



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Determinación de fechas de siembra mediante el balance hídrico para los cultivos
de haba, maíz y papa para Rumipamba

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

AUTORA: Rodríguez Sánchez Yessenia Yolanda

TUTOR: M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

Quito, 2020

DERECHOS DE AUTOR

Yo, YESSANIA YOLANDA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DE FECHAS DE SIEMBRA MEDIANTE EL BALANCE HÍDRICO PARA LOS CULTIVOS DE HABA, MAÍZ Y PAPA PARA RUMIPAMBA, 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.

Yessenia Yolanda Rodríguez Sánchez

C.C.: 1721077087

yyrodriguez@uce.edu.ec

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación presentado por **Yessenia Yolanda Rodríguez Sánchez**, para optar el Grado de Ingeniera Agrónoma; cuyo título es: **DETERMINACIÓN DE FECHAS DE SIEMBRA MEDIANTE EL BALANCE HÍDRICO PARA LOS CULTIVOS DE HABA, MAÍZ Y PAPA PARA RUMIPAMBA**, 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, a los 28 días del mes de mayo del 2020.

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

DOCENTE-TUTOR

C.C: 1102697396

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

DETERMINACIÓN DE FECHAS DE SIEMBRA MEDIANTE EL BALANCE HÍDRICO PARA LOS CULTIVOS DE HABA, MAÍZ, Y PAPA PARA RUMIPAMBA.

APROBADO POR

Ing. Randon Ortiz, M.Sc.

TUTOR

Ing. Agr. Manuel Pumisacho, M.Sc.

LECTOR

Ing. Aida Arteaga, M.Sc

LECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a mis padres y hermanas por brindarme su confianza y apoyo durante todo el proceso y a lo largo de mi vida.

Gracias familia.

Yessenia

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a mi padre Álvaro Rodríguez, a mi madre Rita Sánchez y a mis hermanas Josselyn y Malena por ser los principales promotores, para alcanzar esta meta y por brindarme todo su apoyo.

Mi profundo agradecimiento a mi director de tesis Ing. Randon Ortiz M.Sc, por brindarme sus conocimientos y guiarme no solo durante el desarrollo de este proyecto sino a lo largo de la carrera universitaria, por sus consejos y su apoyo, gracias a la Ingeniera Arteaga e Ingeniero Pumisacho por sus recomendaciones y dirección.

A la Universidad Central, a la Facultad de Ciencias Agrícolas y a sus profesores por enriquecerme en conocimiento, que motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

A mis amigos, que fueron parte importante de esta etapa de mi vida que estuvieron ahí con su apoyo incondicional, sin pedir nada a cambio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xiii
LISTA DE ECUACIONES.....	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xv
ABREVIATURAS.....	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CERTIFICACIÓN.....	xx
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Agricultura de temporal.....	3
2.1.1. Agricultura de temporal en el Ecuador.....	4
2.2. Variabilidad Climática.....	4
2.2.1. Vulnerabilidad de la variación climática en el sector agrícola.....	4
2.3. Características generales de la zona de estudio.....	6
2.3.1. Parroquia Mulliquinidil.....	6
2.4. Cultivo de Maíz Suave.....	7
2.4.1. Requerimiento de clima y suelo.....	7
2.4.2. Requerimiento hídrico del cultivo.....	8
2.4.3. Ciclo vegetativo del cultivo.....	8
2.4.4. Fecha de Siembra.....	9
2.5. Cultivo de Papa.....	9

CAPÍTULO	PÁGINA
2.5.1. Requerimiento de clima y suelo	9
2.5.2. Requerimiento hídrico.....	10
2.5.3. Fenología del cultivo.....	10
2.5.4. Fecha de siembra.....	11
2.6. Cultivo de Haba	11
2.6.1. Requerimiento de clima y suelo	11
2.6.2. Requerimiento hídrico.....	12
2.6.3. Fenología de cultivo.....	12
2.6.4. Fecha de siembra.....	12
2.7. Balance hídrico	13
2.7.1. Evapotranspiración de referencia	13
2.7.2. Temperatura.....	13
2.7.3. Humedad Relativa	14
2.7.4. Viento	14
2.7.5. Precipitación efectiva	14
2.7.6. Coeficiente del cultivo	14
2.7.7. Almacenamiento de agua en el suelo.....	16
2.7.7.1. Lámina de agua aprovechable	16
2.7.7.2. Lámina neta	16
2.7.7.3. Capacidad de Campo	16
2.7.7.4. Punto de Marchitez Permanente	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Características del sitio experimental	18
3.2. Materiales.....	19
Equipos y Materiales de Oficina	19
Información para la realización del estudio	19
3.3. Métodos	20
3.3.1. Información climatológica	20
3.3.2. Control de calidad de las series climatológicas	20
3.3.3. Método Racional para el relleno de datos faltantes	21

CAPÍTULO	PÁGINA
3.3.4. Análisis de las variables climatológicas	21
3.3.5. Encuesta	22
3.3.6. Precipitación Probable.....	23
3.3.7. Precipitación efectiva	24
3.3.8. Evapotranspiración de referencia	24
3.3.9. Coeficiente del cultivo	25
3.3.10. Evapotranspiración real.....	26
3.3.11. Lámina de agua aprovechable.....	26
3.3.12. Lámina neta	26
3.3.13. Balance Hídrico	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Control de calidad de datos.....	28
4.2. Análisis de variación del clima	29
4.2.1. Precipitación	29
4.2.2. Evaporación	31
4.3. Análisis de Encuestas.....	37
4.3.1. Información socio demográfica	37
4.3.2. Criterios sobre la variación climática frente a la agricultura	38
4.4. Determinación de fechas de siembra en base del balance hídrico.....	45
4.4.1. Cultivo de maíz	45
4.4.2. Cultivo de Papa	49
4.4.3. Cultivo de Haba.....	53
VI. RECOMENDACIONES	59
VIII. REFERENCIAS	62
IX. ANEXOS.....	70

