva y comercialización, ocupa el octavo lugar en el mundo entre las leguminosas cultivadas (Hernández, *et al.*, 2013). En cuanto al ámbito económico, el cultivo de fréjol genera mayores ingresos para millones de pequeños agricultores de las diferentes partes del mundo (Velásquez & Giraldo, 2005).

En Ecuador, las leguminosas constituyen un 27 % de la dieta alimenticia y juega un papel muy importante en el manejo sostenible de la agricultura y la alimentación, formando parte de los diferentes sistemas de producción, ya que pueden ser cultivadas en asociación, intercaladas, en monocultivos o en rotación con otros cultivos (CORPEI, 2009).

Para la provincia del Carchi, el fréjol es de suma importancia para los habitantes de San Gabriel ya que es uno de los productos de la canasta básica familiar y aporta un alto valor nutritivo como: proteína entre el 18 y el 25 %, fibra un 18 %, grasa un 1.7 %, carbohidratos un 61.4 %, vitaminas y minerales (Torres *et al.*, 2013).

Superficie cultivada.- A nivel mundial la superficie cultivada al temporal es de aproximadamente 1.632×10^6 de ha (FIRA, 2016), mientras que en el Ecuador existen 121 000.0 ha cultivadas de fréjol, de las cuales el 84 % es destinado para grano seco y el 16 % para consumo de grano tierno; las provincias más productoras del cultivo de fréjol son: Imbabura con el 17 %, Azuay con el 15 %, Loja con el 14 %, Chimborazo con el 11 %, Guayas con el 7.70 % , los Ríos con el 2.60 %, 2 % en el Oriente y en el Carchi el 9.50 % (Morales, 2015).

Requerimientos climáticos y edáficos.- La cantidad óptima de precipitación para el cultivo de fréjol varía entre 350 y 400 mm, distribuidas en todo su ciclo vegetativo, temperaturas de 15 a 20 °C, de 8 a 12 horas de luz, vientos con velocidades menores a 16 km h⁻¹, altitud ideal para el desarrollo y producción entre los 1600 y 2400 msnm, y suelos franco-arcillosos y franco-arenosos (Ruiz, 1999).

Desarrollo vegetativo y etapas fenológicas. - El crecimiento es rápido, dependiendo de las condiciones de cultivo y de las variedades, el ciclo vegetativo puede variar entre 90 y 120 días. La fase Inicial comprende las etapas de germinación y emergencia las cuales varían 12 días; la fase de desarrollo comprende la etapa de desarrollo vegetativo la cual varía de 13 a 38 días; la fase media comprende las etapas de floración la cual varía de 39 a 60 días y la formación de vaina varía 61 a 75 días y la fase final comprende la cosecha la cual varía de 100 a 120 días (INIAP, 1975) (Narváez, 2014).

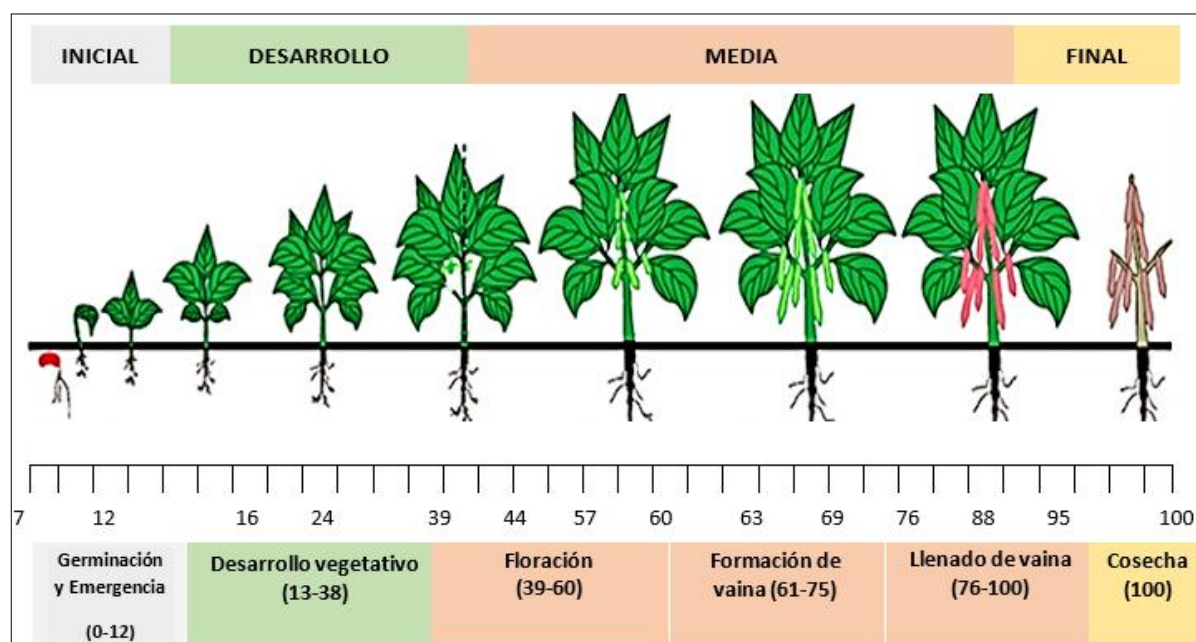


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de Fréjol en (días). **Fuente:** (Ruiz, 1999).

Rendimiento.- En el mundo se producen 23 millones de toneladas de fréjol arbustivo y voluble en 1 millón 632 mil ha (Jazmín & Chitalogro, 2016). En Ecuador (Tabla 2), el rendimiento promedio de grano seco es de 1.25 t ha⁻¹ y de grano tierno de 5.05 t ha⁻¹. En la provincia del Carchi, el rendimiento promedio de grano seco es de 0.20 t ha⁻¹ y en grano verde 0.62 t ha⁻¹ (MAG, 1991). En cuanto al rendimiento de fréjol arbustivo, el promedio es de 1.10 t ha⁻¹ y fréjol voluble de 0.3 t ha⁻¹ en grano seco (Narváez, 2014).

Tabla 2. Rendimientos referenciales del cultivo de fréjol.

Cultivo de fréjol	Rendimiento t ha ⁻¹		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Grano seco	0.3	2.2	1.3
En vaina	0.5	9.6	5.0

Fuente: (ESPAC, 2012).

Fecha de siembra y cosecha.- En Ecuador, las fechas de siembra de las variedades volubles en asociación con maíz se siembran entre los meses de septiembre y enero, las cosechas se registran durante los meses de diciembre hasta abril (Morales, 2015).

En la provincia del Carchi, las fechas de siembra se registran entre octubre y marzo, siendo la cosecha entre los meses de enero y junio (Morales, 2015).

2.2.2 Cultivo de maíz

El cultivo de maíz (*Zea Mays L.*) pertenece a la familia de las gramíneas, su valor nutricional está compuesto de carbohidratos, almidón y una baja concentración de proteínas (González *et al.*, 2016).

El maíz pertenece al grupo de los grandes cereales de mayor importancia, ocupa el segundo lugar en el mundo para consumo humano, animal e industrial (Mansilla, 2018).

Los agricultores del Carchi se dedican a cultivar el maíz por su composición nutricional, se cultiva en asociación, intercalados, en monocultivos o en rotación con otros cultivos y además juega un papel muy importante en el manejo sostenible de la agricultura (Panizo, 2008).

Requerimientos climáticos y edáficos.- La cantidad óptima de precipitación para el cultivo de maíz varía entre 500 y 800 mm, temperaturas comprendidas entre 18 °C y 21 °C, al menos 10 horas de luz, vientos con velocidades menores a 13 km h⁻¹, altitud promedio de 1600 msnm y suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (INIAP, 1975).

Desarrollo vegetativo y etapas fenológicas. - El crecimiento del cultivo de maíz varía entre 100 y 180 días La fase Inicial comprende las etapas de germinación y emergencia las cuales varía de 7 días; la fase de desarrollo comprende la etapa de desarrollo vegetativo la cual varía de 7 a 55 días; la fase media comprende las etapas de floración la cual varía de 55 a 90 días y maduración las cuales varía de 90 a 180 días y la fase final comprende la cosecha la cual varía de 180 a 210 días (INIAP, 1975).

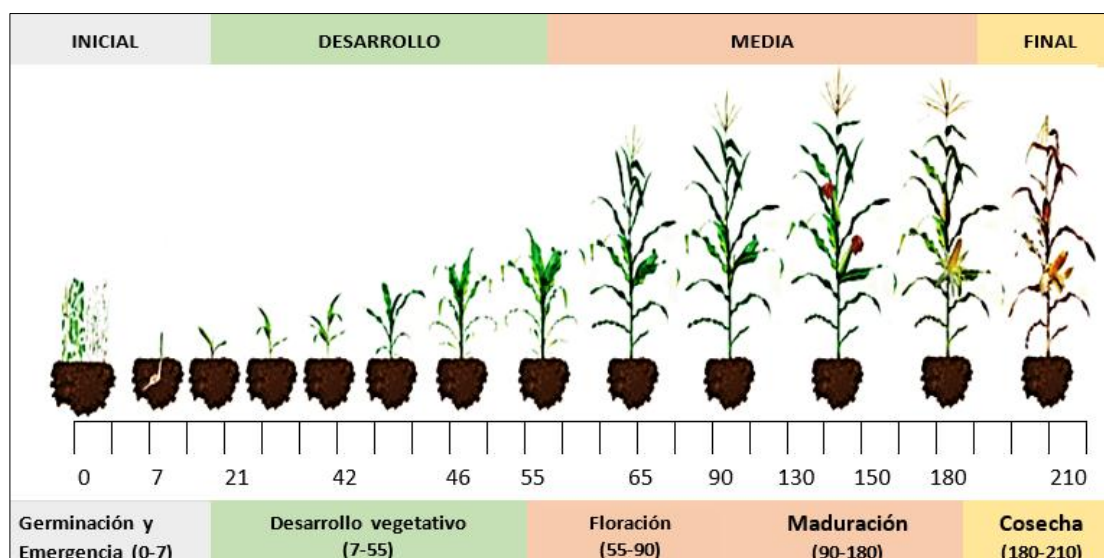


Figura 2. Etapas fenológicas del cultivo de maíz en (días). **Fuente:** (Ruiz, 1999).

Superficie cultivada. - La superficie cultivada de maíz al temporal a nivel mundial es de 180×10^6 de ha (FIRA, 2016). En el Ecuador existen 200 000.0 ha cultivadas; en la provincia del Carchi, la superficie cultivada al temporal es de 7 566.0 ha (ESPAC, 2016).

Rendimiento.- El nivel de producción mundial durante los años 2016 - 2017 fue el más alto de la historia, registrándose 1 025.6 millones de $t \text{ ha}^{-1}$, siendo el rendimiento promedio del cultivo de 5.57 $t \text{ ha}^{-1}$ (FIRA, 2016).

En Ecuador, el rendimiento promedio de maíz duro seco fue de 4.90 $t \text{ ha}^{-1}$, maíz suave choclo de 6.55 $t \text{ ha}^{-1}$ y maíz suave seco de 3.35 $t \text{ ha}^{-1}$. En la provincia del Carchi, el rendimiento promedio fue de 6.55 $t \text{ ha}^{-1}$ (ESPAC, 2011).

Tabla 3. Rendimientos referenciales del cultivo de maíz.

CULTIVO	Rendimientos en quintales $t \text{ ha}^{-1}$		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Maíz Duro Seco (Grano Seco)	0.8	9.0	4.9
Maíz Suave Choclo (Choclo)	0.8	12.3	6.6
Maíz Suave Seco (Grano Seco)	0.3	6.4	3.4

Fuente: (ESPAC, 2012).

Fecha de siembra y cosecha.- En Ecuador, el cultivo de maíz al temporal se siembra desde abril hasta junio, siendo las fechas de cosecha entre septiembre y diciembre (Flores, 2005).

En la provincia del Carchi, la siembra se realiza desde julio hasta noviembre, siendo las fechas de cosecha entre diciembre y abril (GAD MONTUFAR, 2019).

2.2.3 Cultivo de papa

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) pertenece a la familia de las solanáceas; el contenido nutricional de proteínas y agua puede variar entre el 63 % y el 87 %, de proteínas 0.70 % - 4.60 %; de grasas entre 0.02 % y 0.96 %, de hidratos de carbono entre el 13 % y el 30 %, contenido de fibra entre el 0.17 % y el 3.48 % (Pumisacho & Sherwood, 2002).

En Ecuador, la provincia del Carchi es una de las mayores productoras del cultivo de papa debido a la altitud en la que se encuentra, cumpliendo un papel muy importante en el manejo sostenible de la agricultura y la alimentación (Villafuerte, 2017).

Requerimientos climáticos y edáficos.- La cantidad requerida de precipitación para el cultivo de papa varía entre 600 y 1000 mm, temperaturas comprendidas entre 15 °C y 20 °C, de 8 a 12 horas de luz diarias, vientos con velocidades menores a 20 km h⁻¹, altitud ideal para el desarrollo y producción del cultivo de la papa se encuentra entre los 1 500 y 2 500 msnm y suelos francos, franco arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos (Román & Hurtado, 2002).

Desarrollo vegetativo y etapas fenológicas. - El ciclo vegetativo del cultivo de papa varía entre 120 - 150 días. El crecimiento del cultivo de maíz varía entre 100 y 180 días La fase Inicial comprende las etapas de germinación y emergencia las cuales varía de 72 días; la fase de desarrollo comprende la etapa de desarrollo vegetativo la cual varía de 73 a 103 días; la fase media comprende las etapas de floración la cual varía de 104 a 118 días y maduración las cuales varía de 119 a 134 días y la fase final comprende la cosecha la cual varía de 135 a 150 días (Román & Hurtado, 2002).

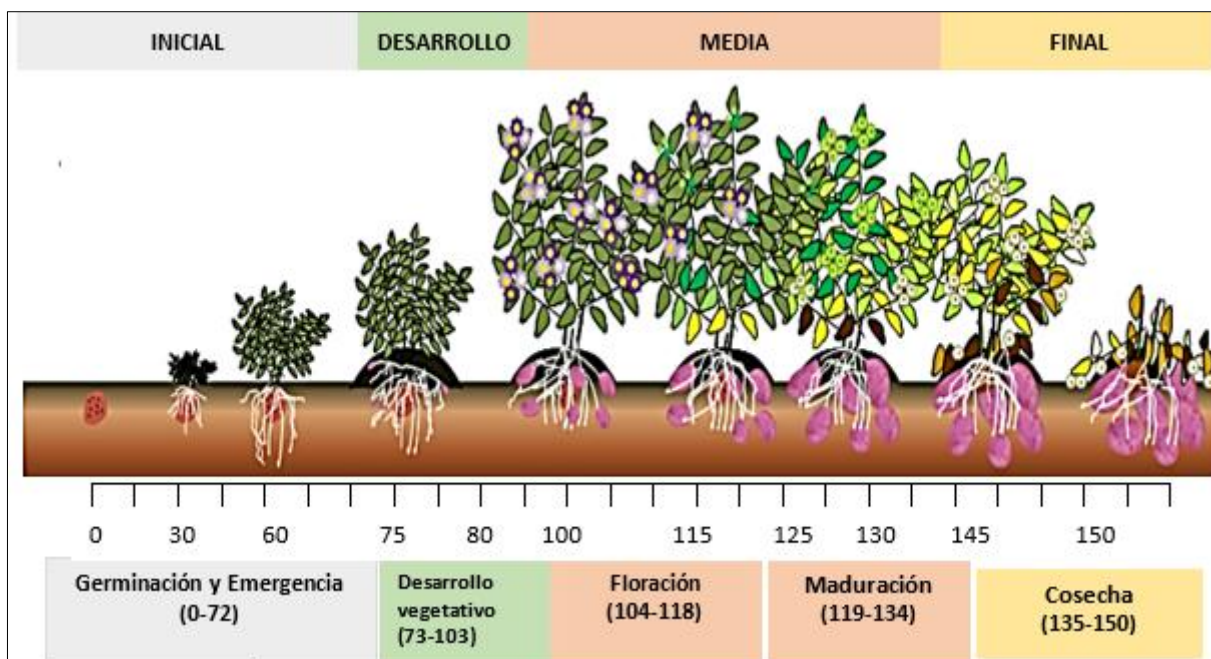


Figura 3. Etapas fenológicas del cultivo de papa en (días). **Fuente:** (Flores, 2014).

Superficie cultivada.- La superficie cultivada de papa al temporal a nivel mundial es de 150×10^6 ha (FAO, 2002); en Ecuador existen 200 000.0 ha cultivadas (ESPAC, 2016). En la provincia del Carchi, la superficie cultivada es de 79 979.0 ha (GAD MONTUFAR, 2019).

Rendimiento. - En Ecuador, el rendimiento promedio es de 6.8 t ha^{-1} (Tabla 4); en la provincia del Carchi, el rendimiento promedio varía de 37.5 a 45.0 t ha^{-1} .

Tabla 4. Rendimientos referenciales del cultivo de papa.

CULTIVO	Rendimientos en quintales t ha^{-1}		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Papa (Tubérculo)	3.1	45.0	24.0

Fecha de siembra y cosecha.- La siembra se realiza entre los meses de noviembre y enero (Guerrero, 2016); en la provincia del Carchi se presentan dos épocas de fechas adecuadas para las siembras: la primera fecha ocurre entre los meses de mayo y junio y la segunda fecha de siembra entre los meses de noviembre a diciembre (Muñoz & Cruz, 1984).

2.3 Variación del clima

Desde 1 750, en el planeta se vienen experimentando una serie de trasformaciones climatológicas con un calentamiento del aire y durante el presente siglo, este calentamiento continuará incrementándose

como consecuencia de las emisiones de gases producidas por las actividades del ser humano, en particular, la procedente por el consumo del petróleo y del carbón (Rodríguez & Becerra, 2009).

Los gases de efecto invernadero que han provocado un incremento del cambio climático son: Bióxido de nitrógeno NO₂, Bióxido de carbono CO₂, Metano CH₄, Ozono O₃ y Vapor de agua H₂O (Rodríguez, 2009).

Ecuador genera un 0.15 % de las emisiones de los gases de efecto invernadero (Bastidas, 2016). En la región Sierra, el deshielo de los glaciares ha alcanzado un 40% en el Antisana, Cotopaxi, Chimborazo y Carihuairazo, debido al incremento de la temperatura media (Jiménez *et al.*, 2012).

Evapotranspiración.- Los índices de evapotranspiración se han incrementado a nivel mundial debido al incremento de las temperaturas del aire, produciendo que el aire aumente su capacidad para almacenar agua (Remrová & Císlerová, 2010).

Humedad relativa y Precipitación. - El cambio constante de la temperatura generalmente viene acompañado por cambios en la humedad atmosférica. El vapor total de agua en el aire sobre los océanos se incrementó en un 1.20 % por década, variación que podría estar afectado a la intensidad y distribución de la precipitación a nivel mundial (Boulevard Adolfo, 2009).

Temperatura.- A nivel mundial, el incremento de la temperatura en los últimos 50 años coincide con el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera; el incremento promedio de la temperatura marina y terrestre fue de 0.74 °C entre los años de 1906 y 2005; la NASA informó que los años más calurosos han sido 1998, 2002, 2003, 2004 y 2005 (Boulevard, 2009).

Según IPCC (2014), durante los años 1880 - 2012, en el Ecuador se registra un calentamiento global constante y para el 2016, la temperatura se incrementó en 0.94 °C, convirtiéndose en uno de los años más calurosos durante la serie histórica (Jack, 2006), así mismo, entre 1960 y 2006 se registró un incremento de 0.8 °C; en el período 2006 - 2010 se produjo un incremento de 0.1 °C y en el período 2010 - 2017 un incremento de 0.2 °C (Badillo, 2018).

2.4 Balance Hídrico

El balance hídrico tiene como función conocer el volumen de agua almacenado en una determinada superficie de suelo considerando las entradas y las salidas (FAO, 1989). Como entradas se consideran la precipitación, aportes superficiales de otra cuenca y el ascenso capilar desde la tabla de agua subterránea, y como salidas del sistema, la evapotranspiración, la escorrentía superficial y la percolación profunda (Sánchez & Torres, 2013).

Según la FAO (1989), el Balance hídrico se puede determinar mediante un indicador de desarrollo del cultivo basado en abastecimiento y demanda de agua durante el ciclo del cultivo.

En este proyecto de investigación, para la determinación del (BH) de los cultivos de fréjol, maíz y papa únicamente se tomó en cuenta la precipitación efectiva, la evapotranspiración real y la humedad almacenada en el suelo proveniente de precipitaciones anteriores, considerando el entorno agro ecológico de San Gabriel.

2.4.1 Evaporación

La evaporación se define como el proceso en el cual el agua se convierte en gas (vaporización) y se desprende hacia la atmósfera (FAO, 2015); el cambio del agua del estado líquido a gaseoso se produce por la energía proveniente de la radiación solar. El agua se evapora desde ríos, lagos, cobertura vegetal y suelos (Allen *et al.*, 2006).

2.4.2 Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración de referencia (ET_0) se define como la combinación de los procesos de evaporación y la transpiración del agua desde las hojas, que se produce en un cultivo de referencia (pasto), con una altura de 0.12 m, con una resistencia superficial de 70 s m^{-1} y un albedo de 0.23, bien regado y fertilizado, creciendo activamente y cubriendo totalmente al suelo (Allen *et al.*, 2006).

2.4.3 Precipitación

Se define como precipitación, el volumen de agua que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno climático puede presentarse en forma de líquido (llovizna y lluvia) o en estado sólido (escarcha, nieve, granizo), proviene de la humedad atmosférica (Villodas & Segerer, 2006).

Precipitación efectiva.- La precipitación efectiva se determina como aquella fracción total de la precipitación útil que no se infiltra más allá de la profundidad radicular y que es aprovechada por las plantas con la finalidad de satisfacer su requerimiento hídrico (SIAR, 1998).

La precipitación efectiva depende del clima, pendiente del suelo, velocidad de infiltración, contenido en humedad del suelo, grado de cobertura y prácticas culturales (Dastane, 1974).

2.4.6 Coeficiente del Cultivo

El coeficiente de cultivo es la tasa de transpiración de un cultivo, el cual depende del índice foliar del cultivo y de la relación suelo-agua-planta; para determinar los coeficientes del cultivo se deben tomar en cuenta cuatro fases de desarrollo vegetativo (Allen *et al.*, 2006).

Etapas Inicial. Empieza desde la siembra hasta que el cultivo cubre el 10% de la superficie de suelo. La evapotranspiración principalmente depende de la evaporación del agua desde el suelo (Ibarra, 2007).