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de maíz.....	8
Figura 2. Etapa fenológica del cultivo de papa.	10
Figura 3. Etapa fenológica del cultivo de haba..	12
Figura 4. Coeficientes de cultivo (kc) para el cultivo de maíz..	15
Figura 5. Rangos de kc para diferentes cultivos (etapa de mediados).....	15
Figura 6. Ubicación de la zona de estudio y área de influencia de la estación meteorológica Rumipamba – Salcedo.	18
Figura 7. Precipitación mensual multianual.....	29
Figura 8. Precipitación promedio mensual	29
Figura 9. Evaporación mensual multianual.	31
Figura 10. Evaporación promedio mensual.....	31
Figura 11. Humedad relativa mensual multianual.	32
Figura 12. Humedad relativa promedio mensual.....	33
Figura 13. Temperatura máxima mensual multianual.	34
Figura 14. Temperatura máxima promedio mensual. Serie de datos 1989-2018.	34
Figura 15. Temperatura mínima mensual multianual. Serie de datos 1989-2018.	35
Figura 16. Temperatura mínima promedio mensual. Serie de datos 1989-2018.....	36
Figura 17. Nivel de escolaridad de los agricultores de temporal de la parroquia Mulliquindil.	37
Figura 18. Percepción del nivel de cambio en la lluvia de los agricultores de la parroquia Mulliquindil. ..	38
Figura 19. Factores a los que atribuyen la variación en la precipitación los agricultores de la parroquia Mulliquindil.....	39
Figura 20. Parte agrícola que es afectada por la variación en la precipitación según los agricultores de la parroquia Mulliquindil.....	39

FIGURA	PÁGINA
Figura 21. Criterio que toman en cuenta los agricultores de la parroquia Mulliquindil para definir las fechas de siembra.	40
Figura 22. Variedades que utilizan para el cultivo de maíz en la parroquia de Mulliquindil	41
Figura 23. Variedades que utilizan para el cultivo de papa en la parroquia de Mulliquindil.....	41
Figura 24. Variedades que utilizan para el cultivo de haba en la parroquia de Mulliquindil.....	42
Figura 25. Percepción de los agricultores, de la producción del cultivo de maíz en un año húmedo y año seco.....	42
Figura 26. Percepción de los agricultores, de la producción del cultivo de papa en un año húmedo y año seco.....	43
Figura 27. Percepción de los agricultores, de la producción del cultivo de haba en un año húmedo y año seco.....	43
Figura 28. Fechas de siembra más frecuentes del cultivo de maíz.	44
Figura 29. Fechas de siembra más frecuentes del cultivo de papa.....	44
Figura 30. Fechas de siembra más frecuentes del cultivo de haba.....	45
Figura 31. Balance hídrico del cultivo de maíz de la fecha de siembra del agricultor, 1 ^{ero} de julio.	45
Figura 32. Balance hídrico del cultivo de maíz para la fecha de siembra 28 de febrero.	46
Figura 33. Balance hídrico del cultivo de maíz para la fecha de siembra 07 de marzo.	47
Figura 34. Contraste del Balance hídrico de la fecha de mayor frecuencia del agricultor, con las mejores fechas de siembra del cultivo de maíz.....	47
Figura 35. Balance hídrico del cultivo de papa para la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor, 01 mayo.	49
Figura 36. Balance hídrico del cultivo de papa para la fecha de siembra 14 de febrero.	50
Figura 37. Balance hídrico del cultivo de papa para la fecha de siembra 28 de octubre.	50
Figura 38. Contraste del Balance hídrico de la fecha de mayor frecuencia del agricultor, con las mejores fechas de siembra del cultivo de papa.	51

FIGURA	PÁGINA
Figura 39. Balance hídrico del cultivo de haba para la fecha de siembra 21 de agosto.	53
Figura 40. Balance hídrico del cultivo de haba para la fecha de siembra 01 de marzo..	54
Figura 41. Balance hídrico del cultivo de haba para la fecha de siembra 28 de octubre.	55
Figura 42. Contraste del Balance hídrico de la fecha de mayor frecuencia del agricultor, con las mejores fechas de siembra del cultivo de haba.	55

LISTA DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1. Cambios de los parámetros de precipitación y temperatura para el período 1960 – 2010.	6
Tabla 2. Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de maíz.	8
Tabla 3. Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de maíz.	10
Tabla 4. Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de haba.	11
Tabla 5. Valores normales de capacidad de campo para suelos de diferentes texturas.	17
Tabla 6. Valores normales de punto de marchitez permanente para suelos de diferentes texturas.	17
Tabla 7. Número de agricultores encuestados por zonas.	23
Tabla 8. Valores del coeficiente único (promedio temporal) del cultivo.	25
Tabla 9. Duración de las fases de desarrollo (días)	25
Tabla 10. Resultados del test de rachas para un nivel de significancia del 5%.	28
Tabla 11. Resumen de la estadística descriptiva de Precipitación.	30
Tabla 12. Resumen de la estadística descriptiva de Evaporación.	32
Tabla 13. Resumen de la estadística descriptiva de Humedad relativa.	33
Tabla 14. Resumen de la estadística descriptiva de Temperatura máxima.	35
Tabla 15. Resumen de la estadística descriptiva de Temperatura mínima.	36
Tabla 16. Balance Hídrico del cultivo de maíz, para diferentes fechas de siembra	48
Tabla 17. Balance Hídrico del cultivo de papa, para diferentes fechas de siembra.	52
Tabla 18. Balance Hídrico del cultivo de haba, para diferentes fechas de siembra	56

LISTA DE ECUACIONES

ECUACIÓN	PÁGINA
Ecuación 1. Desviación estándar.....	21
Ecuación 2. Coeficiente de variación.....	22
Ecuación 3. Muestra poblacional (M).....	22
Ecuación 4. Factor de posición.....	23
Ecuación 5. Precipitación Probable 75%	24
Ecuación 6. Precipitación efectiva.....	24
Ecuación 7. Evapotranspiración de referencia por el método del tanque evaporímetro.....	24
Ecuación 8. Coeficiente Kp.	25
Ecuación 9. Evapotranspiración real del cultivo.....	26
Ecuación 10. Lámina de agua aprovechable	26
Ecuación 11. Profundidad radicular efectiva.....	26
Ecuación 12. Lámina neta.....	27
Ecuación 13. Balance hídrico.....	27

LISTA DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
Anexo 1. Oficio solicitando información al INAMHI.....	70
Anexo 2. Correo del requerimiento atendido por el INAMHI.....	71
Anexo 3. Encuesta de producción de cultivos de ciclo corto (haba, maíz, papa)	72
Anexo 4. Fotografías en las zonas encuestadas	76

ABREVIATURAS

CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
ESPAC	Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
ha	Hectárea
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
msnm	Metros sobre el nivel medio del mar
MAE	Ministerio del Ambiente
MAGAP	Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca
Máx	Máximo
Mín	Mínimo
mm	milímetros
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
pH	Potencial Hidrógeno
qq ha ⁻¹	Quintales por hectárea
UPAS	Unidades Productivas Agropecuarias
$\bar{x}$	Media

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Descripción	Unidad
BH	Balance Hídrico	mm
CV	Coeficiente de Variación	-
CC	Capacidad de Campo	%
Eo	Evaporación del tanque evaporímetro	mm día ⁻¹
ETr	Evapotranspiración real del cultivo	mm día ⁻¹
Kc	Coeficiente del cultivo	-
Kp	Coeficiente del tanque evaporímetro	-
M	Muestra poblacional	-
N	Población	-
LAA	Lámina de agua aprovechable	mm
LN	Lámina neta	mm
P75%	Precipitación probable al 75%	mm día ⁻¹
P	Porcentaje de agotamiento	%
Pe	Precipitación efectiva	mm día ⁻¹
PMP	Punto de marchitez permanente	%
Pre	Profundidad radicular efectiva	mm
Prt	Profundidad radicular total	mm
S	Desviación estándar	-

TÍTULO: Determinación de fechas de siembra mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz, y papa para Rumipamba

Autora: Yessenia Yolanda Rodríguez Sánchez.

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

RESUMEN

La principal limitante de la agricultura de temporal es la lluvia, por cuanto, es necesario su optimización a través de fechas de siembra adaptadas a los ciclos de lluvia y de prácticas de conservación de suelos y aguas. El objetivo fue determinar las fechas de siembra al temporal mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz y papa para el sector de Rumipamba, Provincia de Cotopaxi. Se realizaron encuestas a los agricultores para determinar las fechas de siembra de mayor frecuencia, y el balance hídrico. Resultados: i) la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor para el cultivo de haba fue la cuarta semana de agosto; para el cultivo de maíz, la primera semana de julio y para el cultivo de papa, la primera semana de mayo; ii) las fechas de siembra con mejor disponibilidad hídrica determinadas mediante el balance hídrico fueron: para el cultivo de haba, la primera semana de marzo; para el cultivo de maíz, la cuarta semana de febrero y para el cultivo de papa, la segunda semana de febrero. En conclusión, según el balance hídrico existen fechas de siembra con una mejor disponibilidad hídrica con relación a las fechas de siembra de mayor frecuencia del agricultor.

PALABRA CLAVE: AGRICULTURA DE TEMPORAL / VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN/ EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL / BALANCE HÍDRICO / FECHA DE SIEMBRA

TITLE: Determination of the planting dates through the water balance for the beans, maize and potato crops for Rumipamba

Author: Yessenia Yolanda Rodríguez Sánchez.

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle

ABSTRACT

The main limitation for rainfed agriculture is the rainfall, being necessary its optimization through planting dates adapted to the rainy season, and soil and water conservation practices. The objective of the research was to determine the sowing dates using the water balance for the beans, maize and potato crops for Rumipamba, Province of Cotopaxi. Farmers were surveyed to determine the most frequent planting dates as well as the water balance with agricultural purposes was carried out. Results: i) the farmer's most frequent planting date for the beans crop was the fourth week of August; for maize, the first week of July and for potato, the first week of May; ii) the planting dates with the best water availability determined using the water balance were: for the beans crop, the first week of March; for the maize crop, the fourth week of February and for the potato crop, the second week of February. In conclusion, according to the water balance, there are planting dates with better water availability in contrast to the farmer's most frequent planting dates.

KEYWORDS: RAINFED AGRICULTURE / PRECIPITATION VARIATION / REAL EVAPOTRANSPIRATION / WATER BALANCE / PLANTING DATE

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor de trabajo de graduación cuyo título es “Determinación de fechas de siembra mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz y papa para Rumipamba” presentado por la Señorita Rodríguez Sánchez Yessenia Yolanda, previo a obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, certifico haber revisado y corregido el ABSTRACT para el trabajo de Grado, aprobado el mismo, después de realizadas las observaciones por los miembros del tribunal, por lo que apruebo el mismo, para el empastado final.

M.Sc. Randon Stalin Ortiz Calle

DOCENTE-TUTOR

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura de temporal es de gran importancia en la producción global de alimentos debido a que representa el 80 % de la agricultura a nivel mundial, contribuye con el 58% a la canasta básica de alimentos y produce la mayoría de los alimentos para las comunidades de los países en vías de desarrollo (Wani *et al.*, 2009), y es un sistema de producción agrícola que depende del comportamiento de la precipitación durante el ciclo vegetativo (Salazar *et al.*, 2017).

En Ecuador, según datos del INEC, la superficie de uso agropecuario es de 5.39 millones de hectáreas (Salazar *et al.*, 2017), de las cuales, el 80% de la superficie se cultiva en condiciones de temporal, el otro 20% cuenta con riego por gravedad, seguido de riego por goteo y microaspersión (ESPAC, 2017). Hablando específicamente de la provincia de Cotopaxi, el 8% de la superficie cultivada cuenta con riego, el 21% no cuenta con riego y el resto de la provincia es superficie no agropecuaria.