Etapas de Desarrollo. Esta etapa cubre desde la etapa anterior hasta que el cultivo cubre un 70 % o inicios de la floración (Ibarra, 2007).

Etapas de mediados de Temporada. Es la etapa donde la cobertura completa del cultivo cubre casi toda la superficie del suelo hasta el comienzo de la madurez. En esta etapa, el K_c alcanza el máximo valor (Allen *et al.*, 2006).

Etapas de finales de temporada. Esta etapa integra la maduración y cosecha.

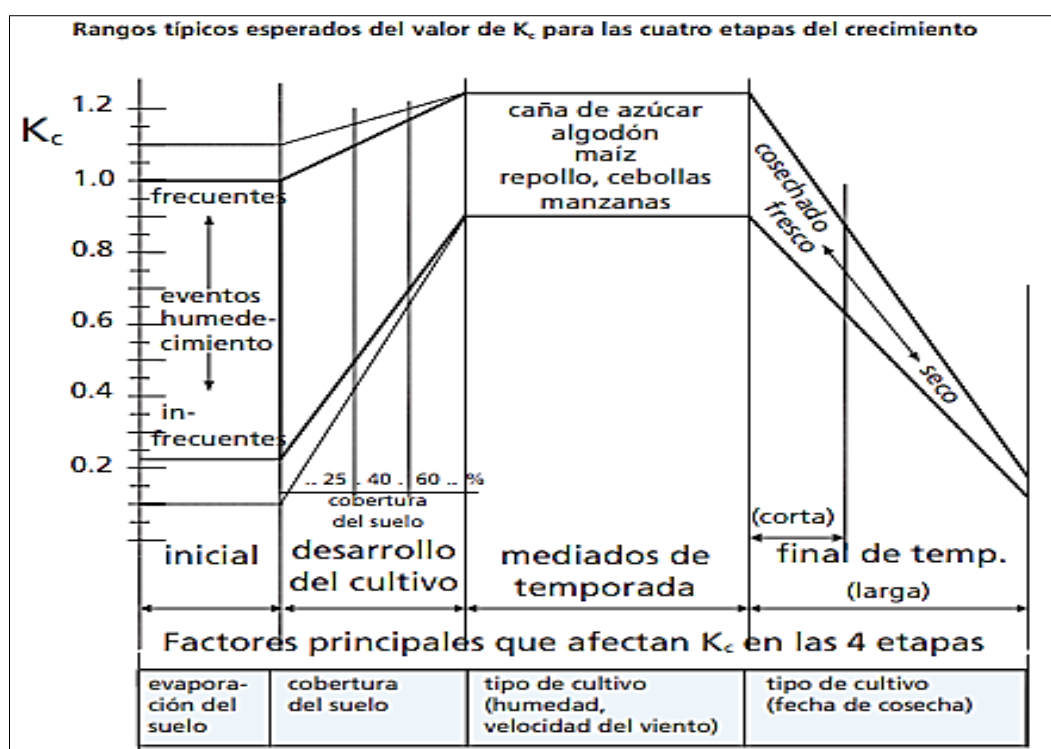


Figura 4. Intervalos típicos del valor del k_c para las cuatro etapas del crecimiento. **Fuente:** (FAO, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del sitio experimental

La investigación se realizó en San Gabriel, limitada: Norte con Colombia, Sur con la provincia de Imbabura, Este con la provincia de Sucumbíos y occidente con la provincia de Esmeraldas.

3.1.1 Ubicación política del sitio experimental

Provincia: Carchi

Cantón: Montufar

Parroquia: Cristóbal colón

Altitud: 2860 m.s.n.m

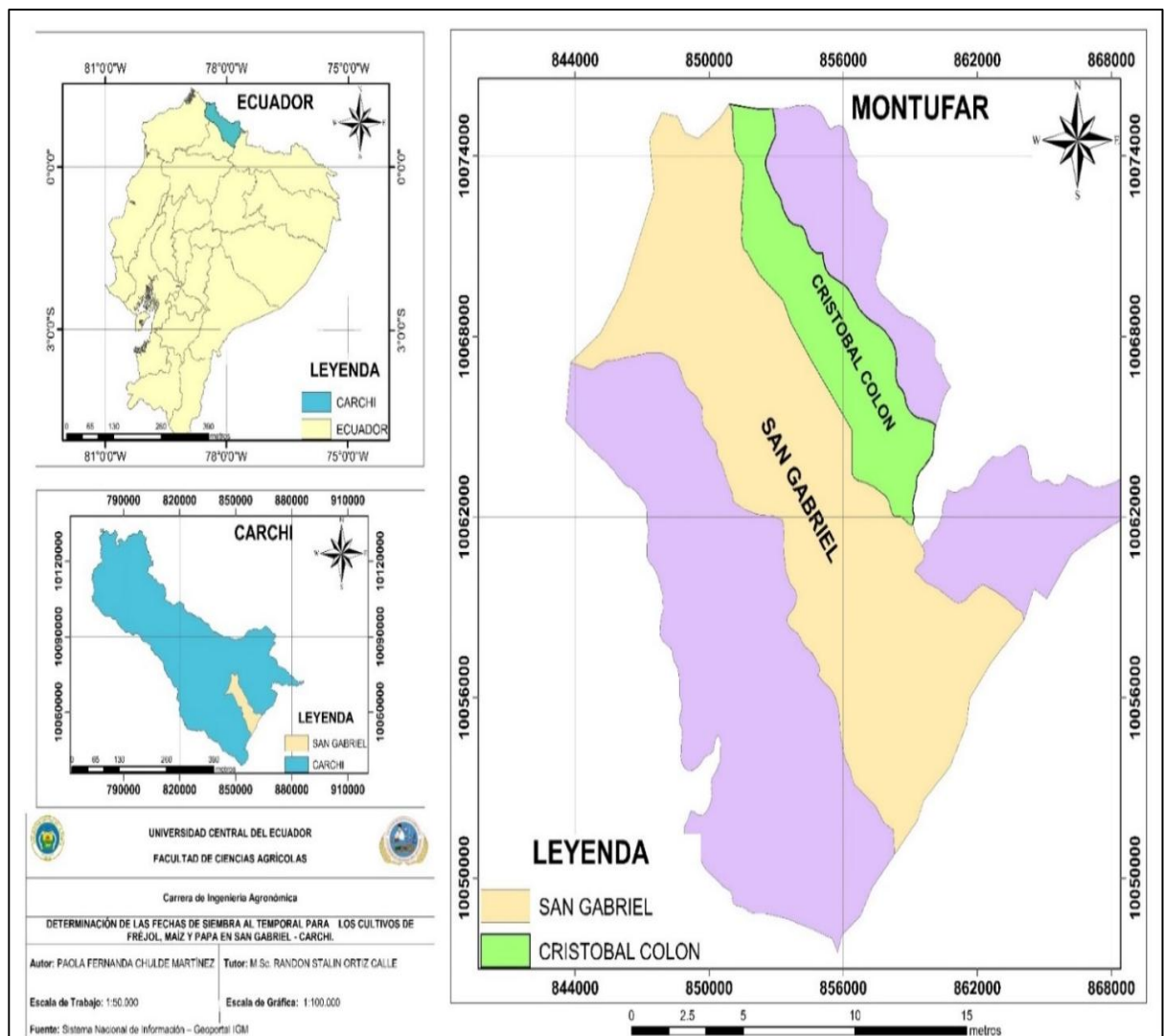


Figura 5. Ubicación de la zona de estudio. San Gabriel – Carchi.

3.1.2 Condiciones agroclimáticas de San Gabriel.

Temperatura promedio anual	17 °C
Precipitación promedio anual	2.70 mm
Humedad relativa promedio anual	79%
Evaporación promedio anual	2.8 mm

Fuente: (INAMHI, 2018).

3.2 Materiales

1. Serie histórica mensual promedio de: temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa, precipitación y evaporación de la estación meteorológica San Gabriel.
2. Serie histórica diaria de precipitación y evaporación de la estación meteorológica San Gabriel.
3. Valores del Coeficiente de cultivo (Kc) de los cultivos de fréjol, maíz y papa recomendados por la Agencia de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través de su publicación técnica No. 56.
4. Información técnica del cultivo de fréjol, maíz y papa (ciclo vegetativo y fechas de siembra).
5. Encuestas a los productores de la parroquia Cristóbal Colón en San Gabriel.

3.3 Métodos

3.3.1 Recolección de Información climatológica

La información climatológica para el estudio de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, precipitación y evaporación se tomó de la estación climatológica San Gabriel (M0103), administrada por el INAMHI, serie de datos de 1988 a 2017 (30 años), ubicada en las siguientes coordenadas: latitud 00° 36' 15" N y longitud 77° 49' 10" W a 2860 msnm.

3.3.2 Análisis de las variables climatológicas

- Para todos los parámetros se realizaron los siguientes análisis: estadístico descriptivo y de tendencia.
- En el análisis estadístico se determinó la media ($\bar{x}$), mínima (Min), máxima (Max), desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV).

➤ Media ($\bar{x}$)

Ecuación 1. Media ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n xi$$

Fuente: (Orellana, 2001).

Dónde:

Xi = suma de todos los valores de la serie histórica

n = número total de datos

➤ Desviación estándar (S)

Ecuación 2. Desviación estándar (S)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2}$$

Fuente: (Orellana, 2001).

Dónde:

Xi = valores mensuales individuales de toda la serie histórica

$\bar{x}$ = media aritmética

n = número total de datos

Los valores de desviación estándar indican la dispersión promedio de los valores mensuales de las variables climatológicas con respecto a su promedio. Una desviación estándar baja muestra que la mayor parte de los datos tiende a estar agrupados cerca de la media y una desviación estándar alta muestra que los datos se extienden sobre un intervalo de valores más amplio (Aldo, 2015).

➤ **Coefficiente de variación (CV)**

Ecuación 3. Coeficiente de variación (CV)

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

Fuente: (Vilchis, 2014).

Dónde:

S = desviación estándar

$\bar{x}$ = media aritmética

Los valores del coeficiente de variación deben ser menores al 20 % para que los datos sean confiables y se pueden utilizar los datos promedios de la serie histórica en cálculos hidrológicos (balance hídrico, evapotranspiración de referencia, entre otros) (DANE, 2008). Para ser utilizados los coeficientes de variación deben ser homogéneos, independientes y confiables (Dahmen, 1990).

3.3.3 Método estadístico de tendencias

Se utilizó el Test estadístico Mann Kendall para todas las variables climatológicas antes mencionadas, es un método recomendado por la Organización Mundial de Meteorología (OMM), se utilizó este método debido a que es una prueba no paramétrica (no tiene supuestos) y no requiere que los datos tengan una distribución normal, además presenta una baja sensibilidad a datos no homogéneos. Este test fue desarrollado por Mann 1945 (Inglaterra) y Kendall 1975 (Marofi, 2015). Es uno de los primeros métodos validados para detectar tendencias en el clima por el instituto Finandés de meteorología en el año 2002, así como, a nivel mundial es ampliamente utilizado para el análisis de tendencias climatológicas, series hidrológicas de tiempo y calidad de agua (Flores *et al.*, 2014).

De acuerdo con el método, la hipótesis nula H_0 asume que no hay tendencia y esta es analizada contra la hipótesis alternativa H_{a1} , la cual asume que, si existe tendencia (Flores *et al.*, 2014).

El procedimiento para el análisis del método considera series de tiempo de n datos y X_i y X_j es la variable climatológica en estudio (Gallego, 2003).

Ecuación 4. Test estadístico Mann Kendall

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (X_j - X_i)$$

Fuente: (Marofi, 2015).

Dónde:

S= desviación estándar

X_j = variable en estudio (eje x)

X_i = variable en estudio (eje y)

n= número de datos

i= datos la variable climatológica en el eje x

j= datos de variable climatológica en el eje y

Luego de realizar la operación $x_j - x_i$, en donde x_j son los valores promedio mensuales de la variable climatológica en estudio de los n años de la serie histórica y x_i es el valor promedio mensual de la variable correspondiente a cada año (i), pudiéndose obtener las siguientes posibilidades de resultados:

Ecuación 5. Resta de promedios mensuales

$$(X_j - X_i) = \begin{cases} +1 & \text{si } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{si } (X_j - X_i) = 0 \\ -1 & \text{si } (X_j - X_i) < 0 \end{cases}$$

Fuente: (Marofi, 2015).

Si el valor de la operación $x_j - x_i$ es positivo, significa que existe un incremento y si el valor es negativo, un decremento. En análisis de la serie total proporciona n valores positivos y n valores negativos, la diferencia entre estos dos valores proporciona la desviación estándar S (Ecuación 5).

La varianza de S se calcula con la siguiente ecuación; para una serie de datos $n > 10$, el segundo término de la ecuación es igual a 0.

Ecuación 6. Varianza de S

$$Var(s) \approx \frac{1}{18} [n \times (n-1) \times (2 \times n + 5)]$$

Fuente: (Marofi, 2015).

Dónde:

Var (S) = varianza de S

n= serie de tiempo

El análisis normalizado (Z) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Z = \begin{cases} \frac{s - 1}{\sqrt{Var(S)}} & si \ S > 0 \\ 0 & si \ S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}} & si \ S < 0 \end{cases}$$

Fuente: (Marofi, 2015).

Dónde:

Z= es el valor del nivel de confianza

S= desviación estándar

Var (S)= varianza de la desviación estándar

El valor de Z sigue la distribución normal estándar con media igual a cero y una varianza igual a uno, por lo tanto, los valores negativos de Z indican una tendencia decreciente y los valores positivos una tendencia creciente (Sheng *et al.*, 2002).

Marofi (2015), menciona cuando los valores de $Z > Z_{1-\alpha/2}$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa donde se muestra una tendencia significativa (negativa o positiva) en la serie de datos, por lo tanto, se dice que $Z_{1-\alpha/2}$ es el valor crítico de Z de la tabla normal estándar.

En el presente estudio se utilizó un nivel de significancia del 5 %, $\alpha = 0.05$, $Z_{\alpha/2} = 1.96$ (tabla t student); si el Z calculado es mayor a 1.96, se dice que existe una tendencia positiva y si Z es menor a -1.96, se dice que existe una tendencia negativa.

3.3.4 Fechas de siembra

Se seleccionaron las fechas óptimas de siembra a partir del balance hídrico diario en el cual se verificó que la precipitación efectiva sea mayor a la evapotranspiración real diaria durante el ciclo vegetativo del cultivo, en el cual exista un menor déficit hídrico acumulado.

3.3.5 Fecha de siembra de los agricultores

Las fechas de siembra del agricultor se determinaron en base a encuestas (la de mayor frecuencia).

➤ Elaboración de la encuesta

Los métodos usados en la presente investigación son el método cualitativo, lo cual indica hallar respuestas a preguntas que se centran en la experiencia social, en cuanto al método cuantitativo se caracteriza por una concepción global asentada en el positivismo lógico orientado a los resultados (Iñiguez *et al.*, 2017); para ello, se elaboró una encuesta diseñada en cuatro secciones: información geográfica y muestral, información general del agricultor, datos socio-económicos y criterios para la descripción de la problemática del cambio climático frente a la agricultura y cada sección posee sus parámetros con la finalidad de cumplir los objetivos de la investigación.

Para obtener la muestra poblacional se aplicará la siguiente formula.

➤ Muestra poblacional (M)

Ecuación 6. Muestra poblacional (M)

$$M = \frac{N.Z^2.p.q}{d^2(N-1) + z^2.p.q}$$

Fuente: (López, 2001).

Dónde:

N= Población

Z=Nivel de confianza

P=Probabilidad a favor

q=Probabilidad en contra

d= Precisión

$$M = \frac{112 \times 1.96^2 (0.5 \times 0.5)}{5^2 \times (112 - 1) + 1.96^2 (0.5 \times 0.5)} = 87$$

$M = 87$ muestra poblacional

La población se considera el conjunto de personas de interés en una investigación, mientras que muestra es un subconjunto de la población la se involucra en una investigación (López , 2001).

Tabla 5. Número de encuestados.

Zona	N° total de Agricultores	Tamaño de la muestra
N° de la Población	112	87
Muestra poblacional	112	87

Según la tabla 5 se realizó un total de 87 encuestas.

3.3.4 Escenarios de estudio

Para la investigación se trabajó con 30 fechas de siembra determinadas por:

➤ Escenario1: Cultivo

Tres cultivos de ciclo corto al temporal (fréjol, maíz, y papa).

➤ Escenario 2: Meses

Seis meses del año para el cultivo de fréjol y maíz: (septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero).

Siete meses del año para el cultivo de papa: (septiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y junio).

➤ Escenario 3: Fecha de siembra

Cinco fechas de siembra por cada mes, durante los seis meses para fréjol y maíz y los siete meses para papa.

Tabla 6. Descripción de los escenarios.

Cultivos	Meses	Fecha de siembra
Fréjol Maíz	Septiembre	1
	Octubre	7
	Noviembre	14
	Diciembre	21
	Enero	28
	Febrero	
Papa	Septiembre	
	Octubre	1
	Noviembre	7
	Diciembre	14
	Enero	21
	Febrero	28
	Junio	

Por ejemplo (Tabla 6), para el cultivo de fréjol se analizaron 5 fechas de siembra (cada siete días del mes) desde los meses de septiembre a febrero (seis meses), dando un total de 30 escenarios del balance hídrico; para el cultivo de papa se analizaron 5 fechas de siembra (cada siete días del mes) desde los meses de septiembre a febrero y junio (siete meses), dando un total de 35 escenarios del balance hídrico (Anexo 1).

3.3.6 Precipitación Probable

Para determinar la precipitación probable, la FAO recomienda trabajar con valores de precipitación con una probabilidad de ocurrencia (excedencia) del 75%, es decir, en un período de tiempo de cuatro años, en tres de ellos se producirán valores mayores al estimado y solamente en un año, se producirán valores menores al estimado, criterio que el agricultor asocia con años buenos y años malos de lluvia. En otro sentido, en la serie histórica de datos de 36 años, durante 27 años se produjeron valores mayores a P75% y durante 9 años se registraron precipitaciones inferiores a P75%.

El factor de posición se calculó a partir del método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

Ecuación 7. Factor De Posición

$$Fa = \frac{100 \times (2n - 1)}{2m}$$

Fuente: (FAO, 1989).

Dónde:

Fa: Factor de posición.

m: Número total de datos.

n: Número de orden de eventos (precipitación).

Para determinar la precipitación probable con una probabilidad de ocurrencia al 75%, se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Enumerar los datos según la información disponible (serie).
2. Ordenar los datos de precipitación del mes en estudio de mayor a menor.
3. Para cada mes, determinar el factor de posición.
4. Determinar la precipitación probable P75%, interpolando los valores de probabilidad.

Ecuación 8. Precipitación probable al 75%.

$$P_{75} \approx P_{Fa1} - \frac{(75 - Fa_1) \times (P_{Fa1} - P_{Fa2})}{Fa_2 - Fa_1}$$

Dónde:

P₇₅: precipitación probable 75 %.

PFa₁: precipitación para la frecuencia de posición inmediata superior a P75.

PFa₂: precipitación para la frecuencia de posición inmediata inferior a P75.

Fa₁: frecuencia de posición inmediata superior a P75.

Fa₂: frecuencia de posición inmediata inferior a P75.

3.3.7 Precipitación efectiva

Para determinar la precipitación efectiva se utilizó el método desarrollado por la FAO:

- Si P75 < 250 mm

Ecuación 9. Precipitación efectiva (Pe) <250mm

$$Pe \approx \frac{p_{75} \times (125 - 0.2 \times P_{75})}{125}$$

Fuente: (Allen *et al.*, 2006).

- Si $P_{75} > 250$ mm

Ecuación 10. Precipitación efectiva (Pe) >250mm

$$Pe \approx 125 + 0.1 \times P_{75}$$

Fuente: (Allen *et al.*, 2006).

3.3.8 Evapotranspiración de referencia

La ETo se determinó por el método del tanque evaporímetro, para la estación "San Gabriel " M0103, el coeficiente promedio del tanque fue 0,88 (Ortiz, 2018).

Ecuación 11. Evapotranspiración de referencia

$$ET_o = kp \times E_o \approx 0.72 \times E_o$$

Fuente: (Allen *et al.*, 2006).

Dónde:

ETo: Evapotranspiración de referencia, mm día⁻¹

kp: Coeficiente del tanque evaporímetro

Eo: Evaporación mensual, mm día⁻¹

3.3.9 Coeficiente del cultivo

El coeficiente de cultivo se determinó por el método de la FAO boletín N° 56, el cual proporciona etapas de duración de cada fase del ciclo vegetativo y los valores de Kc para las etapas: inicial, media y final (Tablas 7 y 8).

Tabla 7. Duración y fases del ciclo vegetativo

Cultivo	Total	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
fréjol	100	25	25	30	20
maíz	180	30	50	60	40
papa	165	45	30	70	20

Fuente: (FAO, 2006).

Tabla 8. Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo.

Cultivo	Kc inicial	Kc media	Kc fin
fréjol	0.4	1.15	0.35
maíz	0.7	1.2	0.6
papa	0.5	1.15	0.75

Fuente: (FAO, 2006).

3.3.10 Evapotranspiración real

La evapotranspiración real del cultivo (ETr) se calcula como el producto entre la evapotranspiración de referencia por el coeficiente de cultivo Kc.

Ecuación 12. Evapotranspiración real

$$ETr = Kc \times ET_o$$

Fuente: (FAO, 1990).

Dónde:

ETr: Evapotranspiración real del cultivo mm día⁻¹

Kc: Coeficiente del cultivo

ETo. Evapotranspiración de referencia mm día⁻¹

3.3.11 Balance hídrico

El balance hídrico (BH) permite conocer la variación del volumen de agua almacenado en el suelo a partir de la diferencia que existe entre los aportes y las salidas de agua que se producen en un sistema productivo.

Ecuación 13. Balance hídrico

$$BH = Pe - ETr$$

Fuente: (FAO, 1989)

Dónde:

Pe= precipitación efectiva, mm día⁻¹

ETr= Evapotranspiración real, mm día⁻¹

Si BH es mayor que 0, se dice que en el período analizado existe un exceso, mientras que si BH es menor que 0, se dice que existe un déficit de humedad; este déficit de humedad corresponde a la necesidad hídrica del cultivo para el período en estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de Variación del Clima

El clima está constituido por fenómenos meteorológicos que se producen en la atmósfera entre ellos: humedad, temperatura, presión atmosférica, viento y precipitaciones, y a su vez está determinado por el resultado de varios factores naturales como: altitud y relieve, latitud, continentalidad, corrientes oceánicas y vegetación (CPEIP, 2014). En los últimos 30 años, en San Gabriel se evidencia la presencia del cambio climático mediante el cual se han registrado tendencias incrementales de: temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa y evaporación.

4.1.1 Temperatura Mínima

Para la Estación Meteorológica “San Gabriel”, período mensual multianual de datos 1988 - 2017 (30 años), la temperatura mínima (Tmin) registrada fue: promedio de 7.11 °C y varía en un Intervalo comprendido entre 5.30 °C y 8.60 °C (Figura 6).

La Tmin promedio mensual de la serie histórica de datos registró los siguientes valores, la máxima en

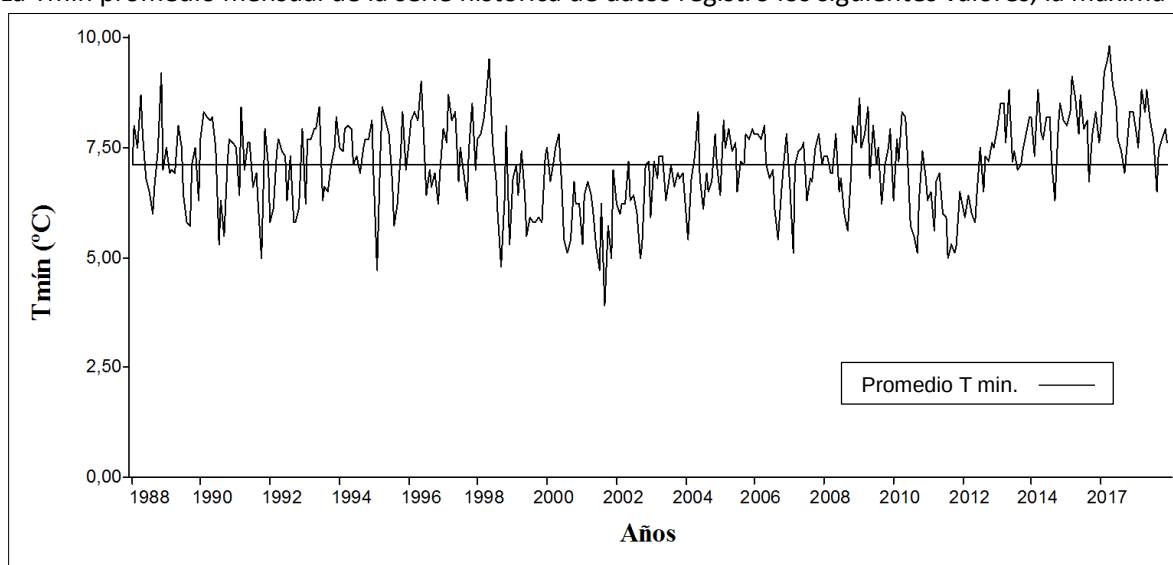


Figura 6. Temperatura mínima mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. **Fuente:** (INAMHI, 2018).

el mes de mayo con 7.74 °C y la mínima en el mes de septiembre con 6.13 °C (Figura 7). Según Moya (2006), menciona que la mayor temperatura mínima se presenta en la época lluviosa, en el mes de mayo, presentado mayor humedad, precipitación y menor evaporación. Se evidencia cielos totalmente nublados y razón por la cual toda la energía del día se pierde en la noche provocando bajas temperaturas (INAMHI, 2015).

En el mes de septiembre se registró los menores valores de temperatura debido a que se encuentra en la época seca; este resultado concuerda con los obtenidos por Merkel (2000), en donde las temperaturas más bajas se determinaron en los meses de julio, agosto y septiembre. Las bajas temperaturas causan perjuicios en el sector agrícola, como lo es el caso de las heladas, provocando daños fisiológicos durante el ciclo vegetativo del cultivo (Moya, 2006).

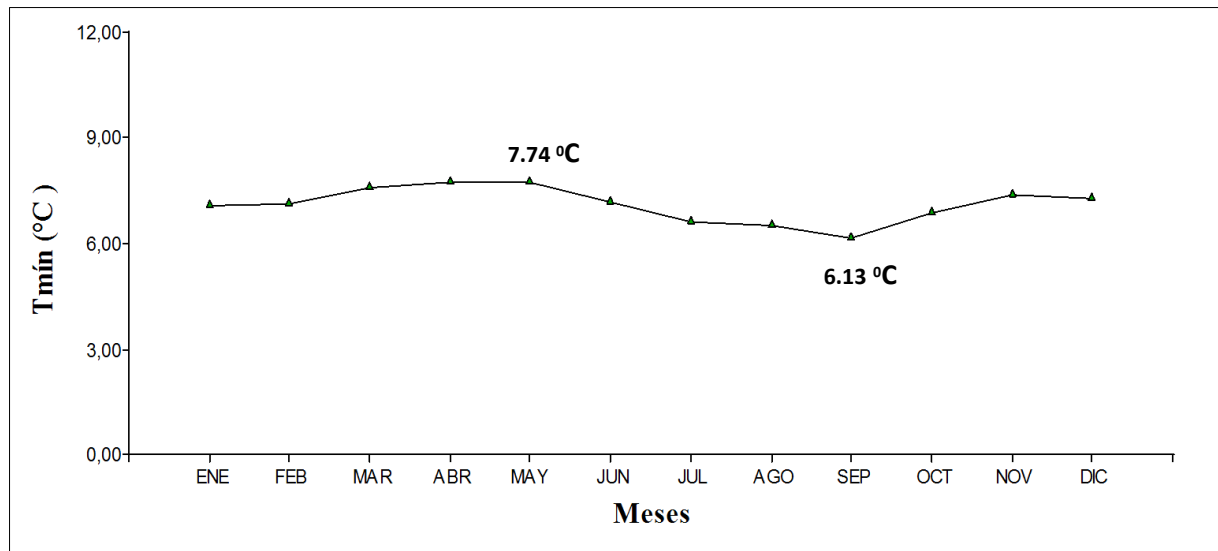


Figura 7. Temperatura mínima mensual. Serie de datos 1988 - 2017. Fuente: (INAMHI, 2018).

Según DANE (2008), el Coeficiente de Variación entre el 8 % - 14 % significa que existe una precisión aceptable. Para la temperatura mínima, el Coeficiente de Variación mensual registró valores comprendidos entre el 9.36 % y el 14.75 % (Tabla 9), parámetro que permite establecer que se pueden usar los datos promedios de la serie histórica para cálculos hidrológicos debido a que son homogéneos, confiables y estacionarios (Dahmen, 1990).

Tabla 9. Estadística descriptiva de Temperatura mínima.

Mes	Media	Min	Max	DE	CV
Enero	7.07	5.30	8.60	0.86	12.18
Febrero	7.15	4.70	9.20	1.05	14.75
Marzo	7.59	5.60	9.50	0.93	12.28
Abril	7.72	6.00	9.80	0.84	10.88
Mayo	7.74	5.80	9.50	0.84	10.89
Junio	7.20	5.20	8.70	0.88	12.25
Julio	6.64	4.70	8.20	0.81	12.23
Agosto	6.51	5.00	8.10	0.74	11.30
Septiembre	6.13	3.90	7.50	0.85	13.84
Octubre	6.85	5.00	8.00	0.84	12.28
Noviembre	7.41	5.00	9.20	0.98	13.26
Diciembre	7.30	5.30	8.30	0.68	9.36

DE = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación.

El Test estadístico de Mann- Kendall (Tabla 10), para Tmin proporcionó una tendencia positiva en el mes de Julio con un $\alpha = 0.05$ nivel de significancia; en Nariño (Colombia) se determinaron tendencias positivas significativas en las temperaturas máximas y mínimas, coincidiendo con el resultado obtenido en la presente investigación (IDEAM, 2012).

Tabla 10. Análisis de tendencia para temperatura mínima 1998-2017.

Serie de tiempo	Test Z	Nivel de significancia
Enero	1.16	-
Febrero	0.59	-
Marzo	0.64	-
Abril	0.14	-
Mayo	-0.23	-
Junio	0.73	-
Julio	2.56	*
Agosto	1.32	-
Septiembre	1.36	-
Octubre	1.45	-
Noviembre	0.82	-
Diciembre	1.67	-

Test Z: (valor positivo) tendencia positiva, (valor negativo) ninguna tendencia; *: tendencia significativa y (-) = no es significativo.

4.1.2 Temperatura Máxima

La temperatura máxima (Tmax) registrada fue: promedio de 17.56°C, y varía en un intervalo comprendido entre 16.50 °C a 20.70°C (Figura 8).

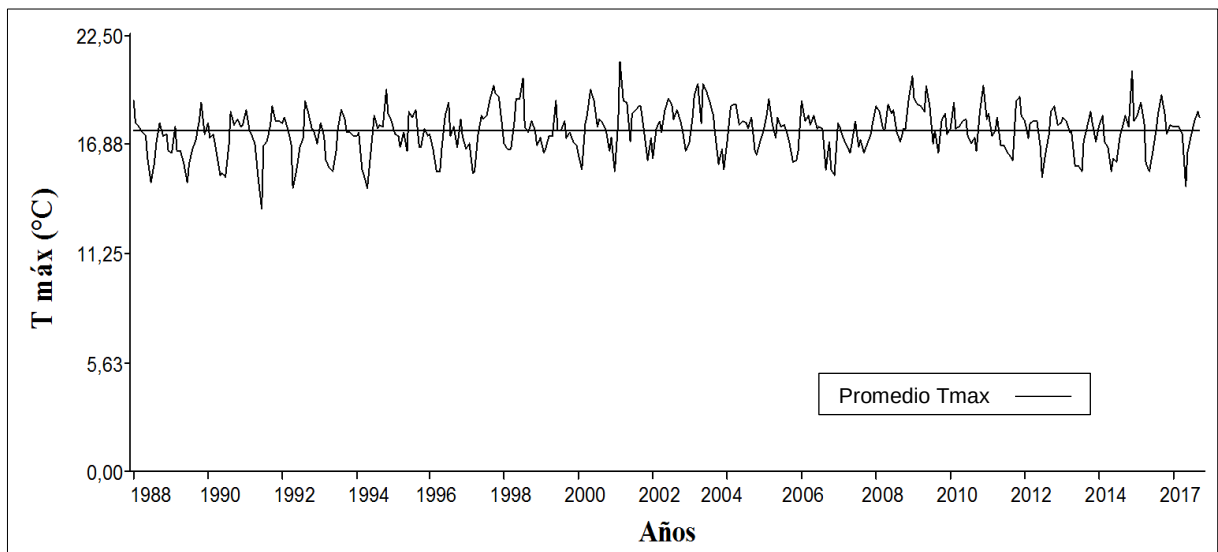


Figura 8. Temperatura máxima mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. **Fuente:** (INAMHI, 2018).

La Tmax promedio mensual de la serie histórica registró los siguientes valores: la máxima se registró en el mes de agosto con 18.68 °C y la mínima en el mes de diciembre con 15.98 °C (Figura 9).

La temperatura máxima se registró en la época seca, durante los meses de junio, julio agosto y septiembre. Según Merkel (2000), en San Gabriel el mes más cálido de la serie histórica se registró en el mes de agosto, coincidiendo con los resultados obtenidos en la presente investigación.

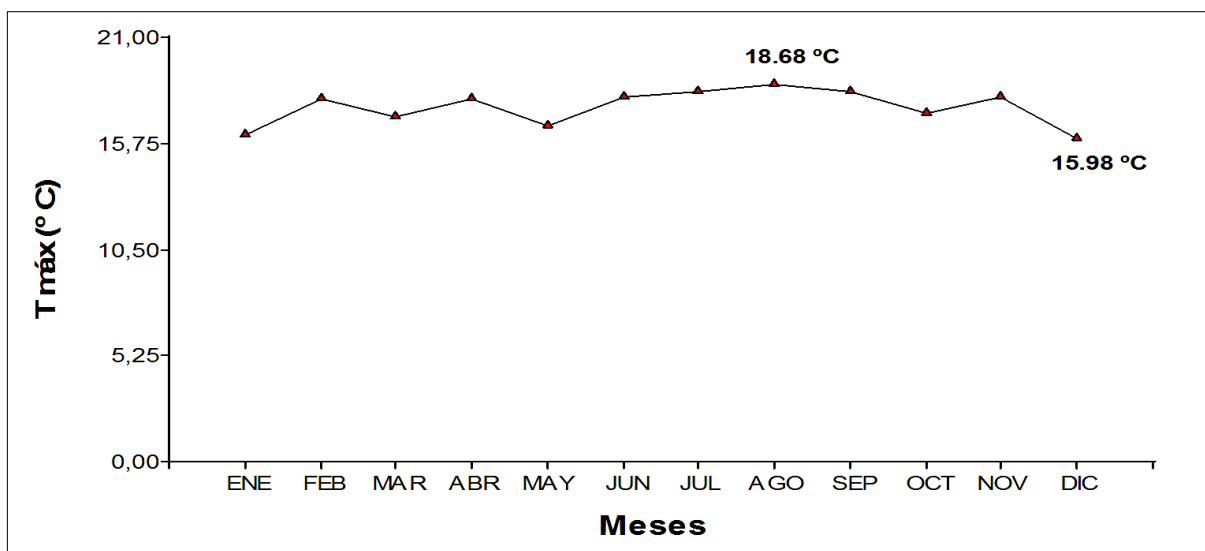


Figura 9. Temperatura máxima mensual. Serie de datos 1988 - 2017. **Fuente:** (INAMHI, 2018).

El Coeficiente de Variación registró valores comprendidos entre el 3.4 % y el 5.86 % (Tabla 11).

Tabla 11. Estadística descriptiva de Temperatura máxima.

Mes	Media	Min	Max	DE	CV
Enero	16.15	13.60	18.10	0.92	5.71
Febrero	17.98	16.40	19.90	0.87	4.84
Marzo	17.04	16.30	18.80	0.65	3.75
Abril	17.96	16.50	19.90	0.71	3.94
Mayo	16.58	15.30	17.70	0.67	4.02
Junio	18.03	16.90	19.50	0.61	3.40
Julio	18.33	17.20	20.30	0.65	3.52
Agosto	18.68	17.30	20.40	0.79	4.24
Septiembre	18.33	17.00	19.40	0.65	3.52
Octubre	17.23	15.30	21.20	1.01	5.86
Noviembre	18.05	16.50	20.70	0.95	5.26
Diciembre	15.98	14.60	17.60	0.81	5.08

DE = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación.

El Test estadístico de Mann - Kendall (Tabla 12), para Tmax proporcionó una tendencia positiva en los meses de mayo y agosto.

Tabla 12. Análisis de tendencia para temperatura máxima.

Series de tiempo	Test Z	Nivel de significancia
Enero	1.18	-
Febrero	0.34	-
Marzo	0.72	-
Abril	1.95	-
Mayo	0.52	-
Junio	2.11	*
Julio	-0.64	-
Agosto	2.17	*
Septiembre	1.49	-
Octubre	1.00	-
Noviembre	1.55	-
Diciembre	1.88	-

Test Z: (valor positivo) tendencia positiva, (valor negativo) ninguna tendencia; *: tendencia significativa y (-) = no es significativo.

4.1.3 Humedad Relativa

La humedad relativa (HR) promedio fue del 81% y varía en un intervalo comprendido entre el 69% y el 89% (Figura 10).

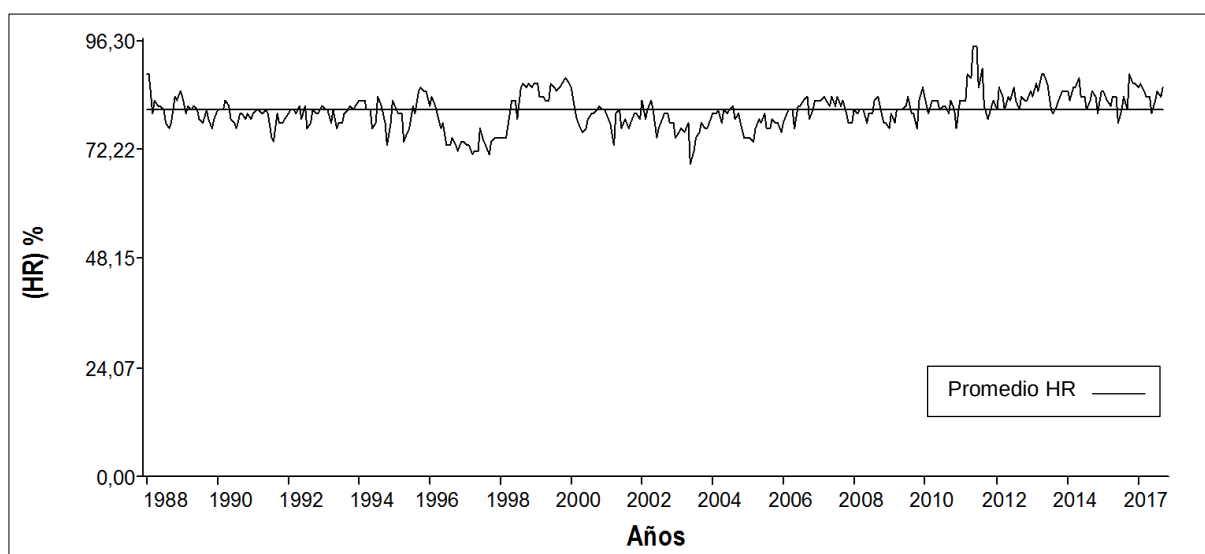


Figura 10. Humedad relativa mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. Fuente: (INAMHI, 2018).

La humedad relativa promedio mensual de la serie histórica de datos presentó los siguientes valores: la máxima se registró en el mes de marzo con 82.2 % y la mínima en el mes de septiembre con 78.7 % (Figura 11). La mayor humedad relativa se registró en el mes de marzo debido a la presencia de la época lluviosa (INAMHI, 2004). En el mes de septiembre la humedad relativa es menor porque se

encuentra dentro de la época seca, caracterizada por una tasa alta de evaporación, ausencia de nubosidad y presencia de temperaturas altas (Moya, 2006).

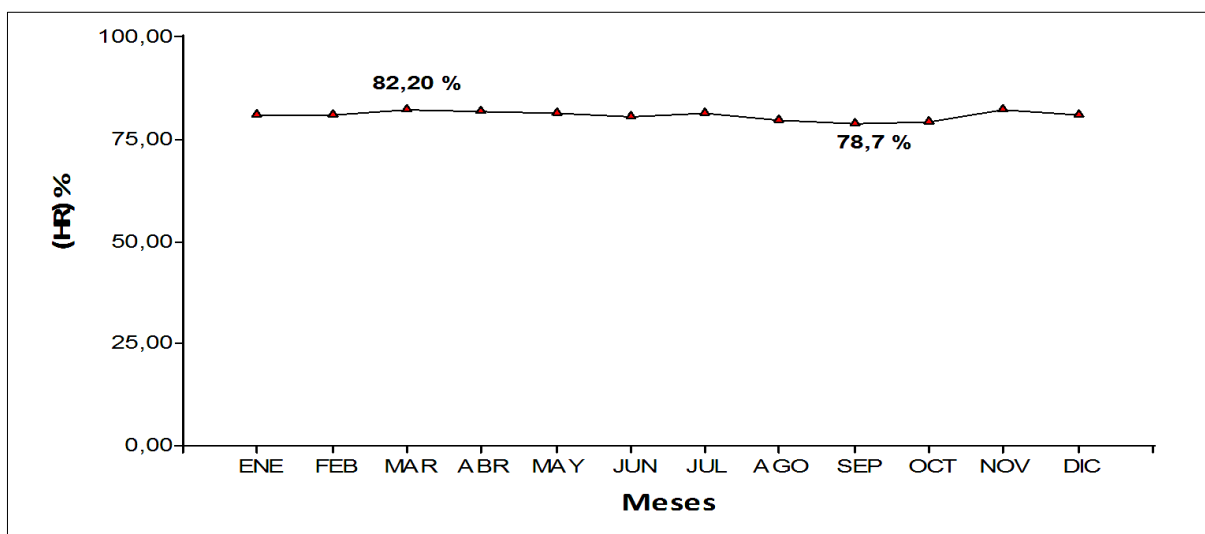


Figura 11. Humedad Relativa mensual. Serie de datos 1988 - 2017. **Fuente:** (INAMHI, 2018).

El coeficiente de variación registró valores comprendidos entre 3.63% y 5.74% (Tabla 13), indicador de que los valores promedio de este parámetro pueden utilizarse en estudios hidrológicos.

Tabla 13. Estadística descriptiva de la humedad relativa.

Mes	Media	Min	Max	DE	CV
Enero	80.67	69.00	89.00	4.39	5.44
Febrero	80.93	71.00	89.00	4.65	5.74
Marzo	82.20	73.00	95.00	4.33	5.26
Abril	81.83	74.00	88.00	3.49	4.27
Mayo	81.33	72.00	89.00	3.91	4.80
Junio	80.50	73.00	86.00	3.30	4.10
Julio	81.30	73.00	87.00	3.45	4.24
Agosto	79.50	71.00	90.00	3.58	4.50
Septiembre	78.77	72.00	84.00	2.86	3.63
Octubre	79.33	72.00	85.00	3.40	4.28
Noviembre	82.17	74.00	95.00	4.09	4.98
Diciembre	80.93	73.00	89.00	3.64	4.50

DE = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación.

El Test estadístico de Mann - Kendall (Tabla 14) proporcionó una tendencia positiva en los meses de marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre; el incremento de la humedad relativa a nivel global se debe al calentamiento causado por el CO₂, provocando un parcial oscurecimiento, un incremento de

la concentración del vapor de agua generando saturación de las nubes, las cuales obstaculizan la luz solar y a su vez retienen humedad en el ambiente (Pisico, 2012).

Tabla 14. Análisis de tendencia para humedad relativa.

Series de tiempo	Test Z	Nivel de significancia
Enero	0.77	-
Febrero	1.52	-
Marzo	3.07	*
Abril	2.43	*
Mayo	1.53	-
Junio	1.46	-
Julio	1.96	-
Agosto	2.16	-
Septiembre	1.37	-
Octubre	2.93	*
Noviembre	2.98	*
Diciembre	2.52	*

Test Z: (valor positivo) tendencia positiva, (valor negativo) ninguna tendencia; *: tendencia significativa y (-) = no es significativo.

4.1.4 Evaporación

De acuerdo con el análisis climatológico de la serie histórica, la evaporación del tanque registra una evaporación promedio de 2.70 mm día⁻¹ y varía en un intervalo comprendido entre 1.60 mm día⁻¹ y 4.20 mm día⁻¹ (Figura 12).