La principal limitación de este tipo de agricultura es el agua, por cuanto, su enfoque principal es el uso eficiente de la misma para incrementar el rendimiento, sin embargo, la variabilidad de la lluvia genera una alta incertidumbre en las fechas de siembra. Esto afecta principalmente a los agricultores de subsistencia (pequeños productores), para los que la disminución de una tonelada en su producción puede tener efectos económicos negativos muy importantes, por lo tanto, las opciones de manejo deben enfocarse en reducir los riesgos inducidos por la variación de la precipitación, mediante su adaptación a los cambios que se han venido dando (Stewart, 2016).

El Ecuador no está exento de la variación climática que se está dando a nivel mundial, como se evidencia en la Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático (MAE, 2017), en donde se muestra que existe una variabilidad en la distribución espacial de la precipitación, generando una tendencia negativa para la región oriente y tendencias positivas para el resto de las regiones del país, influyendo en la disponibilidad del agua, en especial para la agricultura de temporal, en donde la producción depende de la distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo.

Considerando que en la mayoría de los sectores en donde se realiza una agricultura de temporal, la distribución de las precipitaciones y su manejo deficiente crean escasez de agua para los cultivos, reduciendo en un 40 a 45% la eficiencia en el uso del agua de lluvia (Kijne *et al.*, 2009).

Estudios recientes realizados en la zona de Tumbaco y San Gabriel demostraron que existe una tendencia positiva en las variables de temperatura, evaporación, y humedad relativa, y que se puede determinar

mediante el análisis del balance hídrico mejores fechas de siembra, con una mejor disponibilidad hídrica (Chulde, 2019; Limaico, 2019).

Actualmente no se ha realizado este tipo de investigación dentro del área de estudio, ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Parroquia Mulliquindil, que comprueben que lo que los agricultores están haciendo es óptimo o si se debe mejorar para asegurar las cosechas, y por ende la seguridad alimentaria, por este motivo, lo que se busca con esta investigación es determinar mediante el balance hídrico, si las fechas de mayor frecuencia de siembra del agricultor son las ideales.

El objetivo general de la investigación fue determinar las fechas de siembra al temporal mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz y papa para el sector de Rumipamba, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi. Los objetivos específicos fueron: i) determinar la variación de la precipitación y la evaporación en la estación meteorológica Rumipamba – Salcedo; ii) determinar la fecha de siembra de mayor frecuencia utilizadas por los agricultores de la zona para los cultivos de haba, maíz y papa; iii) determinar las fechas de siembra mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz y papa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Agricultura de temporal

Cultivo de temporal se define a aquel que se cultiva sin que el hombre aplique agua, es decir, sin riego, donde las lluvias son suficientes para la producción agrícola (Escobar, 2014). Su éxito depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener la humedad, otros factores de riesgo para este tipo de agricultura son la presencia de heladas y de granizo (Jerónimo, 2009).

La agricultura de temporal es de gran importancia en la producción mundial de alimentos, representa el 80% del área cultivada, contribuye con el 58% a la canasta mundial de alimentos y produce la mayoría de los alimentos para las comunidades de los países en desarrollo. El nivel de importancia de este tipo de agricultura varía de acuerdo con la región, en África sub-Sahariana representa más del 95% de las tierras cultivadas, en América Latina es de casi el 90%, en el sur y este de Asia cerca del 60 %, para Asia oriental el 65% y para África oriental y septentrional 75%. La mayoría de los países dependen de la agricultura de temporal para la provisión alimentos y de granos (Wani *et al.*, 2009).

Tanto la agricultura de temporal como la agricultura de secano excluyen el riego, por lo que se usan como sinónimo de forma errónea, ya que difieren significativamente. La agricultura de secano se enfoca en retener la precipitación en la tierra, reducir la evaporación de la superficie del suelo y utilizar cultivos tolerantes a la sequía. Mientras que la agricultura de temporal además de incluir sistemas de tierras secas también incluye sistemas que enfatizan la eliminación del exceso de agua, con mejores rendimientos de los cultivos (Stewart, 2016).

Para los agricultores es de gran importancia conocer la distribución de las precipitaciones, ya que la principal limitación de este tipo de agricultura es el agua. Por lo que su enfoque principal es el uso eficiente de la misma para incrementar el rendimiento, por este motivo la agricultura de temporal ha ido evolucionando para hacer coincidir las etapas de crecimiento de los cultivos con los patrones climáticos promedio. Sin embargo, los cambios climáticos observados durante los últimos años han sido un limitante para el desarrollo de los cultivos, lo que incrementa la preocupación de los agricultores. Para disminuir esta limitante se debe redefinir el calendario de los cultivos y de esta forma explotar de manera más eficiente el potencial climático (Stewart, 2016).

Una de las opciones para mejorar los rendimientos de los cultivos de temporal, es el riego complementario, que consiste en recolectar el agua de escorrentía de lluvia en estructuras de almacenamiento pequeño para ser aplicada en las etapas de crecimiento crítico del cultivo, que junto a la

mejora de las prácticas agrícolas, se puede llegar a incrementar la productividad en 14% a 74 % (Kukal *et al.*, 2014).

2.1.1. Agricultura de temporal en el Ecuador

En Ecuador se identifican dos tipos de agricultura, de riego y de temporal, siendo esta última la que mayor superficie agrícola ocupa, de 5.39 millones de hectáreas cultivadas solo 1'088.228,94 ha están bajo riego, es decir el 21.38% de la superficie cultivada y el resto de superficie cultivada depende de las precipitaciones (ESPAC, 2017b). El país se encuentra en una región que se caracteriza por precipitaciones irregulares, lo que hace que la agricultura de temporal esté sujeta a mayores riesgos, por lo que es menos probable que los agricultores inviertan en insumos para mejorar la producción, por eso es importante reducir estos riesgos a través de inversiones en técnicas en gestión del agua.