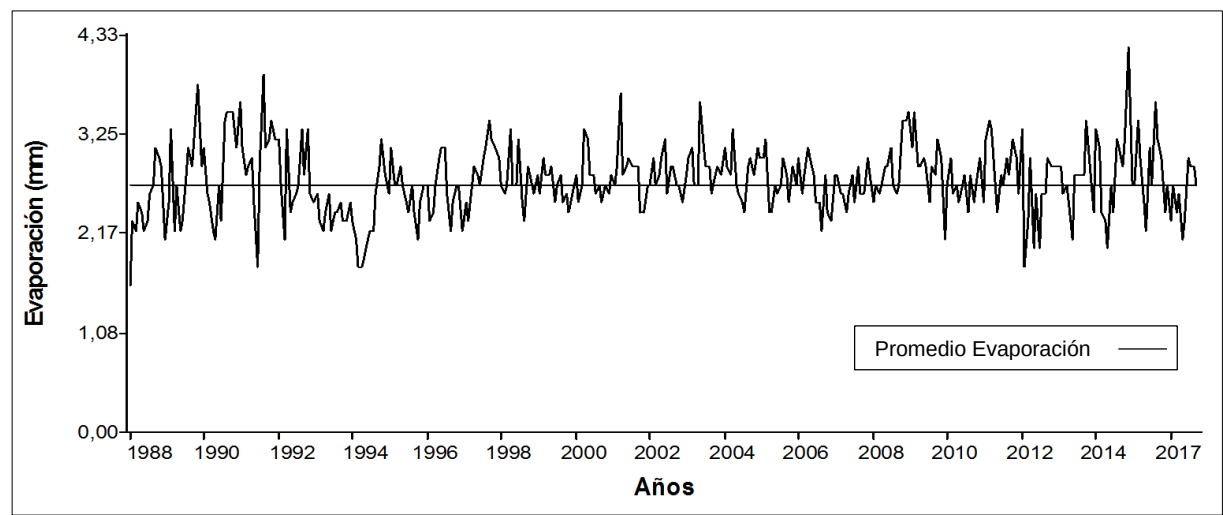


Figura 12. Evaporación del tanque mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. **Fuente:** (INAMHI, 2018).

La evaporación promedio mensual de la serie histórica de datos presentó los siguientes valores: la máxima se registró en el mes de agosto con 2.99 mm día⁻¹ y la mínima en el mes de febrero con 2.53 mm día⁻¹ (Figura 14). La mayor tasa de evaporación se registró en el mes de agosto debido a que se encuentra en época seca, se evidenció intensidad de vientos más altos, mayor cantidad de precipitación, menor cantidad de humedad relativa y mayor temperatura del aire y un cielo totalmente despejado (Vorgelegt, 2009), este autor también sostiene que la menor tasa de evaporación se registró en los meses de época lluviosa.

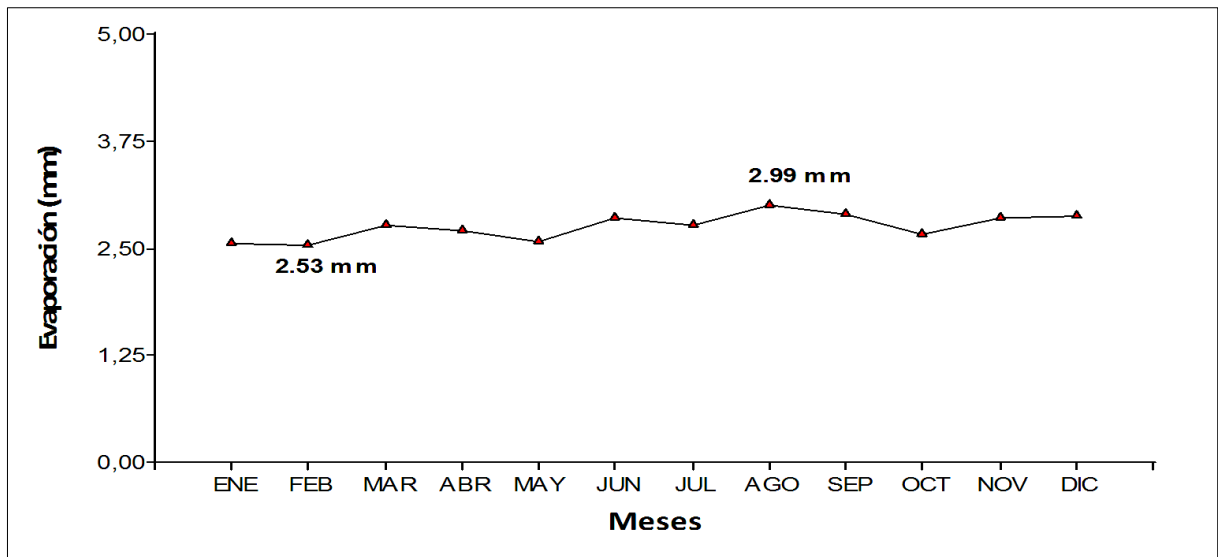


Figura 13. Evaporación mensual. Serie de datos 1988 - 2017. Fuente: (INAMHI, 2018).

El Coeficiente de Variación registró valores comprendidos entre el 9.33 % y el 18.4 % (Tabla 15).

Tabla 15. Estadística descriptiva de evaporación del tanque.

Mes	Media (mm día ⁻¹)	Min (mm día ⁻¹)	Max (mm día ⁻¹)	DE	CV
Enero	2.55	1.80	3.30	0.34	13.36
Febrero	2.53	1.80	2.90	0.27	10.75
Marzo	2.76	2.20	3.30	0.29	10.68
Abril	2.70	2.20	3.40	0.25	9.33
Mayo	2.58	2.00	3.10	0.31	12.22
Junio	2.85	1.60	4.20	0.52	18.40
Julio	2.76	1.80	3.60	0.41	14.97
Agosto	2.99	2.20	3.90	0.37	12.55
Septiembre	2.89	2.10	3.50	0.35	12.24
Octubre	2.65	1.80	3.10	0.30	11.37
Noviembre	2.85	2.10	3.40	0.32	11.22
Diciembre	2.87	2.40	3.80	0.32	11.14

DE = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación.

El Test estadístico de Mann - Kendall (Tabla 16) proporcionó una tendencia positiva en el mes de enero.

Tabla 16. Análisis de tendencia para evaporación.

Serie de tiempo	Test Z	Nivel de significancia
Enero	1.46	-
Febrero	0.71	-
Marzo	0.07	-
Abril	1.07	-
Mayo	0.50	-
Junio	0.54	-
Julio	1.21	-
Agosto	2.48	*
Septiembre	0.21	-
Octubre	0.82	-
Noviembre	0.71	-
Diciembre	0.71	-

Test Z: (valor positivo) tendencia positiva, (valor negativo) ninguna tendencia; *: tendencia significativa y (-) = no es significativo.

4.1.5 Relación de las variables de Tmax, HR y Evaporación La investigación efectuada en base al análisis de la serie histórica se observó la relación directa de la humedad relativa con la Temperatura y la evaporación del tanque y se determinó que: a menor temperatura, la evaporación del tanque es menor y la humedad relativa se incrementa, y a mayor temperatura, la evaporación del tanque se

incrementa y la humedad relativa disminuye (Figura 14). Según INAMHI (2012), la cantidad de humedad relativa depende directamente de la temperatura del aire y la evaporación, cuando la temperatura y la evaporación disminuyen, la concentración de la humedad en el aire es alta.

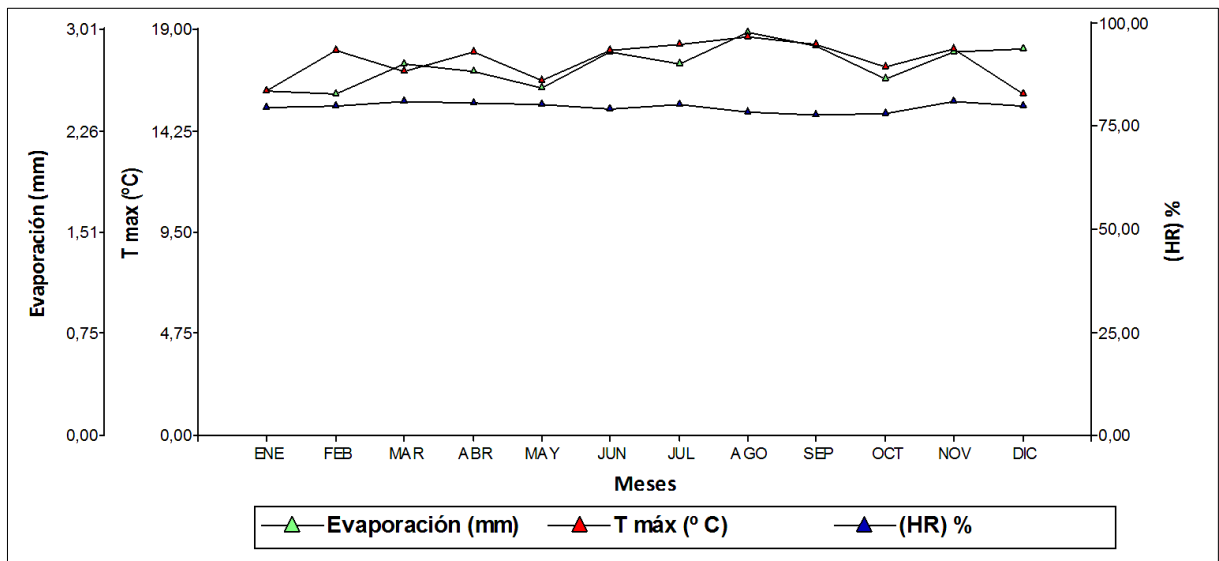


Figura 14. Relación existente entre las variables (Tmax, Eo y HR). **Fuente:** (INAMHI, 2018).

4.1.6 Precipitación

La precipitación promedio en el período estudiado registró los siguientes valores, una máxima de 3.83 mm día⁻¹ en el mes de noviembre y una mínima de 1.39 mm día⁻¹ en el mes de agosto (Figura 15).

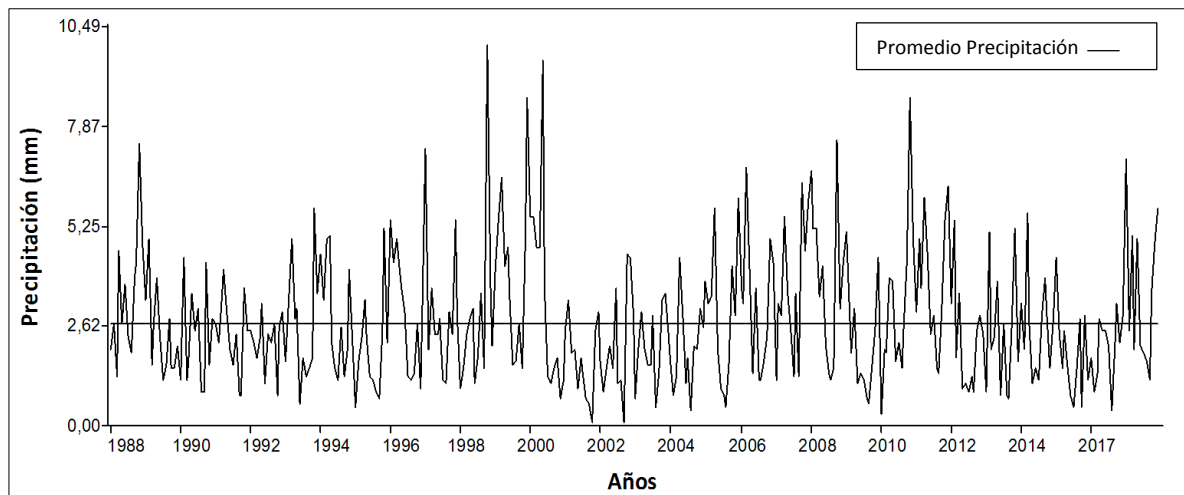


Figura 15. Precipitación mensual multianual. Serie de datos 1988 - 2017. **Fuente:** (INAMHI, 2018).

La precipitación promedio mensual del periodo estudiado registró los siguientes valores: la máxima fue de 3.83 mm día⁻¹ y se registró en el mes de noviembre y la mínima de 1.39 mm día⁻¹ y se registró en el mes de agosto (Figura 16).

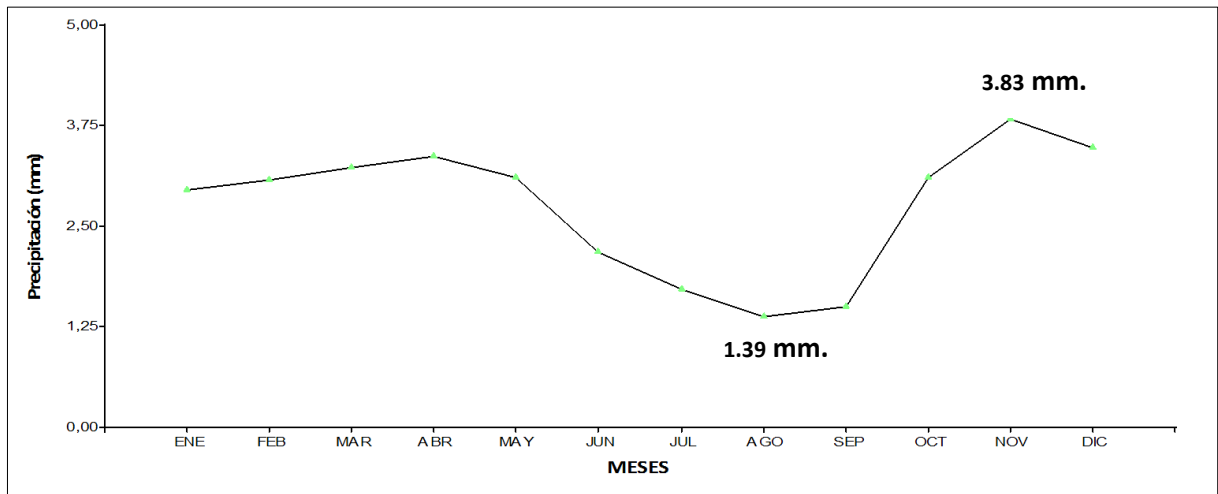


Figura 16. Precipitación promedio mensual. Serie de datos 1988-2017. **Fuente:** (INAMHI, 2018).

El coeficiente de variación varió entre el 37.44% y el 67.42% (Tabla 17), este parámetro permite identificar la alta dispersión de los datos de precipitación, por cuanto, para estudios hidrológicos se debe trabajar con probabilidades.

Tabla 17. Estadística descriptiva de precipitación (mm día⁻¹).

Mes	Media	Min	Max	DE	CV
Enero	2,98	0.30	7.30	1.97	66.24
Febrero	3.13	0.80	5.50	1.49	47.58
Marzo	3.16	1.20	6.80	1.62	51.19
Abril	3.40	1.80	6.00	1.23	36.11
Mayo	3.14	1.00	9.60	1.73	55.04
Junio	2.11	0.60	3.70	0.92	43.56
Julio	1.68	0.80	3.10	0.63	37.44
Agosto	1.39	0.40	3.50	0.80	57.45
Septiembre	1.54	0.10	3.90	0.87	56.39
Octubre	3.06	0.10	10.00	2.06	67.42
Noviembre	3.83	0.70	8.60	1.78	46.57
Diciembre	3.47	0.50	8.60	1.74	50.17

DE = Desviación estándar; CV = Coeficiente de variación.

El Test estadístico de Mann - Kendall (Tabla 18) no proporcionó ninguna tendencia. Significa que la precipitación es heterogénea a lo largo del tiempo y no presenta tendencias, las tendencias positivas y negativas de la precipitación varían debido a la influencia de la latitud, orografía, circulación atmosférica y del fenómeno El Niño.

Tabla 18. Análisis de tendencia para precipitación.

Serie de tiempo	Test Z	Nivel de significancia
Enero	0.00	-
Febrero	-0.46	-
Marzo	0.64	-
Abril	-0.39	-
Mayo	0.00	-
Junio	-0.36	-
Julio	-0.14	-
Agosto	-1.52	-
Septiembre	-1.68	-
Octubre	1.37	-
Noviembre	0.11	-
Diciembre	0.93	-

Test Z: (valor positivo) tendencia positiva, (valor negativo) ninguna tendencia; *: tendencia significativa y (-) = no es significativo.

4.1 Información de las encuestas

4.2.1 Información Geográfica Muestreal

La extensión del área del proyecto de investigación cubre 472.7 ha. Las cuales están destinadas como: cultivos transitorios el 59 %, pastos cultivados el 34 % y pasto natural el 7 % (Figura 17); siendo una de las estrategias base de la economía, que ha generado ingresos cubriendo gran parte de sus necesidades básicas como secundarias a cada habitante de la zona (GAD MONTUFAR, 2019).

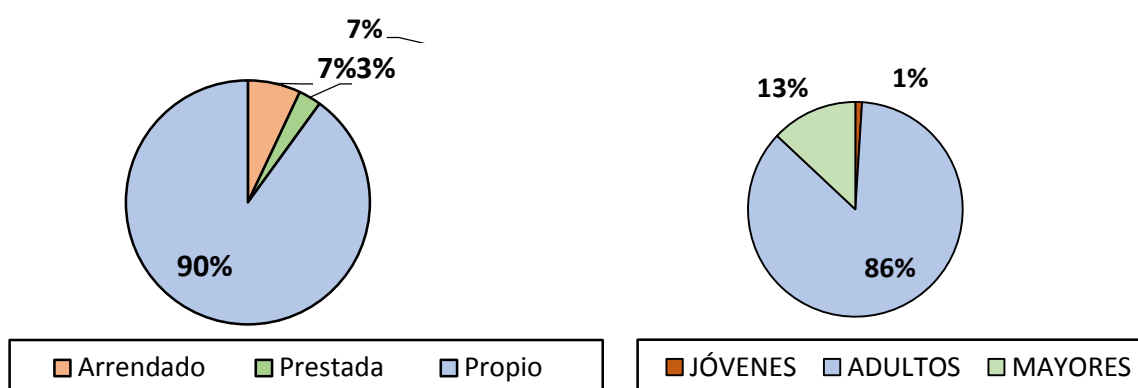


Figura 1

4.2.2 Características socio demográficas

El Intervalo de edad de la población encuestada fue clasificado en tres grupos: jóvenes, adultos y mayores; el primer grupo de edad comprendió entre 18 y 26 años (1 %), el segundo grupo de edad entre 27 y 59 años (86 %) y el tercer grupo edades entre 60 y 86 años (13 %) de los cuales el 61 % son: (hombres) y el 39 % (mujeres); el 90 % de los agricultores manifestaron que las tierras donde cultivan son propias, el 3% es prestado y el 7% arrendado (Figura 18).

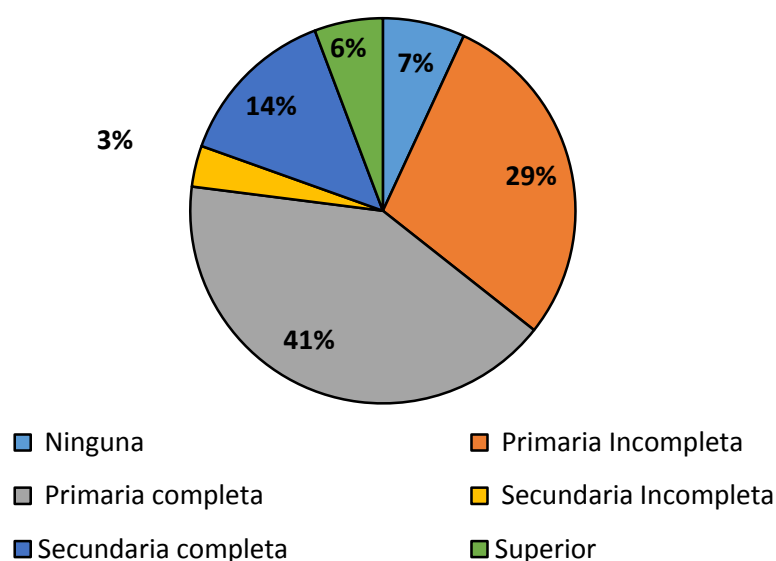


Figura 18. Información socio-económica y edad de los agricultores de la zona.

De acuerdo con el análisis del nivel educativo parroquia (Figura 19), se determinó que el 41 % tienen un nivel de primaria completa, el 29 % primaria incompleta, el 14 % secundaria completa, el 7 % ningún grado de educación, el 6 % con educación superior y el 3% secundaria incompleta.

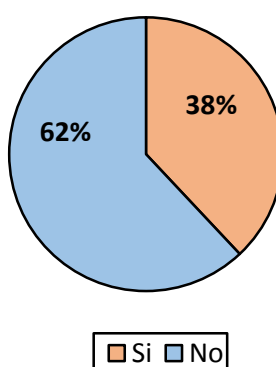


Figura 19. Nivel de escolaridad de los agricultores que cultivan al temporal.

4.2.3 Percepción del cambio climático por los agricultores de la zona.

De acuerdo a las características demográficas está compuesta por personas adultas y mayores, que a lo largo del tiempo han presenciado el cambio climático y a su vez como este cambio afecta a la agricultura. El 62 % de los agricultores que siembran al temporal mencionaron que creen en la existencia del cambio climático y el 38 % restante respondió que no creen en la existencia del cambio

climático entre ellas las personas que no tuvieron nivel de escolaridad y primaria incompleta (Figura 20).

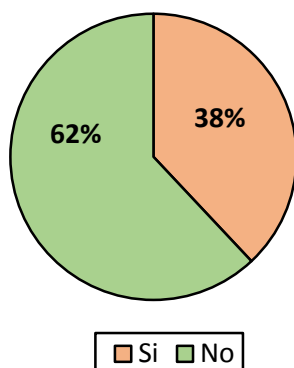


Figura 20. Porcentaje de agricultores que creen que existe el cambio climático.

El 62 % de los agricultores han notado la presencia del cambio climático y el 38 % no ha presenciado (Figura 21).

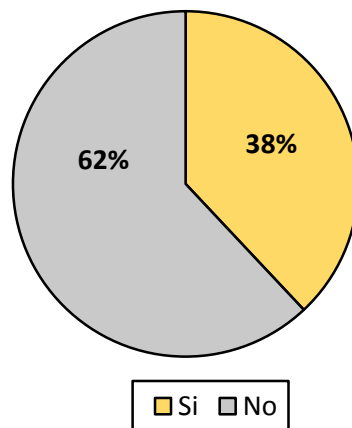


Figura 21. Porcentaje de agricultores que han notado la presencia del cambio climático.