2.2. Variabilidad Climática

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) define variabilidad climática a la “variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos” (IPCC, 2013). Que puede deberse a procesos internos del sistema climático o a variaciones externas de origen antropogénico.

2.2.1. Vulnerabilidad de la variación climática en el sector agrícola

La vulnerabilidad se define como la propensión a ser afectado negativamente y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (MAE, 2017). Debido a que la agricultura se ve influenciada por los factores climáticos como la precipitación, temperatura, evaporación, humedad, velocidad de viento y horas luz, el uso de la información meteorológica es fundamental para la obtención de buenos rendimientos y que de esta manera se vuelva una actividad sostenible. Según Paulo Sentelhas, expresidente de la Federación Latinoamericana de Agrometeorología entrevistado por periódico El Telégrafo (2015), el análisis de esta información sirve para que los agricultores tomen la mejor decisión durante el ciclo del cultivo en las distintas actividades (siembra, fertilización, cosecha, etc.) y de esta manera puedan tener una buena planificación agrícola, que es una de las piezas fundamentales para disminuir los riesgos asociados a la variación climática, reduciendo gastos e incrementando la rentabilidad para los productores.

Estudios recientes han confirmado que la variación climática ha afectado un gran número de cultivos, especialmente aquellos que se desarrollan en condiciones climáticas específicas, disminuyendo los niveles de producción y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. En general, la tendencia de la temperatura

y la precipitación ha tenido un mayor impacto negativo en los cultivos de maíz, arroz, trigo y soja, ya que ha cambiado la duración de la temporada de crecimiento y el rendimiento se ha disminuido en un 3 a 16% a nivel mundial (IPCC, 2014).

En el Ecuador, cerca del 80 % de la superficie cultivada depende de la precipitación para proveer agua a los cultivos, siendo una agricultura de temporal (ESPAC, 2017a). Los cultivos de ciclo corto son aquellos que tienen mayor vulnerabilidad a la variación climática, que hace que la precipitación pueda adelantarse o retrasarse, causando la disminución en el rendimiento de los cultivos (Yates *et al.*, 2013), lo que afecta principalmente a los agricultores de pequeña escala y de subsistencia que representan el 95% de las unidades productivas agropecuarias (UPAS) del país, quienes abastecen el 63% de la producción de papa y 46 % de la producción de maíz, para quienes, la disminución de una tonelada en su producción puede causar pérdidas económicas importantes (Altieri *et al.*, 2015).

Entre el año 2005 y 2006, el PIB del sector agrícola se redujo de 5.1% a 2.1% debido al fuerte impacto que causaron las heladas y sequías, las cuales provocaron una disminución en la oferta de la producción de alimentos básicos, incrementando los precios y limitando el acceso de la población más vulnerable a los alimentos. Otra variación climática irregular que afectó la producción de alimentos fue la disminución de las lluvias entre septiembre del 2009 y enero del 2010, provocando que el 98 % de la superficie cultivada de las Provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo, sean afectadas. Esto perjudicó a 18 000 familias campesinas (MAE, 2012).

En la Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático (Tabla 1), se evidencia que el Ecuador no está exento de los cambios que se están dando a nivel mundial, que generan eventos extremos de origen climático como sequías e inundaciones, con efectos negativos sobre los medios de vida y las funciones de los ecosistemas (MAE, 2017).

En cuanto a la precipitación a pesar de que a nivel nacional hay una tendencia positiva, se puede notar que hay una reducción de este valor en comparación con lo establecido en el 2006. La temperatura media también presenta una tendencia positiva, teniendo más impacto en la región interandina, y siendo menor en la región litoral. A diferencia de las otras variables, la temperatura mínima tiene una tendencia negativa, evidenciándose de forma más notoria en la región interandina (MAE, 2017).

La variación climática provoca grandes impactos en el sector agrícola, tomando en cuenta que casi la totalidad de la superficie cultivada en Ecuador depende de las condiciones climáticas para satisfacer las

necesidades hídricas, es importante analizar este incremento en la variación para reducir los impactos en este sector mediante el manejo, enfocado en disminuir los riesgos inducidos por las lluvias.

Tabla 1. Cambios de los parámetros de precipitación y temperatura para el período 1960 – 2010.

Precipitación	Temperatura media	Temperatura máxima absoluta media	Temperatura mínima absoluta media
Litoral costa			
El valor de cambio es del 33% (tendencia al incremento)	El valor de cambio es de + 0.6°C	El valor de cambio es de + 0.3°C.	El valor de cambio alcanza + 1.6°C.
Interandina Sierra			
Una tendencia positiva del valor de cambio del orden del 13%	Registra un valor de cambio de + 1.1°C.	Muestra un valor de cambio de + 1.6°C.	Se registra un valor de cambio de + 0.6°C.
Amazónica u Oriente			
El valor de cambio es de -1%.	El valor de cambio alcanza + 0.9°C.	El promedio es de + 1.2°C.	En promedio alcanza un valor de cambio de + 1.4°C.
Insular o Galápagos			
De la estación San Cristóbal se aprecia un valor de cambio muy significativo, que alcanza el 66%.	En San Cristóbal la temperatura media presenta un valor de cambio de + 1.4°C.	San Cristóbal muestra un valor de cambio de + 1.0°C.	La temperatura mínima absoluta media de San Cristóbal refleja un valor de cambio de + 1.1°C.

Fuente: (MAE, 2017)

2.3. Características generales de la zona de estudio

2.3.1. Parroquia Mulliquinidil

Es una parroquia rural, ubicada en el Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, se encuentra a una altura comprendida entre 2 740 y 3 000 msnm, considerada como la zona baja y entre los 3 001 a 4 080 msnm considerado como la zona alta, con una extensión de 49 km² y cuenta con una población de 6 559 habitantes, que representan el 12.78% del total del cantón Salcedo. La parroquia Mulliquinidil se encuentra limitada al norte con la parroquia Belisario Quevedo, al Sur, Este y Oeste con la parroquia de San Miguel de Salcedo.