De acuerdo con el análisis de la encuesta el 62 % de los agricultores respondieron que si se evidencio un incremento de temperatura y el 38 % restante no percibió cambio en la temperatura (Figura 22).

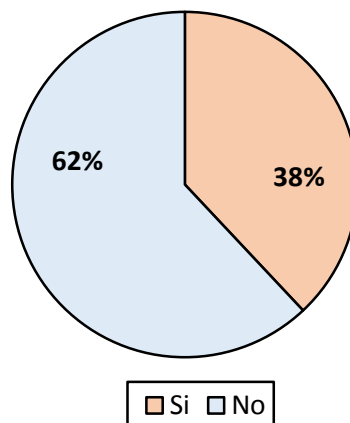


Figura 22. Percepción del incremento de temperatura por parte del agricultor.

De acuerdo con los resultados de la encuesta el 62 % de los agricultores manifestaron que la precipitación disminuyo y el 38 % restante de los agricultores respondieron que se mantiene la precipitación (Figura 23).

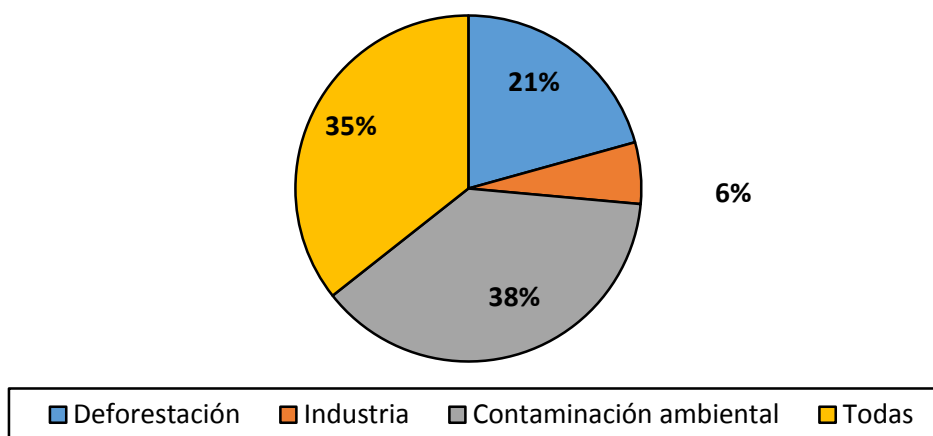


Figura 23. Percepción del incremento de precipitación por parte del agricultor.

4.2.4 Atribución del agricultor al cambio climático

De acuerdo al análisis de la atribución del cambio climático por parte de los agricultores respondieron el 21 % de agricultores aporta a la deforestación, 38 % contaminación ambiental, 5 % industria y 36 % todas es decir que aporta a la deforestación, contaminación ambiental e industria sumado un total del 100 % (Figura 24)

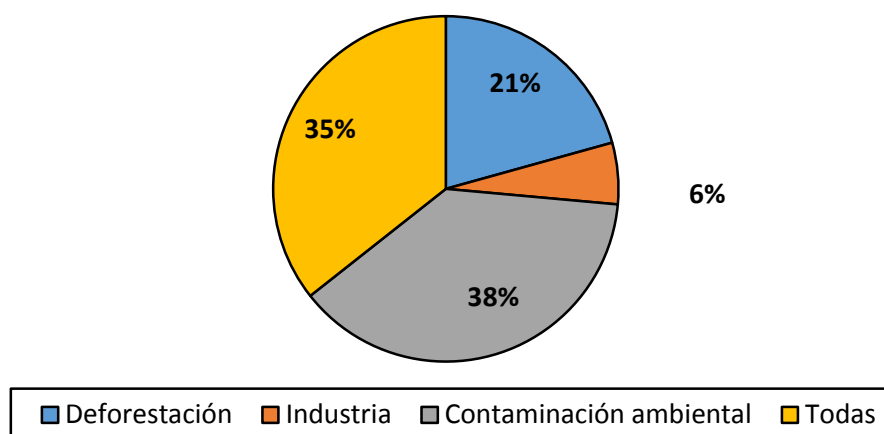


Figura 24. Porcentaje de atribución al cambio climático por parte del agricultor.

4.2.5 Afectación del cambio climático a la parte agrícola

Los agricultores de San Gabriel afirmaron que el cambio climático afectado directamente a la parte agrícola en las diferentes etapas fenológicas de los cultivos de ciclo corto entre ellos el desarrollo vegetativo el 13 %, rendimiento el 22 %; fechas de siembra el 8 % y todas el 57 % de los agricultores restantes dando significancia de que afecta el cambio climático tanto a fechas de siembra, desarrollo vegetativo como el rendimiento (Figura 25).

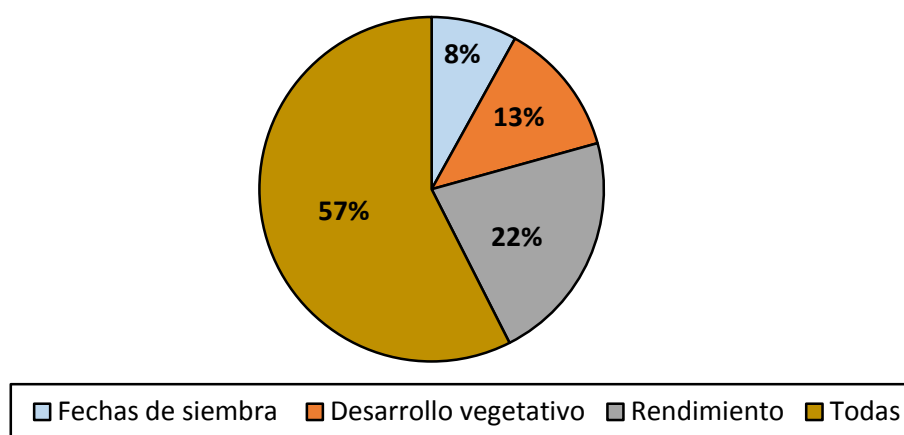
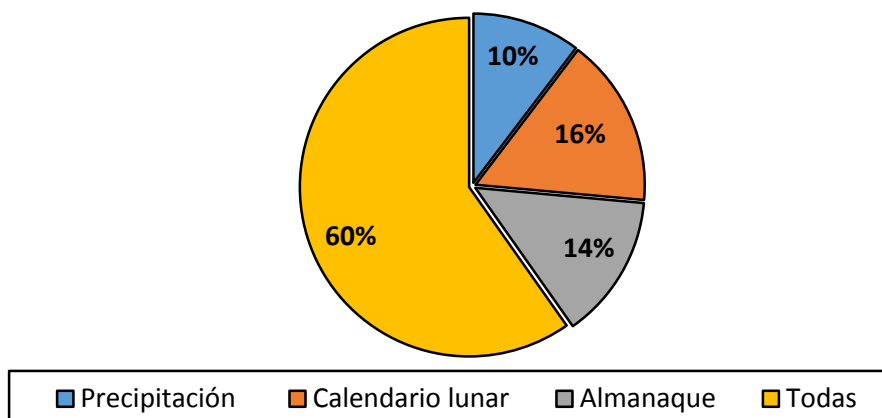


Figura 25. Porcentaje de personas que creen que el cambio climático afecta a las diferentes etapas del cultivo.

4.2.6 Criterios para las fechas de siembra

Los Criterios que toma en cuenta los agricultores para las fechas de siembra de los diferentes cultivos son; precipitación el 10% almanaque, el 16% calendario lunar el 14 % y todas el 60 % de agricultores restantes significando que para cultivar utilizan precipitación almanaque y calendario lunar (Figura 26). Los agricultores toman en cuenta el almanaque, calendario lunar de siembra y la precipitación con la finalidad de obtener mejores rendimientos; dichos instrumentos le ayudan al agricultor en cierta manera a determinar las fechas de siembra.



De acuerdo con el análisis de la encuesta, el 62 % de los agricultores respondieron que si han cambiado sus fechas de siembra y para el cultivo de papa la fecha de siembra la realizaban en el mes de julio. Actualmente para el cultivo de fréjol y maíz lo realizan en el mes de septiembre (segunda semana) y para papa, la segunda semana del mes de junio y el 38 % mantienen las fechas de tradición (Figura 27).

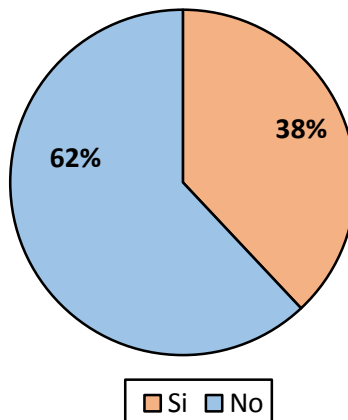


Figura 27. Cambio de fechas de siembra por los agricultores.

4.2.8 Agricultores que modificaron las frecuencias de fechas de siembra del cultivo de fréjol.

El 62 % de los agricultores encuestados han modificado las fechas de siembra debido a que la siembra la realizaban en el mes de agosto (tercera semana), actualmente el 28 % de los agricultores de esta

zona tienen establecido las fechas de siembra con mayor frecuencia durante el mes de septiembre: segunda semana y producen 37.5 ha de fréjol (Figura 28).

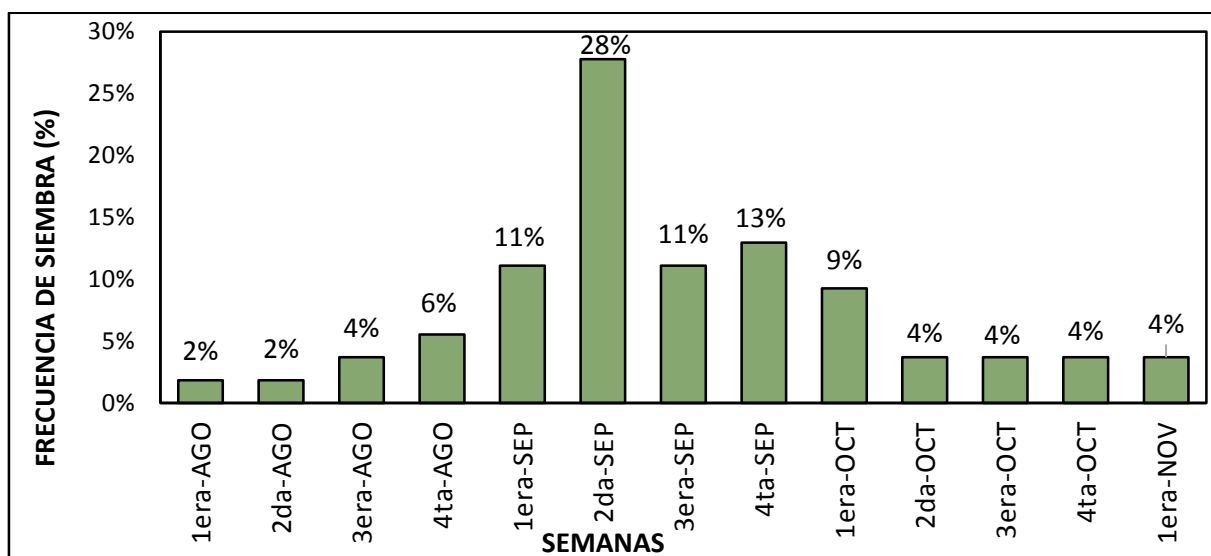


Figura 28. Fechas de siembra de mayor frecuencia del cultivo de fréjol - parroquia Cristóbal Colón.

4.2.10 Frecuencias de fechas de siembra del cultivo de maíz por parte del agricultor.

El 62 % de los agricultores encuestados han modificado las fechas de siembra debido a que la siembra la realizaban en el mes de agosto (tercera semana), actualmente el 28 % de los agricultores de esta zona tienen establecido las fechas de siembra con mayor frecuencia durante el mes de septiembre: segunda semana y el área sembrada es de 39.9 ha en producción del cultivo de maíz. Los agricultores siembran en septiembre aprovechando la época lluviosa para cubrir los requerimientos hídricos de cada fase del ciclo vegetativo del cultivo y la situación económica de cada familia (Figura 28).

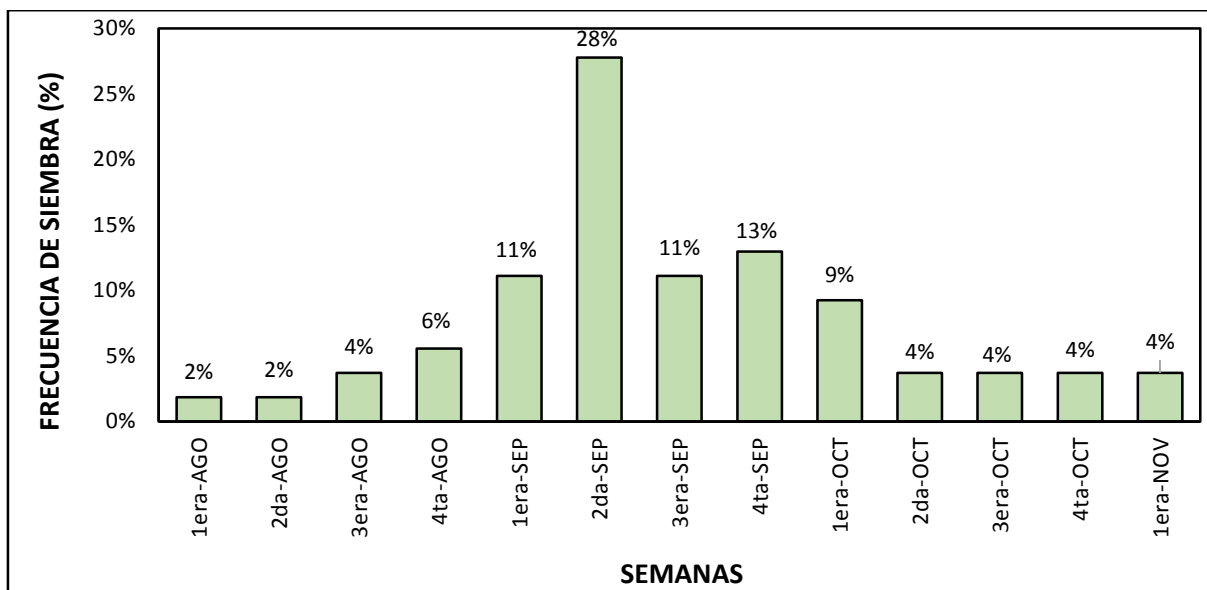


Figura 29. Fechas de siembra de mayor frecuencia del cultivo de maíz - parroquia Cristóbal Colón.

4.2.12 Frecuencias de fechas de siembra del cultivo de papa por parte del agricultor.

El 62 % de los agricultores encuestados han modificado las fechas de siembra debido a que la siembra la realizaban en el mes de julio (primera semana), actualmente el 30% de los agricultores de esta zona tienen establecido las fechas de siembra con mayor frecuencia durante el mes de junio: segunda semana y el área sembrada es de 168,56 ha en producción del cultivo de papa. Los agricultores siembran en septiembre aprovechando la época lluviosa para cubrir los requerimientos hídricos de cada fase del ciclo vegetativo del cultivo y la situación económica de cada familia (Figura 30).

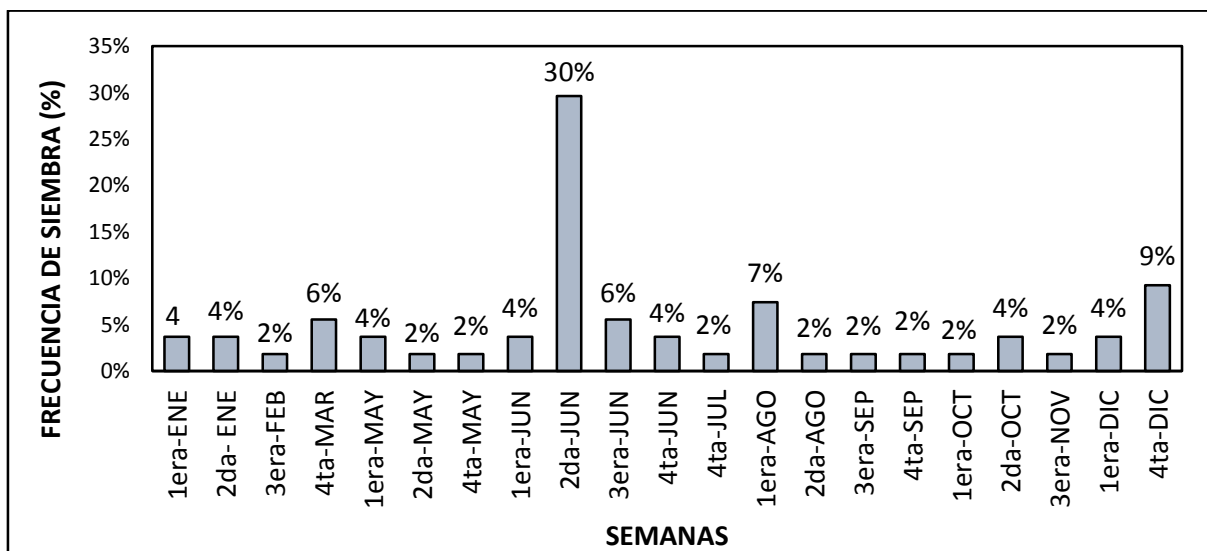


Figura 30. Fechas de siembra de mayor frecuencia del cultivo de papa - parroquia Cristóbal Colón.

4.3 Fechas de siembra al temporal según el Balance Hídrico

4.3.1 Cultivo de fréjol

Para el cultivo de fréjol se realizó el balance hídrico desde el mes de septiembre hasta febrero, siendo los días 01, 07, 14, 21 y 28 de cada mes, con un total de 30 fechas de siembra; las fechas de siembra óptimas se establecieron en función del balance hídrico, considerando una mayor disponibilidad hídrica, determinándose las siguientes fechas: 07 de febrero con un exceso de agua de 6.34 mm, 28 de septiembre con un déficit de 3.28 mm, 01 de octubre con un déficit de 2.08 mm, 07 de octubre con un déficit de 0.8 mm y la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor fue el 14 de septiembre con un déficit de 13.73 mm (Tabla 19).

De acuerdo con el análisis de la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor (14 de septiembre), se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 14 de septiembre y el 8 de octubre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 9 octubre y el 2 de noviembre, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase media, comprendida entre el 3 de noviembre y el 2 de diciembre, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 3 y el 22 de diciembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real (Figura 31). Según Escoto (2004), menciona que el cultivo de fréjol es sensible al exceso de humedad o a la poca disponibilidad de agua, lo cual puede causar efectos negativos en la producción, para ello, es necesario que en las etapas críticas del cultivo como: floración y fructificación (fase media) debe haber una buena disponibilidad de agua en el suelo para evitar un déficit hídrico debido a que la planta puede abortar los embriones afectando al rendimiento del cultivo.

Tabla 19. Balance Hídrico del cultivo de fréjol, para las diferentes fechas de siembra

Fecha de siembra	Evapotranspiración real (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Balance hídrico acumulado (mm)
1-sep	199.32	159.78	-39.54
7-sep	199.8	172.51	-27.29
14-sep	200.36	186.63	13.73
21-sep	200.21	194.31	-15.9
28-sep	199.55	196.27	3.28
1-oct	199.51	197.43	2.08
7-oct	199.5	198.69	0.8
14-oct	199.65	198.03	-1.62
21-oct	199.76	195.36	-4.4
28-oct	162.99	195.31	32.31
1-nov	198.95	195.75	-3.2
7-nov	197.88	193.37	-4.51
14-nov	197.11	195.91	-1.19
21-nov	196.02	195.65	-0.87
28-nov	195.89	189.12	-6.76
1-dic	195.83	184.08	-11.76
7-dic	195.19	181.44	-13.75
14-dic	193.98	182.13	-11.84
21-dic	193.22	169.51	-23.71
28-dic	192.42	169.87	-22.55
1-ene	191.88	170.48	-21.39
7-ene	191.08	182.39	-8.69
14-ene	189.98	187.35	-2.63
21-ene	189.41	190.54	1.12
28-ene	188.99	196.27	7.28
1-feb	189.09	198.68	9.59
7-feb	188.31	194.65	6.34
14-feb	187.5	194.11	6.61
21-feb	186.01	191.06	6.05
28-feb	185.19	186.05	6.85

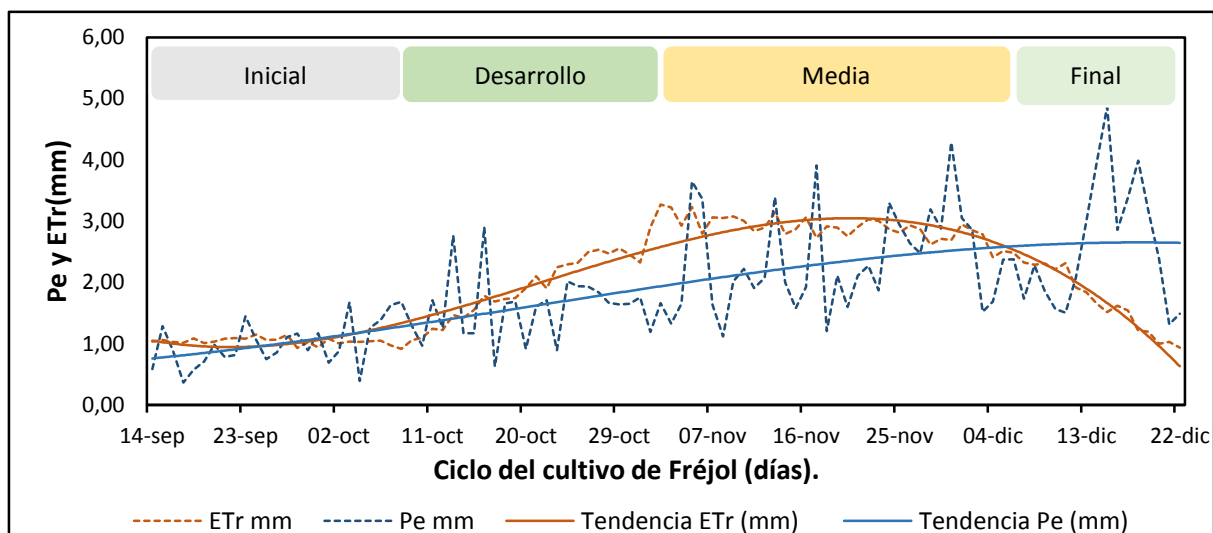


Figura 31. Pe y ETr para el cultivo de fréjol. Fecha de siembra del agricultor (14-septiembre).

Inicial (germinación y emergencia), **Desarrollo** (desarrollo vegetativo), **Media** (floración, formación de vaina y llenado de vaina) y **Final** (cosecha).

En la (Figura 32), para la fecha de siembra 07 de febrero se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 07 de febrero y el 02 de marzo, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 3 de marzo y el 27 de marzo, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase media, comprendida entre el 28 de marzo y el 26 de abril, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase final, comprendida entre el 27 de abril y el 16 de mayo, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real.

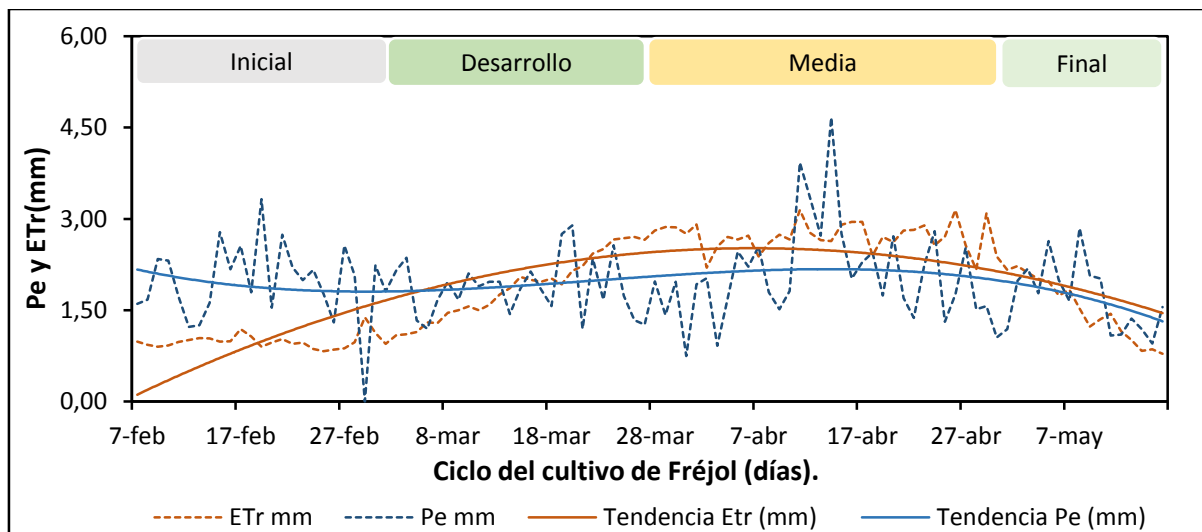


Figura 32. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (07 de febrero).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo), **MEDIA** (floración, formación de vaina y llenado de vaina) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 33), para la fecha de siembra 07 de octubre, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 07 de octubre y el 31 de octubre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 01 de noviembre y el 25 de noviembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase media, comprendida entre el 26 de noviembre y el 25 de diciembre, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 25 de diciembre y el 14 de enero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

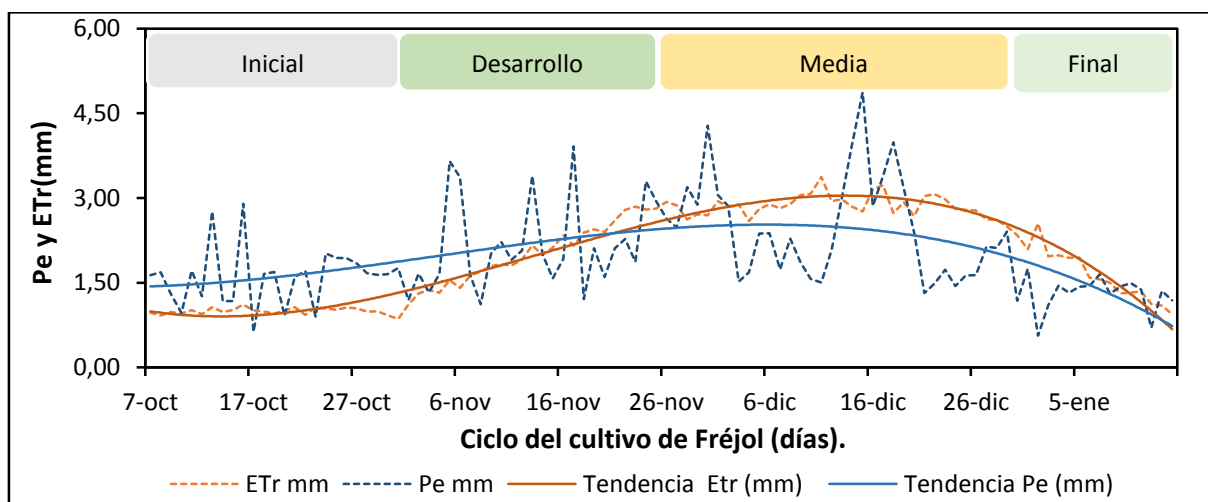


Figura 33. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (07 de octubre).

INICIAL (Germinación y Emergencia), **DESARROLLO** (Desarrollo vegetativo), **MEDIA** (Floración, Formación de vaina y Llenado de vaina) y **FINAL** (Cosecha)

En la (Figura 34), para la fecha de siembra 01 de octubre, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 01 de octubre y el 25 de octubre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 26 de octubre y el 19 de noviembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase media, comprendida entre el 20 de noviembre y el 19 de diciembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase final, comprendida entre el 20 de diciembre y el 8 de enero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

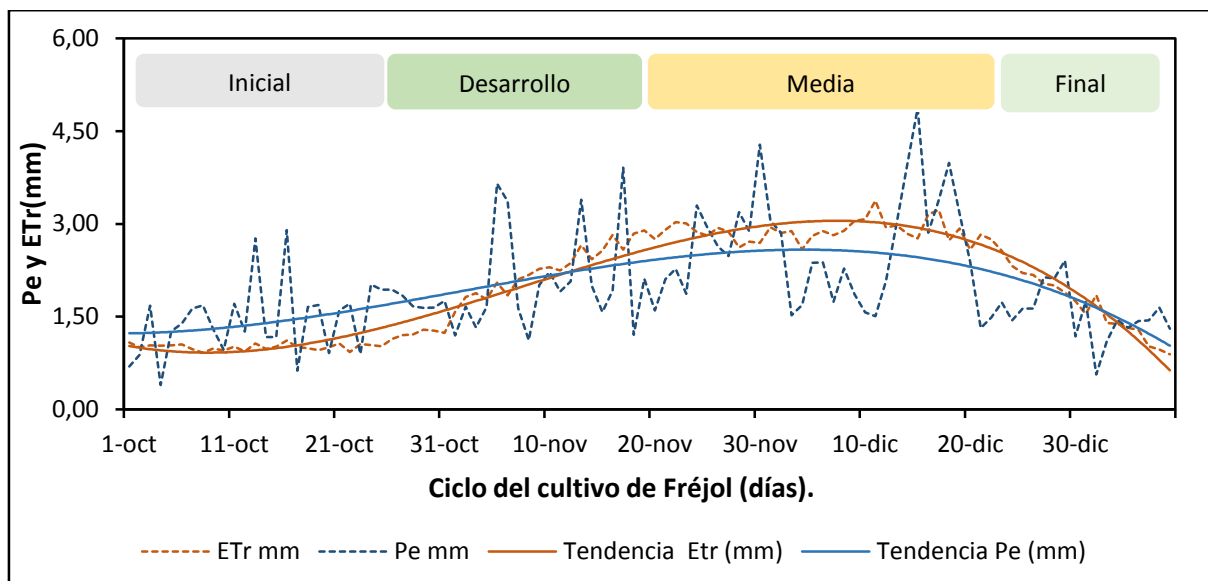


Figura 34 Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (01 de octubre).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo), **MEDIA** (floración, formación de vaina y llenado de vaina) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 35), para la fecha de siembra 28 de septiembre, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 28 de septiembre y el 22 de octubre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 23 de octubre y el 16 de noviembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase media, comprendida entre el 17 de noviembre y el 16 de diciembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase final, comprendida entre el 17 de diciembre y el 5 de enero, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real.

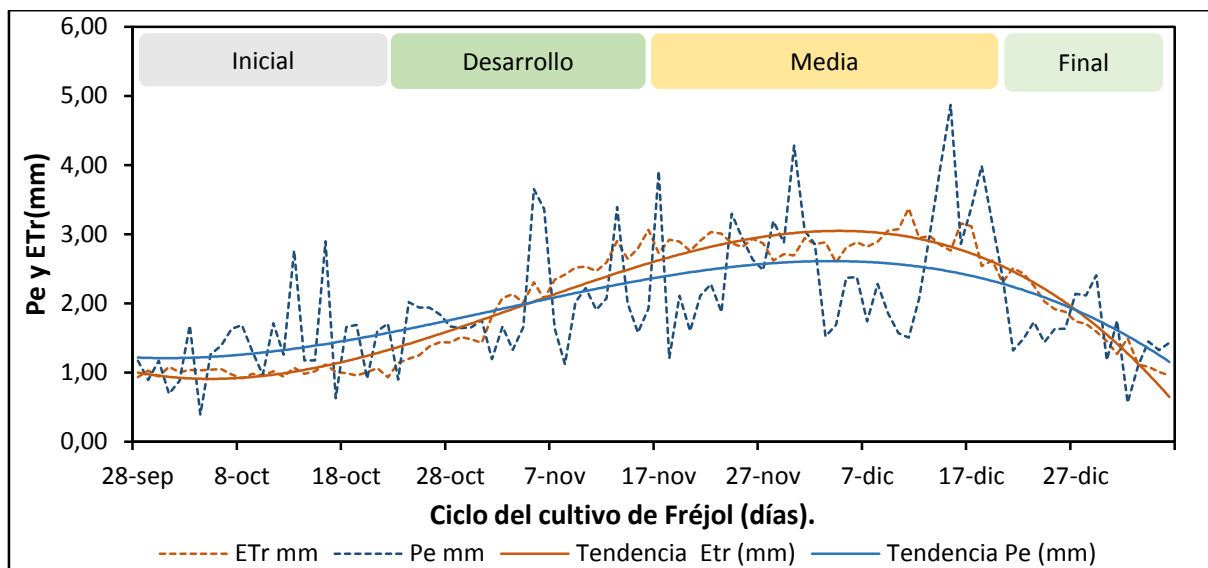


Figura 35 Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra. (28 de septiembre).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo), **MEDIA** (floración, formación de vaina y llenado de vaina) y **FINAL** (cosecha).

4.3.2 Cultivo de maíz

Para el cultivo de maíz se realizó el balance hídrico desde el mes de septiembre hasta febrero, siendo los días 01, 07, 14, 21 y 28 de cada mes, con un total de 30 fechas de siembra; las fechas de siembra óptimas se establecieron en función del balance hídrico, considerando una mayor disponibilidad hídrica, determinándose las siguientes fechas: 28 de diciembre con un déficit de agua 11.48 mm, 14 de enero con un déficit 110.73 mm, 21 de enero con 111.28 mm. La fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor es el 14 de septiembre y presenta un déficit de 124.37 mm (Tabla 20).

De acuerdo con el análisis de la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor (14 de septiembre), se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 14 de septiembre y el 13 de octubre, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 14 de octubre y el 2 de diciembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase media, comprendida entre el 2 de diciembre y el 31 de enero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 01 de febrero y el 11 de marzo, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real (Figura 36). Según Alonso (2010), menciona que el cultivo de maíz es una planta que requiere mayor cantidad de agua durante su desarrollo vegetativo; para ello es necesario que en las etapas críticas del cultivo como: floración y maduración (fase media) debe haber una buena disponibilidad hídrica en el suelo en esta etapa sufre transformaciones como el ápice tiempo después se forma el penacho después de 8 a 10 días se forma

la mazorca en este tiempo el crecimiento radicular y aéreo es muy rápido y constante donde la planta requiere mayor cantidad de agua para sus funciones fisiológicas, se debe evitar la falta de agua debido a que en la floración perjudica la liberación de polen y la emergencia de los estigmas ocasionando bajos rendimientos en la producción

Tabla 20. Balance Hídrico del cultivo de maíz, para diferentes fechas de siembra

Fecha de siembra	Evapotranspiración real (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Balance hídrico acumulado (mm)
1-sep	443.19	305.66	-137.53
7-sep	444.09	312.05	-132.03
14-sep	443.79	319.42	-124.37
21-sep	442.58	326.78	-125.8
28-sep	440.43	335.1	-118.33
1-oct	440.23	336.45	-173.78
7-oct	438.78	339.16	-199.61
14-oct	437.69	341.87	-195.82
21-oct	436.9	353.45	-183.46
28-oct	435.2	356.53	-178.67
1-nov	434.88	356.93	-177.95
7-nov	433.62	353.83	-179.79
14-nov	431.86	353.76	-178.11
21-nov	430.02	349.37	-180.65
28-nov	428.36	343.6	-184.77
1-dic	427.9	339.12	-188.77
7-dic	426.19	333.84	-177.35
14-dic	423.84	329.79	-169.05
21-dic	422.14	311.67	-130.47
28-dic	419.74	308.26	-111.48
1-ene	418.7	304.06	-114.64
7-ene	416.63	302.33	-114.3
14-ene	414.06	303.34	-110.73
21-ene	412.02	300.74	-111.28
28-ene	409.96	302.04	-117.91
1-feb	409.65	301.17	-118.48
7-feb	408.31	294.83	-113.48
14-feb	407.08	288.14	-118.94
21-feb	405.12	280.22	-124.9
28-feb	405.54	271.51	-134.03

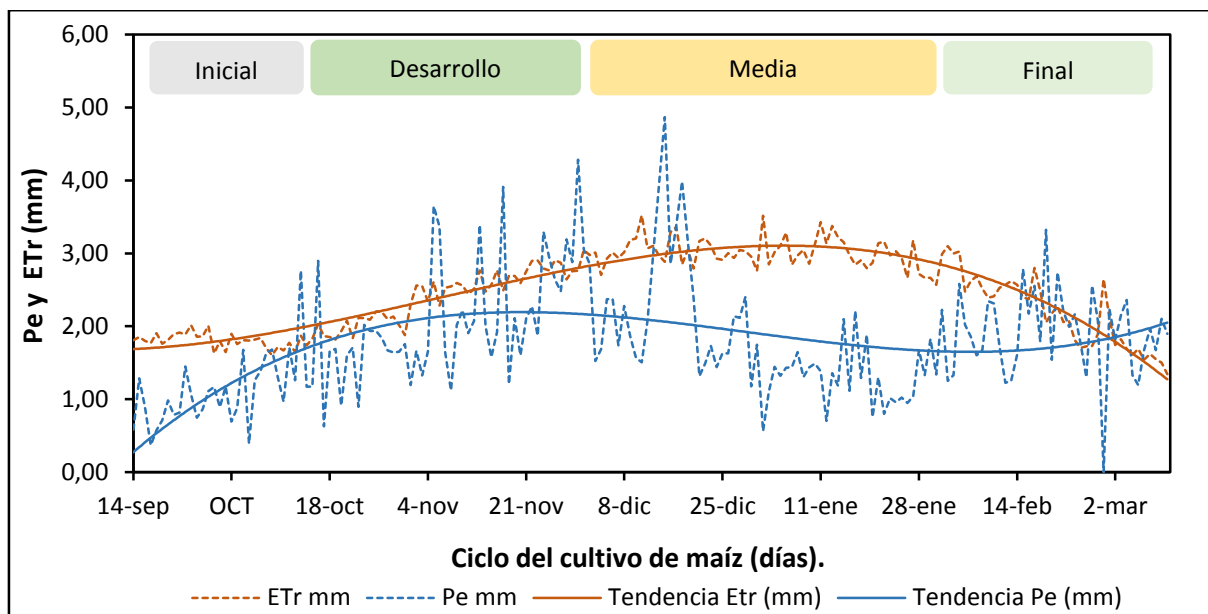


Figura 36 . Representación de la Pe y ETr, fecha de siembra del agricultor. (14 de septiembre).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo), **MEDIA** (floración y maduración) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 37), para la fecha de siembra 21 de enero, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 21 de enero y el 19 de febrero, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 20 de febrero y el 9 de abril, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase media, comprendida entre el 10 de abril y el 8 de junio, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 09 de junio y el 18 de julio, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

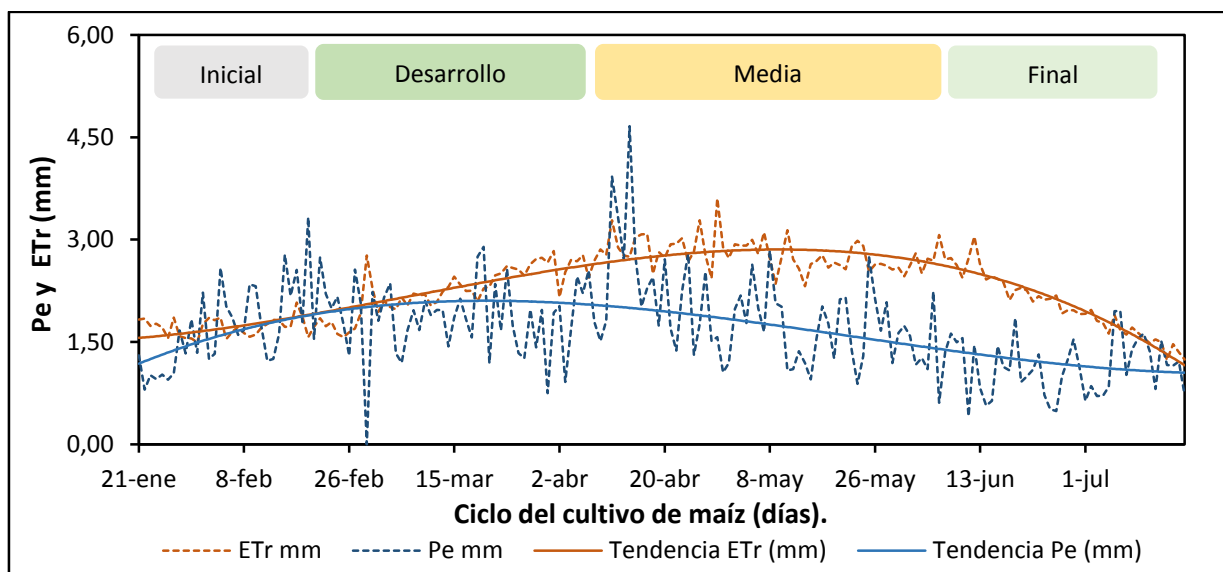


Figura 37 Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (21 de enero).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo), **MEDIA** (floración y maduración) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 38), para la fecha de siembra 21 de enero, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 14 de enero y el 12 de febrero, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 13 de febrero y el 2 de abril, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase media, comprendida entre el 03 de abril y el 01 de junio, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 02 de junio y el 11 de julio, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

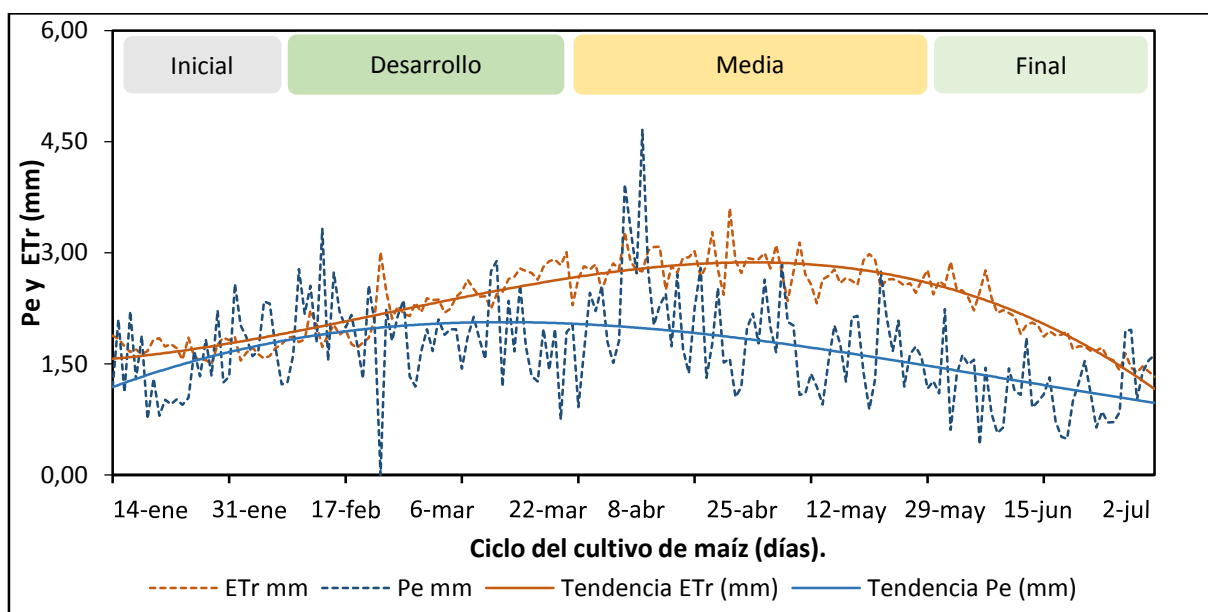


Figura 38 Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra 14 de enero.