La cobertura agropecuaria que predomina en la parroquia son los mosaicos agrícolas de parcelas dominantes de pastos con otros cultivos, entre los que se encuentran principalmente maíz suave, haba y

papa. La mayor parte de la parroquia tiene riego mediante acequia o canales bien distribuidas, el 38.6% de la parroquia no posee riego (MAGAP, 2014b).

La Parroquia Mulliquindil presenta clima Templado Mesotérmico Seco. La temperatura promedio más alta es de alrededor de 12.6 °C, que se registra en el mes de noviembre y la temperatura más baja promedio es de entre 11.1 °C, que se registra en el mes de julio, siendo la variación de la temperatura de 1.5 °C durante todo el año. En cuanto a la precipitación, la menor cantidad de lluvia es de 30 mm en el mes de agosto y la mayor cantidad es de 68 mm que ocurre en abril (Climate-Data.org, 2018).

2.4. Cultivo de Maíz Suave

El Maíz (*Zea mays L.*) es la gramínea más cultivada a nivel mundial, con una producción aproximada de 850 millones de toneladas en grano, en una superficie de 162 millones de hectáreas con una producción promedio de 5.2 t ha⁻¹ (Yara Argentina, 2018). Su origen según afirman numerosas investigaciones fue en México, donde hay alrededor de 2 000 especies, proveniente de la mutación de Teosinte, una gramínea silvestre (Guacho, 2014).

En el Ecuador se han descrito 29 razas, de las cuales 17 corresponden a maíz de la sierra y 12 a maíz de zona tropical, este cultivo está distribuido en todo el territorio ya que se cultiva en diferentes pisos altitudinales, desde el nivel del mar, hasta tierras altas de la serranía (Guacho, 2014; Yáñez *et al.*, 2003). En el país se produce aproximadamente 43 284,0 toneladas de maíz suave y 717 940,0 toneladas de maíz duro seco (Peña, 2018). En la serranía, este cultivo es uno de los más importantes debido a la superficie sembrada y es un alimento básico de la dieta de la población rural, interviene en la seguridad y soberanía alimentaria.

Según el ESPAC (2016), en el Ecuador, el rendimiento promedio del cultivo de maíz suave choclo es de 68 qq ha⁻¹ y de maíz suave seco es de 20 qq ha⁻¹. Durante el período 2017 hubo una disminución del 12%, en la producción de maíz suave debido a factores climáticos como exceso de lluvia, heladas y viento, sobre todo en la región sierra centro norte donde mayoritariamente se cultiva (Banco Central del Ecuador, 2017).

2.4.1. Requerimiento de clima y suelo

Las características aptas de suelo para el desarrollo del cultivo son: franco, franco-limoso, franco-arcilloso, con buen drenaje, profundos, y con pH de 5.5 a 6.5. En cuanto a las condiciones climáticas óptimas (Tabla 2) para el cultivo de maíz son importantes para obtener buenos rendimientos (MAGAP, 2014a).

Tabla 2. Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de maíz.

Altitud	0-2500 msnm
Temperatura	18 °C a 30 °C
Precipitación	650 a 1 300 mm por ciclo

Fuente: (MAGAP, 2014a)

2.4.2. Requerimiento hídrico del cultivo

La cantidad de agua que requiere el cultivo de maíz varía de acuerdo a la etapa en la que se encuentre, desde la emergencia hasta el desarrollo vegetativo necesita una humedad constante, la fase de floración es la que requiere mayor cantidad de agua, ya que de esto depende la formación y llenado del grano, por lo que es recomendable regar 15 días antes de entrar a esta fase y mantener la humedad con riegos constantes, y durante la fase de maduración y secado del grano se recomienda disminuir la humedad. En general, el maíz requiere un mínimo de 500 a 700 mm de agua durante todo el ciclo del cultivo (Peñaherrera, 2011).

2.4.3. Ciclo vegetativo del cultivo

El ciclo del cultivo depende de la variedad y si es para grano seco o choclo, pero en general las variedades mejoradas llegan hasta los 270 días. El sistema más utilizado para escribir la fenología del cultivo de maíz es el descrito por la Universidad de Iowa (Figura 1), que divide el desarrollo de la planta en vegetativo y reproductivo y la subdivisión de las etapas vegetativas depende del número de hojas brotadas (Jiménez, 2017).

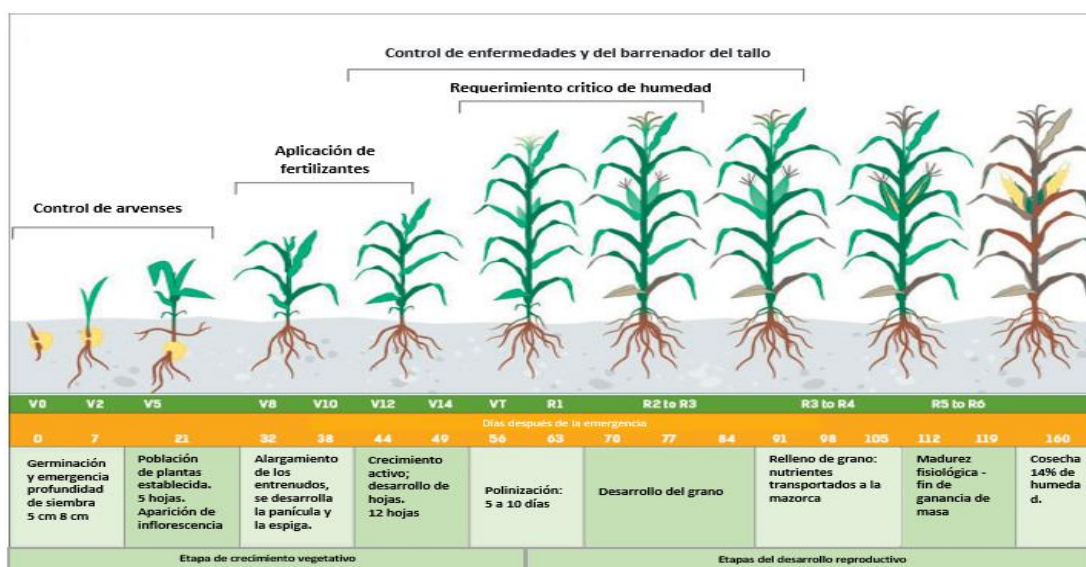


Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de maíz. Fuente: (Pringle, 2017).