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo), **MEDIA** (floración y maduración) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 39), para la fecha de siembra 28 de diciembre, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 14 de enero y el 12 de febrero, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 13 de febrero y el 2 de abril, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase media, comprendida entre el 03 de abril y el 01 de junio, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 02 de junio y el 11 de julio, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

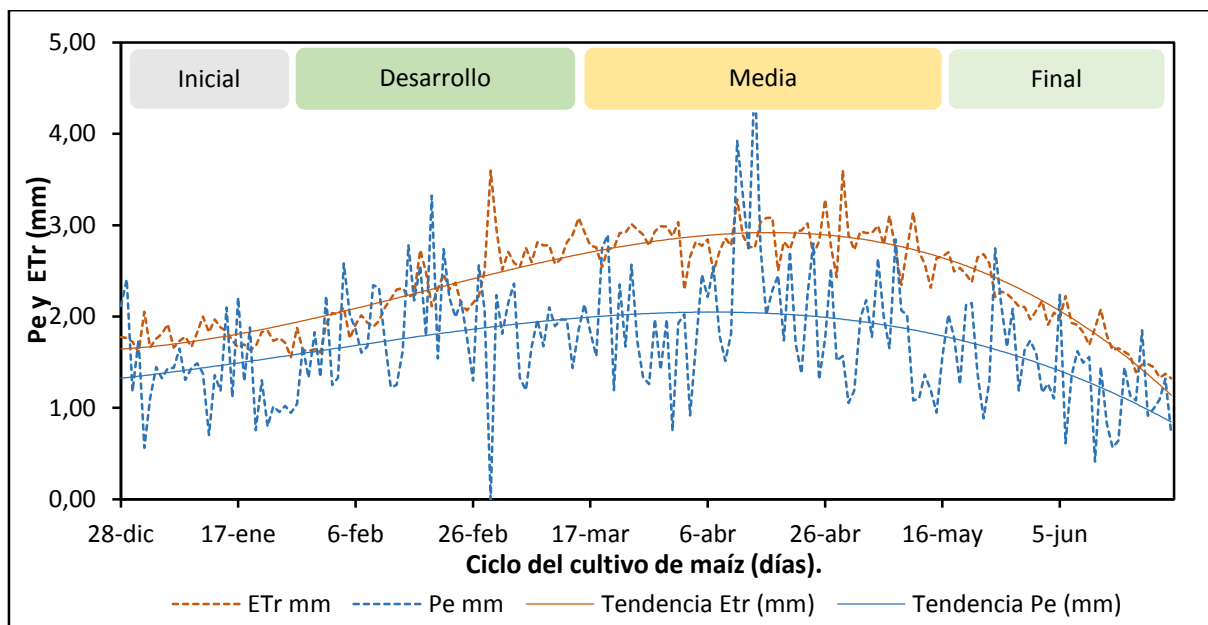


Figura 39 Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (28 de diciembre).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo), **MEDIA** (floración y maduración) y **FINAL** (cosecha).

4.3.3 Cultivo de papa

Para el cultivo de papa al temporal se realizó el balance hídrico durante los meses de: septiembre a febrero y junio (35 fechas de siembra); las fechas de siembra óptimas se establecieron en función del balance hídrico, considerando una mayor disponibilidad hídrica, determinándose las siguientes fechas: 01 de septiembre con un déficit de agua 95.6 mm, 07 de septiembre con un déficit de 43 mm, 07 de diciembre con un déficit de 88.3 mm, 14 de septiembre con un déficit de 76.1 mm. La fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor es el 14 de junio y presenta un déficit de 143.2 mm (Tabla 22).

De acuerdo con el análisis de la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor (14 de junio), se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 14 de junio y el 29 de julio, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 30 de julio y el 28 de agosto, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase media, comprendida entre el 29 de agosto y el 5 de noviembre, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 6 y el 25 de noviembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real (Figura 40). Según Román & Hurtado (2002), menciona que el cultivo de papa es sensible al déficit de agua durante su desarrollo vegetativo; para ello es necesario que en las etapas críticas del cultivo como: desarrollo vegetativo e inicio de formación de

tubérculos (fase de desarrollo) no debe agotarse el agua más de un 30 % a un 35 % en esta etapa es donde más sufre transformaciones fisiológicas del tubérculo.

Tabla 22. Balance Hídrico para las fechas de siembra del cultivo de papa.

Fecha de siembra	Evapotranspiración real (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Balance hídrico acumulado (mm)
1-sep	369.48	273.89	-95.6
7-sep	370.09	281.83	-88.3
14-sep	369.15	293.09	-76.1
21-sep	368.79	299.83	-69
28-sep	365.62	303.19	-95.8
1-oct	367.03	307.89	-59.1
7-oct	365.96	313.18	-52.8
14-oct	365.26	315.61	-49.7
21-oct	364.03	316.81	-47.2
28-oct	361.98	318	-44
1-nov	361.77	323.07	-38.7
7-nov	360.27	326.13	-34.1
14-nov	358.95	325.67	-33.3
21-nov	358.25	323.36	-34.9
28-nov	357.08	320.74	-36.3
1-dic	356.98	313.93	-43
7-dic	355.53	308.81	-46.7
14-dic	344.72	285.2	-46.1
21-dic	342.97	281.76	-57.4
28-dic	349.44	292.28	-57.2
1-ene	348.81	289.07	-59.7
7-ene	346.79	288.48	-58.3
14-ene	344.72	285.2	-59.5
21-ene	342.97	281.76	-61.2
28-ene	341.33	284.1	-57.2
1-feb	341	283.24	-57.8
7-feb	339.27	279	-60.3
14-feb	276.7	275.2	-58.5
21-feb	336.2	266.32	-69.9
28-feb	333.9	255.57	-79
1-jun	345.47	194.83	-150.6
7-jun	347.48	199.73	-147.8
14-jun	349.33	206.1	-143.2
21-jun	351.1	218.95	-132.2
28-jun	335.82	258.62	-77.2

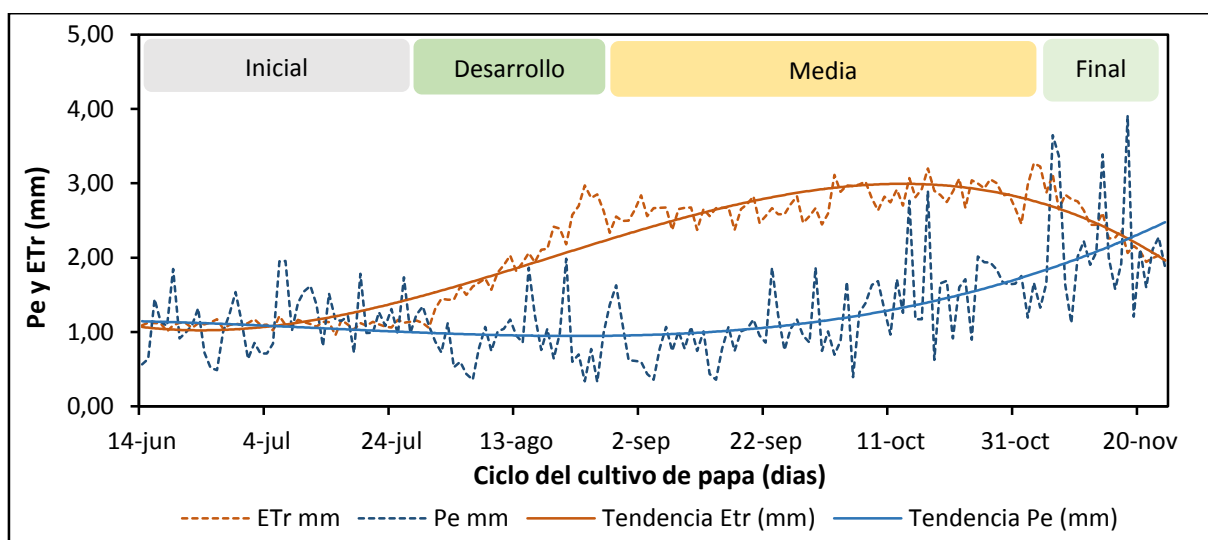


Figura 40. Representación de la Pe y ETr, fecha de siembra del agricultor (14 de junio).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo e inicio de formación de tubérculos), **MEDIA** (floración, madurez fisiológica y tuberización) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 41), para la fecha de siembra 01 de septiembre, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 01 de septiembre y el 15 de octubre la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase de desarrollo, comprendida entre el 16 de octubre y el 14 de noviembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real ; en la fase media, comprendida entre el 15 de noviembre y el 23 de enero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 24 de enero y el 12 de febrero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

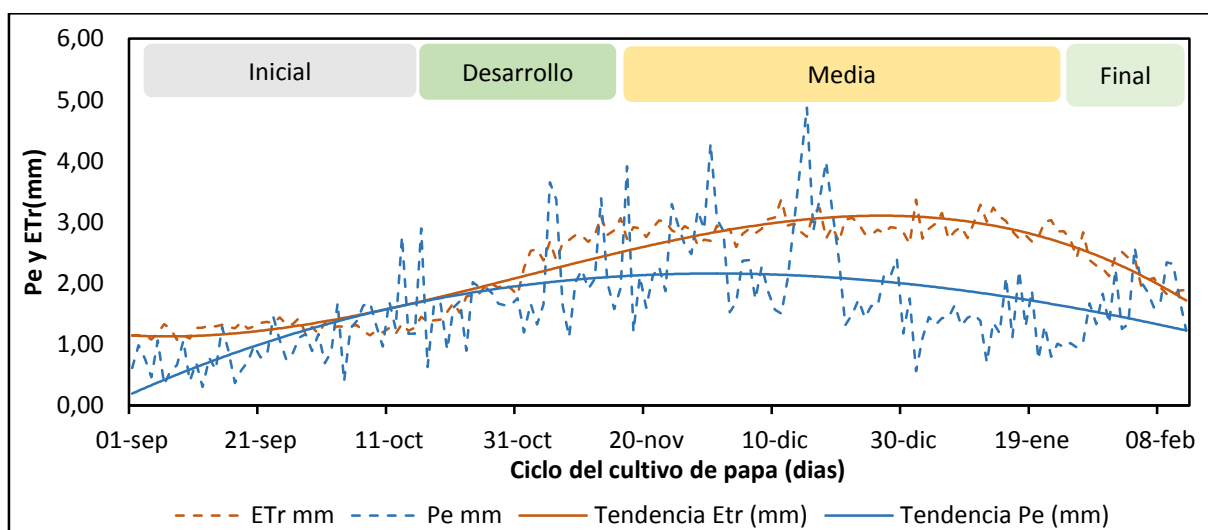


Figura 41. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (01 de septiembre).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo e inicio de formación de tubérculos), **MEDIA** (floración, madurez fisiológica y tuberización) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 42), para la fecha de siembra 07 de septiembre, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 07 de septiembre y el 21 de octubre, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase de desarrollo, comprendida entre 22 de octubre y el 20 de noviembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase media, comprendida entre 21 de noviembre y el 29 de enero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 30 de enero y el 18 de febrero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

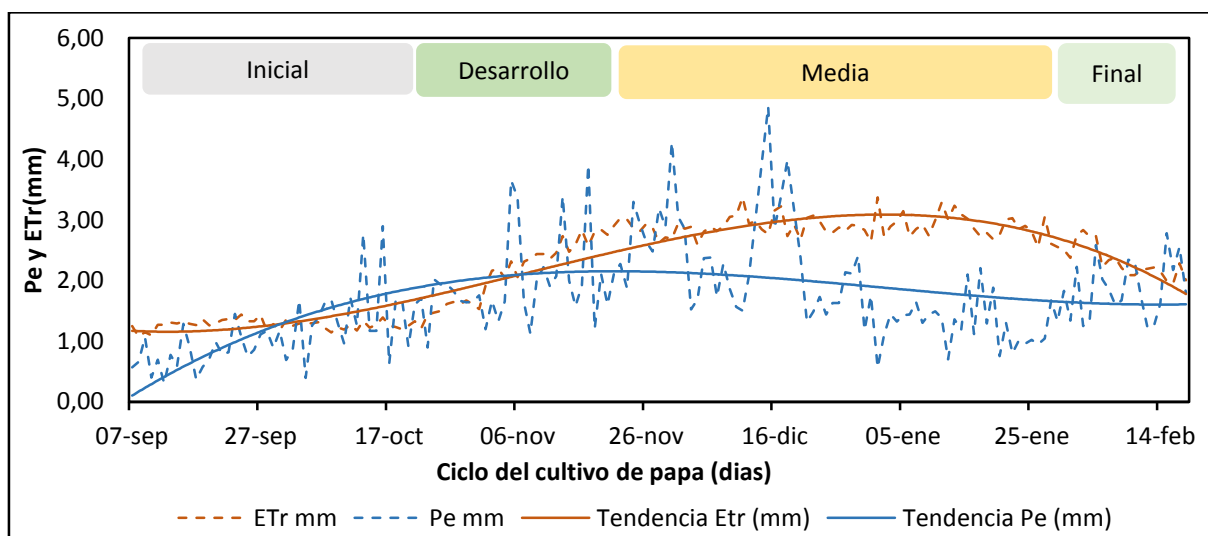


Figura 42. Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (07 de septiembre).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo e inicio de formación de tubérculos), **MEDIA** (floración, madurez fisiológica y tuberización) y **FINAL** (cosecha).

En la (Figura 43), para la fecha de siembra 14 de septiembre, se determinó: en la fase inicial, comprendida entre el 14 de septiembre y el 28 de octubre, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase de desarrollo, comprendida entre 29 de octubre y el 27 de noviembre, la precipitación efectiva fue mayor a la evapotranspiración real; en la fase media, comprendida entre 28 de noviembre y el 05 de febrero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva; en la fase final, comprendida entre el 06 de febrero y el 25 de febrero, la evapotranspiración real fue mayor a la precipitación efectiva.

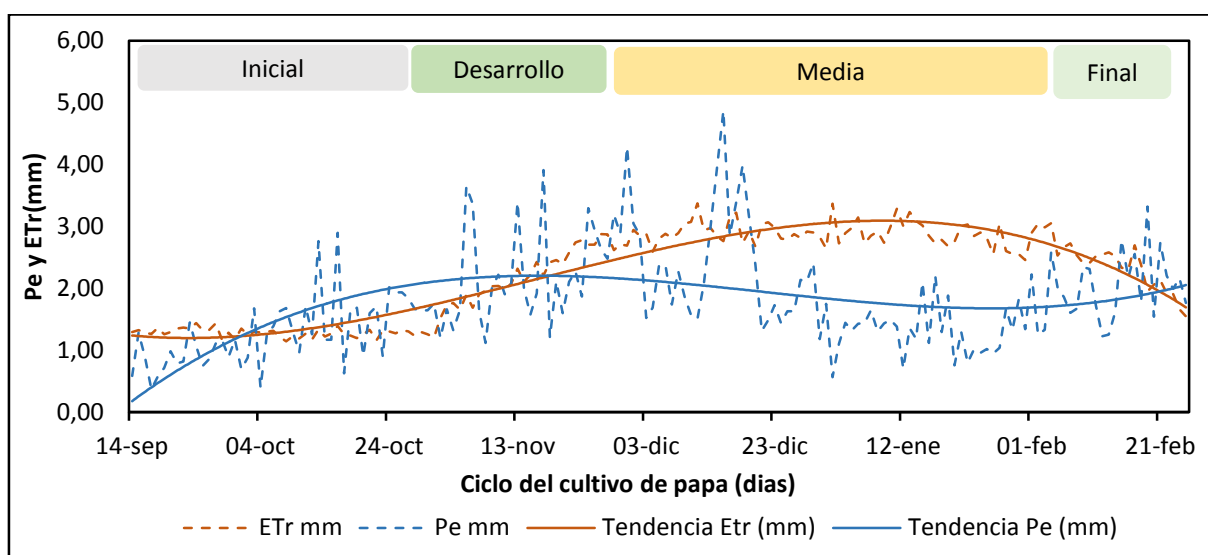


Figura 43 Representación de la Pe y ETr, con fecha de siembra (14 de septiembre).

INICIAL (germinación y emergencia), **DESARROLLO** (desarrollo vegetativo e inicio de formación de tubérculos), **MEDIA** (floración, madurez fisiológica y tuberización) y **FINAL** (cosecha).

En la (Tabla 21) se presenta un resumen de las fechas de siembra de mayor frecuencia del agricultor y las mejores fechas seleccionadas son producto de los resultados de los mejores valores del Balance Hídrico; fechas en las cuales la precipitación efectiva es mayor a la evapotranspiración real en las etapas críticas del cultivo de tal manera que cubren la necesidad hídrica del mismo.

Tabla 21. Fechas de siembra con mejor disponibilidad hídrica.

Cultivo	Fecha de siembra de mayor frecuencia	Fechas de siembra con mayor disponibilidad hídrica
Fréjol	14 de septiembre	07 de febrero
		28 de septiembre
		01 de octubre
		07 de octubre
Maíz	14 de septiembre	14 de enero
		21 de enero
		28 de diciembre
Papa	14 de junio	01 de septiembre
		07 de septiembre
		14 de septiembre

V. CONCLUSIONES

La presente investigación realizada en la provincia del Carchi - San Gabriel, en la parroquia de Cristóbal Colón y permitió obtener las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que en la estación meteorológica San Gabriel existe una variación climática, de tendencia positiva para la temperatura mínima en el mes de Julio; tendencia positiva para la temperatura máxima en los meses de junio y agosto; tendencia positiva para la humedad relativa en los meses de marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre; tendencia positiva para la evaporación del tanque clase A en el mes de agosto.
2. De acuerdo con el análisis de las encuestas, las fechas de siembra de mayor frecuencia de los agricultores para cultivos transitorios al temporal fueron: para fréjol y maíz la segunda semana de septiembre y para el cultivo de papa la segunda semana del mes de junio; las fechas de siembra mencionadas por parte de los agricultores están siendo modificadas debido a la situación económica de cada familia y a la inestabilidad del clima.
3. Las fechas de siembra óptimas determinadas a partir del balance hídrico fueron: para el cultivo de fréjol, la primera semana de febrero, cuarta semana de septiembre y la primera semana de octubre; para el cultivo de maíz, la segunda y tercera semana de enero y la cuarta semana de diciembre; para el cultivo de papa, las tres primeras semanas del mes de septiembre, siempre y cuando se mantengan las mismas tendencias de precipitación y evapotranspiración de referencia.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo con el presente estudio de investigación, se sugiere la siguiente recomendación:

En consideración con el presente trabajo de investigación, se debería establecer un proyecto de investigación piloto en la zona, para sembrar los cultivos en las fechas de mayor disponibilidad hídrica determinadas en el estudio y contrastarlas con los resultados obtenidos bajo las fechas de siembra de mayor frecuencia utilizadas por el agricultor.

VII. RESUMEN

La agricultura al temporal es una práctica agrícola que consiste en aprovechar los recursos hidrológicos como las precipitaciones en todo el ciclo del cultivo (Loyer *et al.* 1993). Se conoce que la agricultura de temporal representa el 75 % de superficie cultivada (Reddy & Syme, 2015) y genera alrededor del 70 % de los alimentos básicos en el mundo. En el Ecuador, la agricultura al temporal representa una superficie de 78.62 % aproximadamente (INEC, 2017), son zonas explotadas por pequeños agricultores.

Los cultivos de ciclo corto, fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea Mays* L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.) son los cultivos más importantes en el Ecuador, debido a que son los cultivos principales en las actividades agrícolas generadoras de ingresos económicos y forman parte de la dieta alimenticia diaria de algunas regiones principalmente en la región Sierra.

La agricultura al temporal es afectada por la variación del clima, especialmente las precipitaciones, las cuales afectan directamente al crecimiento, productividad agrícola y rendimiento de los cultivos.

Los métodos utilizados son: estadística descriptiva y el método de Man Kendall para las variables climáticas temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, evaporación y precipitación; la precipitación efectiva se determinó por el método de la FAO; la evapotranspiración de referencia por el método del tanque evaporímetro; el balance hídrico se realizó para 30 fechas de siembra por el método del balance de masas y para determinar las fechas de siembra de mayor frecuencia se realizó una encuesta a los agricultores de la zona.

Para la temperatura mínima, los meses más fríos son julio, agosto y septiembre, con valores promedio de 8 °C; para la temperatura máxima, los meses más cálidos son agosto, septiembre y octubre con un promedio de 23.68 °C; para la humedad relativa, los meses con menor humedad son julio y agosto con valores de 65.70 % y los meses con mayor humedad relativa son enero, febrero, marzo abril, mayo, octubre noviembre y diciembre, con un promedio del 79,17 %; para la evaporación, los meses de junio, julio, agosto y septiembre presenta la mayor evaporación y los meses con menor evaporación son enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre; en la precipitación, se presentan dos períodos lluviosos entre marzo y abril y entre octubre y noviembre, el período más seco se encuentra entre los meses de junio, julio y agosto.

De acuerdo a los resultados del balance hídrico, las mejores fechas seleccionadas para la siembra del cultivo de fréjol son entre la primera y la última semana de febrero con un exceso de agua durante todo el ciclo del cultivo, mientras que, la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor es la

primera semana de noviembre, en el cual existe un déficit hídrico en las etapas críticas del cultivo; para el cultivo de maíz, las mejores fechas de siembra son: 28 de septiembre, 01 hasta el 28 de febrero, en las cuales existe el menor déficit hídrico, mientras que la fecha de mayor frecuencia para el agricultor es la primera semana de noviembre con un déficit hídrico casi en todo el ciclo del cultivo; para el cultivo de papa, las mejores fechas de siembra son: 01 de septiembre, 07 de septiembre, y 14 de septiembre en las cuales existe una buena distribución de precipitaciones en las etapas críticas del ciclo del cultivo.

Según las encuestas, la población que se dedica a la agricultura al temporal es mayoritariamente adulta y si perciben la variación del clima.

Se recomienda extender la investigación a la fase de campo, continuar con el análisis de tendencia en otras regiones, así como se impartan cursos y talleres en donde a los agricultores aprendan sobre las medidas para mitigar las variaciones del clima.

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd, M., Alshikh, A., M, H. I., Abdel, S., Salih, R., Kadhim, A. H., & M, K. A. A. (2017). Adaptation of Sowing Date for Improving Sorghum Yield in Rainfed Areas in Sudan Using AQUACROP Model, 9(8), 220–228. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n8p220>
- Acosta Amanda. (2009). *La inserción de pequeños productores maiceros organizados del cantón ventanas en la agricultura por contrato y el desarrollo local*.
- Aldo. (2015). Artículo de Divulgación Variabilidad.
- Allen G., R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO : Estudios FAO Riego y Drenaje* 56, 297. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529143>
- Almeida, C. S. (2017). Cambio Climático y Comercio justo en Ecuador : Resiliencia Campesina Territorial de las organizaciones de pequeños productores de la CECJ, 1–14.
- Almeida, F. M. De, Pereira, G. J. G., Sánchez, J. A., Torres, W., Noval, D., Cabrera, J. A., & Hernández, A. (2015). El desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) En diferentes municipios de la provincia HUAMBO, ANGOLA Major issues that affect the development of the cultivation of the potato (*Solanum tuberosum* L.) in different municipalities of the pr, 36(4), 100–107.
- Alonso, A. (n.d.). Introducción Cálculo de las necesidades hídricas.
- Aravena Javiera. (2010). DAÑINO EFECTO DEL EXCESO DE AGUA EN EL SUELO, 38–39.
- Badillo, M. (2018). ANÁLISIS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU INCIDENCIA EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL ECUADOR EN EL AÑO 2017, 96.
- Bastidas, W. (2016). GUÍA CLIMÁTICA AGROECOTURÍSTICA, 107.
- Boulevard Adolfo. (2009). *Cambio climático Ciencia, evidencia y acciones*.
- Calbó, J., Sánchez-Lorenzo, A., Martín-Vide, J., Vicente-, S. M., & Wild, M. (2010). ESPAÑA Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LAS VARIACIONES DE LA RADIACIÓN SOLAR EN SUPERFICIE (1985-2010).
- Cañada María, Galán Encarnación, F. F. Y. C. B. (2001). *ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS MEDIAS ANUALES DE LA MESETA SUR ESPAÑOLA*

DURANTE EL SIGLO XX. Universidad Autónoma De Madrid.