2.4.4. Fecha de Siembra

El rendimiento del cultivo de maíz se ve fuertemente influenciado por la distribución de la precipitación y la evapotranspiración, ya que el déficit hídrico provoca un decremento en el área foliar y si se da en el período crítico desde la prefloración hasta el llenado de granos, afectando la producción. Así que, con un adecuado aprovisionamiento de agua cerca del período crítico es suficiente para mejorar la producción y obtener buenos ingresos (Bergamaschi *et al.*, 2006). Por este motivo, la fecha de siembra que regularmente se usa en la Sierra alto andina varía desde septiembre hasta mediados de enero, dependiendo de la zona y la disponibilidad lluvia (Yáñez *et al.*, 2013).

2.5. Cultivo de Papa

La papa *Solanum Tuberosum L.*, perteneciente a la familia de las solanáceas, es un tubérculo harinoso, que contiene 80% de carbohidratos, proteína, minerales, celulosa, vitaminas A, C y complejo B, proporcionando una dieta balanceada, lo que le hace ser el cuarto cultivo más alimenticio a nivel mundial. La labranza de este producto se ha extendido por el mundo debido a su resistencia ecológica, pero algunas investigaciones dicen que originariamente este tubérculo se dio en la cuenca del lago Titicaca situado en los andes peruanos-bolivianos, a partir de la especie silvestre diploide *S. leptophyes Bitter* y que la primera especie domesticada fue *S. stenotomum Juz. & Bukazov* (CONABIO, 2014).

En el Ecuador, la papa es uno de los principales cultivos tradicionales, debido a la generación de ingresos y porque es una importante fuente de alimento para las familias productoras. Para el año 2016, la producción de papa a nivel nacional fue de 422 589,0 toneladas, cultivadas en una superficie de 32 742,0 hectáreas, que decreció en un 0,35% para el período 2017. En cuanto al rendimiento promedio del cultivo a nivel nacional es de 481 quintales por hectárea, con una gran variabilidad entre provincias. La mayor área sembrada se encuentra en la Serranía ecuatoriana con 98,56%, siendo la provincia del Carchi la que cuenta con la mayor superficie de producción con un 36.14%. (ESPAC, 2016b, 2016a; Salazar *et al.*, 2017).

2.5.1. Requerimiento de clima y suelo

La papa se desarrolla mejor en suelos de tipo franco, bien drenados y profundos (30-35 cm), con buen contenido de materia orgánica. En cuanto al clima, los requerimientos del cultivo dependen de la variedad de papa que se seleccione para la siembra, que debe ser la que más se ajuste a las condiciones ambientales del sector (Tabla 3).

Tabla 3. Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de maíz.

Altitud	2 600 – 3 600 msnm
Temperatura	< 15 °C -20
Precipitación	300 a 1 500 mm por ciclo

Fuente: (INIAP, 2014)

2.5.2. Requerimiento hídrico

El cultivo de papa necesita entre 500 a 700 mm de agua durante todo su ciclo, y puede ser afectado considerablemente por el déficit hídrico durante la tuberización, que es la etapa más crítica del cultivo (MAG, 2018). Tomando en cuenta que el cultivo puede transpirar de 2 a 10 mm, las precipitaciones menores a 10 mm no son efectivas porque el agua se acumula en las hojas y se evaporan, es decir no es aprovechada por la planta (Peña, 2013).

2.5.3. Fenología del cultivo

Según Bouzo (2009), para analizar la fenología del cultivo de papa es necesario dividir el desarrollo en cinco etapas, que son: brotación, crecimiento vegetativo, iniciación de los tubérculos, crecimiento de los tubérculos y madurez.

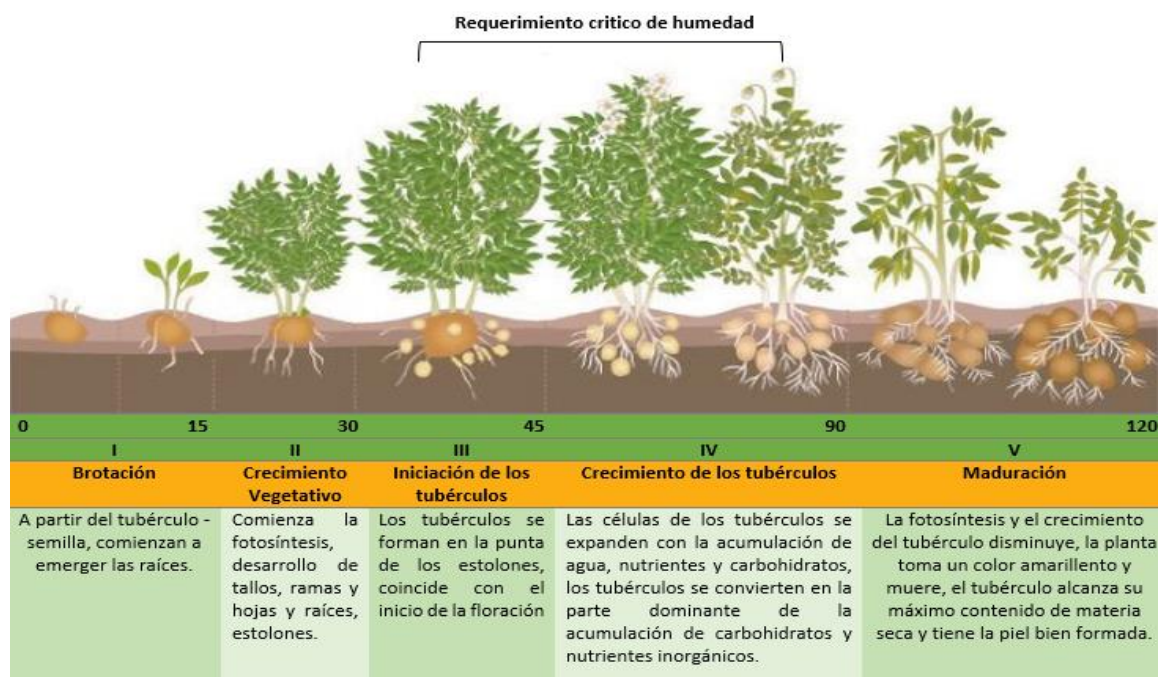


Figura 2. Etapa fenológica del cultivo de papa. Fuente: (Bouzo, 2009).