Cárdenas Fabiola. (2002). INFLUENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA Y LA TEMPERATURA EN LA ACTIVIDAD DEL ESTIGMA, 7(10).

CORPEI. (2009). Perfil de fréjol. *PERFIL DE FRÉJOL*.

CPEIP. (2014). ELEMENTOS Y FACTORES DEL CLIMA (p. 19). Retrieved from http://ftp.e-mineduc.cl/cursoscpaip/CsSoc/4-6-basico/II/Unidad4/documentos/estrategia/ClimaEstrategiaGeo_c2_u4.pdf

Dahmen. (1990). Screening of Hydrological Data : Test for Stationarity and Relative Consistency, 58.

Dane. (2008). INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN, 7.

Dastane, N. G. (1974). Precipitación efectiva. *Estudio Sobre Riego y Avenamiento*, 25, 5560.

Durán, A. (2000). Agua en el suelo.

Emma Torres Navarrete^{1, 3}, D. Q. C., Adolfo Sánchez Laíño^{1, 3}, M. R. B., Betty, González Osorio^{1, 4}, A. T. N., Briones², A. C., & Alexandra Haro Chong². (n.d.). Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi ecuador: caso comuna panyatug. 2013, 23–31.

ENCC. (2012). *Estrategia Nacional Del Cambio Climático En Ecuador*.

Escobar, R. (2014). El Cultivo De Secano. *Revista Geografía Agrícola*, 52–53, 61–113.

ESPAC. (2011). Reporte estadístico del SECTOR AGROPECUARIO.

FAO. (2012). Estadísticas agropecuarias - esag.

FAO. (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua TTITULO.

FAO. (1989). Balance hídrico y necesidades de agua para los cultivos más importantes en la cuenca del rio Ciénega.

FAO. (1989). Capítulo 4 Requerimientos de riego Parcelario, Manual De Riego, 55–64.

FAO. (1990). Evapotranspiración de referencia (ET_o) Ecuación de FAO Penman-Monteith.

FAO. (2002). Perspectivas por sectores principales Producción de cultivos.

FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

FAO. (2009). Understanding climate variability and climate change, 1–25.

- FAO. (2012). *Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Riego y Drenaje* (Vol. 66).
<https://doi.org/978-92-5-308564-4>
- FAO. (2014). Perfil de Mercado de Papa Fresca, 2014.
- FAO. (2015). Documento de Trabajo N ° 7A : Balance Hídrico de la Cuenca del río Limay Provincia del Neuquén.
- FIRA. (2016). Panorama Agroalimentario | Frijol 2016.
- Flores Ernesto, F. A. y R. J. (2014). Climate change impact on the evaporation trends in the dam La Vega, Teuchitlán, Jalisco, México, (November). <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i10.1039>
- Flores, H. D. (2005). GUÍA TÉCNICA DEL CULTIVO DE MAÍZ.
- GAD MONTUFAR. (2019). No Title. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de La Provincia Del Carchi, 2*.
- Gallego María de la Cruz. (2003). Un estudio de la variabilidad climática en la Península Ibérica.
- Gasselin, P. (2014). El riego en Ecuador : problemática, debate y políticas, (January 2005).
- Giménez, L. (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia Uruguay, 16*, 92–102.
- González-cortés, N., Silos-espino, H., Carlos, J., Cabral, E., Archivaldo, J., & Leonardo, C. (2016). Características y propiedades del maíz (Zea mays L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México
 * Characteristics and properties of maize (Zea mays L.) grown in native Aguas calientes, México
 Resumen Introducción, 7, 669–680.
- GUALPA, F. (2014). Departamento de ciencias de la vida y la agricultura.
- Guerrero, M. (2016). Rendimientos De Papa En El Ecuador Segundo Ciclo 2015, 2015.
 65(1), 6399–6405.
- Herrera, G. (2016). *Cambio climático afecta al sector productivo de Carchi*. Retrieved from
<https://lahora.com.ec/noticia/1101906769/cambio-climc3a1tico-afecta-al-sector-productivo-de-carchi>
- Hernández-López1, V. M., Vargas-Vázquez2, M. L. P., Muruaga-Martínez2, J. S., Hernández-Delgado1, S., Mayek-Pérez1, y N., & *. (2013). ORIGIN, DOMESTICATION AND DIVERSIFICATION OF COMMON BEANS. *ADVANCES AND PERSPECTIVES, 36*(2), 95–104.

- Hernández, F. (2006). ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA COSTA ECUATORIANA, 13(1), 2005–2006.
- HERNANDO ARIAS, RENGIFO MARTÍNEZ, M. J. (2007). *BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN LA PRODUCCIÓN DE FRÍJOL VOLUBLE*.
- Hurtado Gonzalo. (2012). LARGO PLAZO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA PARA LAS REGIONES HIDROCLIMÁTICAS DE COLOMBIA.
- Ibarra, R. (2007). Requerimientos hídricos y manejo del agua de riego en cultivos forrajeros. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, (4), 50.
- INAMHI. (2004). *Anuario meteorológico 2004*.
- INAMHI. (2012). Temperatura y humedad. Retrieved from <http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/TICA/TemperaturaYhumedad.pdf>
- INAMHI. (2014). Análisis de las condiciones climáticas registradas en el Ecuador continental en el año 2013 y su impacto en el sector agrícola.
- INAMHI. (2015). ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO.
- INAMHI. (2018). *Estación Meteorológica Quito, variables Climatológicas*.
- INEC. (2016). Información Ambiental en la Agricultura 2016.
- INEC. (2017). Módulo de tecnificación Agropecuaria ESPAC 2017.
- INIAP. (1975). INIAP - Estación Experimental Pichilingue, (52).
- Iñiguez Pedro, Salinas Eileen, Rendón Roberto, Aguilar Jorge, C. F. y S. D. (2017). Quantitative methods, qualitative methods or combination of research: an approach in the social sciences sociales * Quantitative methods, qualitative methods or combination of research : an approach in the social sciences Resumen.
- INOCAR. (2012). CAPÍTULO I: Información General de la República del Ecuador INOCAR 2012 1.1, 13–24.
- INTA. (2009). Frijol. *Guía Tecnológica Frijol*.
- IPCC. (2014). *CAMBIO CLIMÁTICO 2014*.
- J. Bendix, R. Rollenbeck, P. F. (2006). Advances in Geosciences Precipitation dynamics and chemical properties in tropical mountain forests of Ecuador, 73–76.

Jack, S. (2006). El cambio climático:

Jazmín, W., & Chitalogro, P. (2016). UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR EVALUACIÓN DEL MANEJO AGRONÓMICO Y REACCIÓN A ENFERMEDADES DE VARIEDADES MEZCLA DE FRÉJOL (Phaseolus TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TUTOR : ING. AGR. JOSÉ OCHOA M. Sc.

Jerónimo, S. (2009). Análisis de la agricultura de temporal en México y su relación con las cuestiones climáticas; caso maíz y frijol. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7400/TERESO GUTIERREZ MONTES.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7400/TERESO_GUTIERREZ_MONTES.pdf?sequence=1)

Jiménez, S., Castro, L., Yépez, J., & Wittmer, C. (2012). Avances DE INVESTIGACIÓN Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador, 95.

LALE María. (2008). *TENDENCIAS DE LA TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD RELATIVA EN TINGO María PARA EL PERÍODO 1940-2007*.

López Pedro. (2001). POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO. *Scielo.*, 69–74.

Loyer, J. Y., Estrada, A. J., Jasso, I. R., & L., M. D. (1993). Estudio de los factores que influyen los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica 36, 372.

MAG. (1991). Frijol. Phaseolus vulgaris L. *Aspectos Técnicos Sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*, 9.

Mansilla Pablo Sebastián. (2018). EVALUACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DE MAÍCES ESPECIALES (Zea mays L.): SELECCIÓN PARA CALIDAD AGROALIMENTARIA.

Marofi, S. (2015). Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman' s Rho Tests in Arid Regions of Iran Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman' s Rho Tests in Arid Regions of Iran, (January 2012). <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9913-z>

Monteros, A., & Sumba, E. (2014). Productividad Agrícola en el Ecuador. *Magap*, 12. Retrieved from http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/indice_productividad.pdf

Morales, E. R. B. (2015). *MANEJO DE CULTIVOS ANDINOS DEL ECUADOR*.

Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., Vuuren, D. P. Van, ... Wilbanks, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and

- assessment. *Nature*, 463(7282), 747–756. <https://doi.org/10.1038/nature08823>
- Moya, R. (2006). CLIMAS DEL ECUADOR.
- Muñoz, F., C. L. (1984). MANUAL DE CULTIVO DE PAPA.
- Narváez, E. (2014). Evaluación de la adaptabilidad de 5 variedades de fréjol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.), en el sector la Delicia Baja, cantón Montufar, Carchi., 53(9), 109.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- NASA. (2002). La zona de convergencia intertropical, ZCIT, 3.
- NASA. (2010). National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies, 4.
- NASA. (2017). National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute of Space Studies, 3.
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T.,... Lee, D. (n.d.). POLÍTICA ALIMENTARIA Cambio Climático.
- Orellana, L. (2001). ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, 137.
- Panizo, R. S. (2008). El cultivo del maíz en ecuador.
- Pisico, P. (2012). *La evolución de la humedad atmosférica*. Retrieved from <http://cambioclimaticoenergia.blogspot.com/2012/01/la-evolucion-de-la-humedad-atmosferica.html>
- PUERTAS OLGA, CARVAJAL YESID, Q. M. (2011). STUDY OF MONTHLY RAINFALL TRENDS IN THE UPPER AND MIDDLE CAUCA RIVER BASIN, COLOMBIA. *DYNA*, 78.
- Pumisacho, M. y Sherwood S. (2002). EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR.
- Ramírez-necoechea, M., & Taylor-preciado, R. (2012). Climate change impacts on animal food production.
- Reddy, V. R., & Syme, G. J. (2015). *Integrated Assessment of Scale Impacts of Watershed Intervention*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800067-0.00001-3>
- Remrová, M., & Císlerová, M. (2010). Analysis of Climate Change Effects on Evapotranspiration in the Watershed Uhlířská in the Jizera Mountains, 2010(1), 28–38.
- Rodríguez Manuel, B. M. (2009). *Cambio climático : lo que está en juego*.
- Román, M., & Hurtado, G. (2002). La Papa. *Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal*,

- Ruiz. (1999). Requerimientos Agroecológicos, 89–172.
- Salinger M J, G. G. M. (2001). TRENDS IN NEW ZEALAND DAILY TEMPERATURE AND RAINFALL EXTREMES, 1452, 1437–1452.
- Samaniego Natalia-Rojas¹, Eguiguren Paul, M. A. N. (2015). Clima de la Región Sur el Ecuador : historia y tendencias, (December).
- Sánchez*; E. S. G. G. D.-V. J. de A., & Torres, J. de J. D. (2013). Estimación del balance hídrico mediante variables climáticas, en la cuenca del río Cazonas, Veracruz, México Avaliação do balanço hídrico por meio de variáveis climáticas na bacia do rio Cazonas, Veracruz, México Assessment of hydric balance through, 8. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- SENAMHI. (2011). Ciclo hidrológico.
- SENPLADES. (2019). 2019 GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DEL CARCHI MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉZ DE LA EDUCACION AMBIENTAL NO FORMAL. Retrieved from <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/GESTION-AMBIENTAL-CARCHI.pdf>
- Serrano, S., Zuleta Mediavilla, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacis, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. *La Granja*, 16. Retrieved from <https://doi.org/10.17163/lgr.n16.2012.03>
- Shadmani, M., Marofi, S., & Roknian, M. (2012). Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Arid Regions of Iran. *Water Resources Management*, 26(1), 211–224. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9913-z>
- Sheng Yue, P. P., & y Cavadias George. (2002). Power of the Mann $\pm$ Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *ELSEVIER*, 259, 254–271.
- SIAR. (1998). Cálculo de la precipitación efectiva, 2–3.
- Sudamericana tours. (2013). *Clima Medio Ambiente Y Tecnología*. Ecuador. Retrieved from <https://www.elclima-enelmundo.com/2013/03/como-es-el-clima-en-ecuador.html>
- Ulloa, J. A., Petra, M. C., Ulloa, R., Carmen, J., Ramírez, R., Blanca, I. B. Q., & Ulloa, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos, (8), 5–9.

- Valdez-Cepeda, R. D.; Mendoza, B. D.-S., R.; Valdés-Galicia, J.; López-Martínez, J. D., & and Martínez-Rubín de Celis, E. (2003). Powerspectrum behavior of yearly mean grain yields. *Fractals.*, 3, 295–301.
- Velásquez, J. A., & Giraldo, P. A. (2005). *C e r d o*.
- Vera Leonor. (2017). Análisis de las tendencias en temperatura del aire extrema y precipitación diaria en la costa ecuatoriana, 21, 2016–2017.
- Vilchis Arturo. (2014). “Coeficiente de variación,” 1–5.
- Villafuerte, D. A. M. (2017). Disertación previa a la obtención del título de Economista Pérdidas pos cosecha en la cadena de valor del rubro papa, un estudio de caso en la provincia del Carchi Año : 2016.
- VILLODAS Carlos y SEGERER Rubén. (2006). *HIDROLOGIA I*.
- Vincenti, S. S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E., & Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito, 16(2), 23–47.
- Vorgelegt Paul. (2009). *A Climatology of South Ecuador*, 275. Retrieved from file:///C:/Users/paoch/Downloads/PaulEmckDissertation.pdf
- Vose, R. S., Easterling, D. R., & Gleason, B. (2004). Maximum and minimum temperature trends for the globe: an update through 2004, 2004–2006.
- Waldo Ojeda-Bustamante^{1*}, E. S.-I., Íñiguez-Covarrubias¹, M., & Martín J. Montero-Martínez¹. (2011). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos, 1–11.

IX ANEXOS

Anexo 1 . Descripción de los escenarios.

	FACTOR 1: CULTIVOS	FACTOR 2: MESES	FACTOR 3: FECHAS DE SIEMBRA	DESCRIPCIÓN
1			1	SEP- 1
2	Fréjol	Septiembre	7	SEP- 7
3	Maíz		14	SEP- 14
4	Papa		21	SEP- 21
5			28	SEP- 28
6			1	OCT-1
7	Fréjol	Octubre	7	OCT-7
8	Maíz		14	OCT-14
9	Papa		21	OCT-21
10			28	OCT-28
11			1	NOV-1
12	Fréjol	Noviembre	7	NOV-7
13	Maíz		14	NOV-14
14	Papa		21	NOV-21
15			28	NOV-28
16			1	DIC-1
17	Fréjol	Diciembre	7	DIC-7
18	Maíz		14	DIC-14
19	Papa		21	DIC-21
20			28	DIC-28
21			1	ENE-1

22	Fréjol	Enero	7	ENE -7
23	Maíz		14	ENE -14
24	Papa		21	ENE -21
25			28	ENE -28
26			1	FEB-1
27	Fréjol	Febrero	7	FEB -7
28	Maíz		14	FEB -14
29	Papa		21	FEB -21
30			28	FEB -28
31			1	MAR -1
32	Papa	Marzo	7	MAR -7
33			14	MAR -14
34			21	MAR -21
35			28	MAR -28
37			1	ABR -1
38	Papa	Abril	7	ABR -7
39			14	ABR -14
40			21	ABR -21
41			28	ABR -28
42			1	MAY -1
43			7	MAY -7
44	Papa	Mayo	14	MAY -14
45			21	MAY -21
46			28	MAY -28
47			1	JUN-1

48			7	JUN -7
49	Papa	Junio	14	JUN -14
50			21	JUN -21
51			28	JUN -28

Anexo 2. Encuesta.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Ingeniería Agronómica



Encuesta de Producción de cultivos de ciclo corto (maíz, papa, fréjol)

Objetivo: Determinar las fechas de siembra al temporal para los cultivos de fréjol, maíz y papa en San Gabriel-Carchi.

A.- Información geográfica y muestral	
1.- N° de Cuestionario	
2.- Provincia	
3.- Cantón	
4.- Parroquia	
5.- Zona	

B.- Información general del Agricultor

6.- Edad del Agricultor	
-------------------------	--

7.- Sexo		1.- Hombre
		2.- Mujer

8.- Nivel de escolaridad		1. Ninguna
		2. Primaria incompleta
		3. Primaria completa
		4. Secundaria incompleta
		5. Secundaria completa
		6. Tecnología
		7. Superior
		8. otros

C.- Datos Socio-Económicos

9.- La UPA donde cultiva es:		1. Propio
		2. Arrendado
		3. Prestada

10.- ¿Cuál es la extensión total cultivada de la UPA?	
---	--

D.- Criterios para determinar la percepción del cambio climático frente a la agricultura

11.- ¿Cree usted que existe el cambio climático?		1.Si	Pase a la pregunta 12
		2 No	Pase a la pregunta 15

12- ¿Ha notado la presencia del cambio climático?		1.Si	Pase a la pregunta 13
		2 No	Pase a la pregunta 15

13.- ¿A qué atribuye usted al cambio climático?		1. Deforestación
		2. Industria
		3. Contaminación ambiental
		4.- Todas

14.- ¿Ha afectado el cambio climático a la parte agrícola?		1 Fechas de siembra
		2 Desarrollo vegetativo
		3 Rendimiento
		4 Todas

16.- ¿Cuál es la percepción de la cantidad de lluvias de este año en comparación con la de los anteriores años?		1.Incremeto
		2.Dismunuyo

17.- En Cuanto a las fechas de siembra, ha cambiado la época de siembra que realizaba tradicionalmente en sus cultivos de fréjol maíz y papas?			1.SI
18.- Que criterios toma en cuenta para las fechas de siembra?			1.- Precipitación 2.- Calendario lunar 3.- Almanaque 4.- Todas

19.-Cuál es su superficie sembrada actualmente y en que fechas sembró:

cultivos	Mes	fecha de siembra	Superficie/ ha
1.- fréjol		1era semana	
		2da semana	
		3era semana	
		4ta semana	
2.- maíz		1era semana	
		2da semana	
		3era semana	
		4ta semana	
3.- papa		1era semana	
		2da semana	
		3era semana	
		4ta semana	
4.- Otros			

Gracias por su colaboración

Anexo 3. Descripción física de la zona de estudio

La encuesta se realizó en la provincia del Carchi Gabriel, San Gabriel Cantón Montufar en la parroquia de Cristóbal Colón, parroquia rural fundada el 6 de mayo de 1931 cuenta con tierras fértiles tipo de suelo franco arenoso, gran porcentaje está dedicado al sector agrícola y ganadero, produciendo a gran escala cultivos transitorios como fréjol maíz, habas, papas, chocho, arveja, etc. es una zona que no tiene sistema de riego, la mayoría de los productores son dueños de sus propios predios y generan ingresos de sus propias tierras con la finalidad de sustentar la economía de cada familia.



Figura 45. Cultivos de la parroquia de Cristóbal Colón.



Figura 44. Cultivos de maíz.

Anexo 4. Fotografías de la zona de estudio



Figura 57. Agricultor encuestado en la Parroquia Cristóbal Colón.

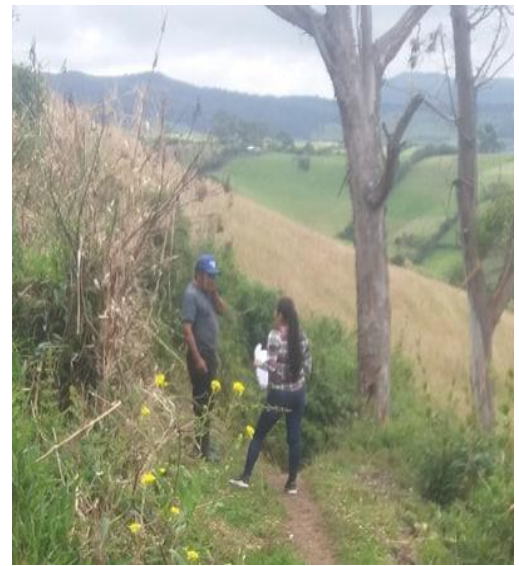


Figura 46. Agricultor encuestado en la Parroquia Cristóbal Colón.

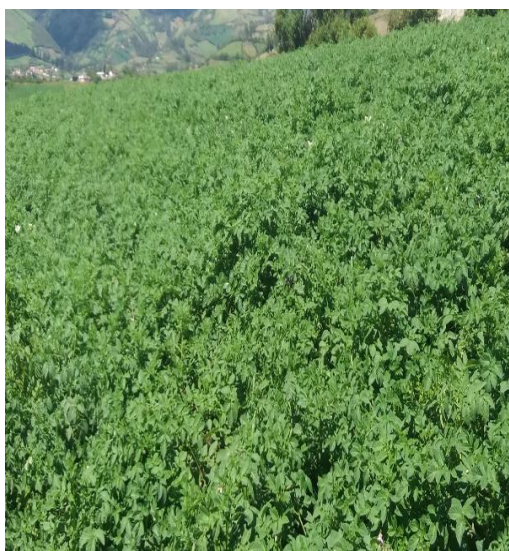


Figura 59. Cultivo de papa

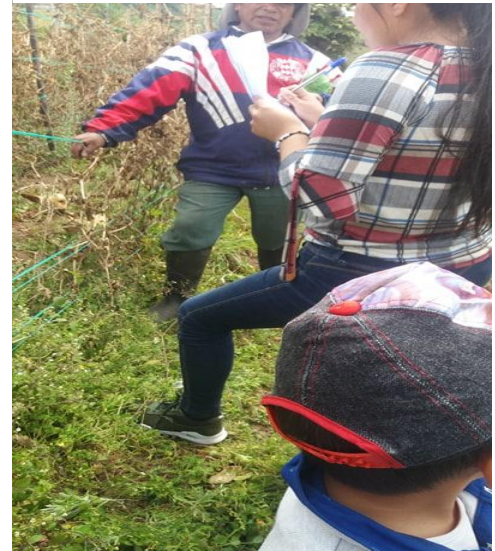


Figura 60. Agricultor encuestado en la Parroquia Cristóbal Colón.