2.5.4. Fecha de siembra

Debido a los requerimientos hídricos del cultivo y a que la planta de papa es considerada termo periódica, necesita un variación de 10 °C a 25 °C, entre el día y la noche, de lo contrario se verá afectado el crecimiento y la formación del tubérculo, por ese motivo el cultivo de papa a nivel nacional se siembra entre noviembre - diciembre, y en el caso específico de Cotopaxi entre diciembre – enero, meses donde se asume que el clima presenta mejores condiciones para este cultivo (MAG, 2018; Zúñiga *et al.*, 2017).

2.6. Cultivo de Haba

El haba (*Vicia faba* L.) es la séptima legumbre en importancia en el mundo y es utilizada tanto para alimentación humana como para alimentación animal. Su centro de origen es atribuido al Oriente próximo y la zona mediterránea. En el Ecuador, este cultivo se distribuye a lo largo del callejón Interandino, debido a sus características es tradicional en la Sierra alta, en áreas sobre los 2 700 a 3 400 msnm, entre pequeños productores, para los que tiene gran importancia económica y social.

A pesar de la importancia que tiene este cultivo, la superficie cultivada fluctúa cada año, debido a varios factores como los bajos rendimientos, falta de variedades mejoradas, presencia de plagas y enfermedades, y fechas de siembra tardías. Según ESPAC (2017b), a nivel nacional se obtuvo una producción de 1 982 toneladas de grano seco, con una superficie cultivada de 3 222 ha, y un rendimiento promedio de 38 qq ha⁻¹, mientras que en vaina la producción fue de 8 239 Tm en una superficie cultivada de 4 768 ha y un rendimiento promedio de 3 110 qq ha⁻¹ (ESPAC, 2016b).

2.6.1. Requerimiento de clima y suelo

El cultivo de haba se desarrolla de mejor forma en los suelos con buen drenaje, de tipo francos, con alto contenido de materia orgánica y fósforo y calcio (Atacushi, 2015). Este cultivo es sensible a las heladas, pero tiene cierto grado de resistencia a la sequía, en altitudes menores a 1 800 msnm es probable que exista caída de flores.

Tabla 4. Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de haba.

Altitud	2 600 – 3 500 msnm
Temperatura	7 - 14°C
Precipitación	700 a 1 000 mm por ciclo

Fuente: (Atacushi, 2015)

2.6.2. Requerimiento hídrico

El cultivo de haba requiere un promedio de 500-700 mm de agua durante todo el ciclo, el exceso de agua puede provocar la pudrición de la raíz. La escasez de agua en las etapas fisiológicas críticas (macollaje, floración, formación de vainas y llenado de granos) puede provocar la disminución del rendimiento por aborto floral.

2.6.3. Fenología de cultivo

La fenología del cultivo de haba ha sido calificada por varios autores como difícil de definir, debido a que es regulada principalmente por la respuesta genética a la temperatura y al fotoperiodo, por lo que se le considera como un “planta de día largo cuantitativa” (Figura 3), la floración en días cortos no se inhibe solo se retrasa, mientras que en días largos inicia antes. Es decir, la tasa de desarrollo es una función lineal de la temperatura (Confalone, 2008).

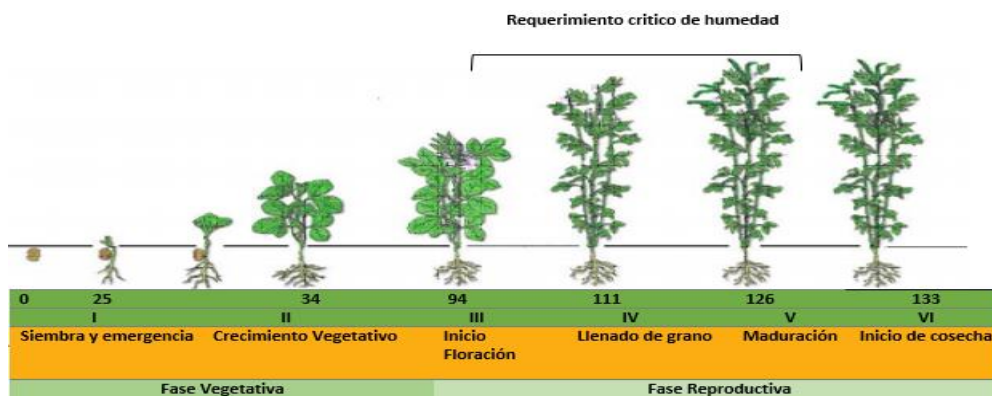


Figura 3. Etapa fenológica del cultivo de haba. Fuente: Reyes (2008), tomado por (Delgado, 2017).

2.6.4. Fecha de siembra

El rendimiento del cultivo de haba se ve influenciado por la fecha de siembra, ya que necesita condiciones frescas para su desarrollo óptimo, como una precipitación adecuada de 500 -700 mm por año, por ese motivo las siembras denominadas tempranas, dan mejores resultados debido a que se busca que coincida la fase de llenado del grano con una época de menor déficit hídrico, lo que mejora la translocación de asimilados, además se da un adelanto de la fecha de floración con lo que se obtiene mayor producción de materia seca (Confalone, 2008). En el callejón interandino la mejor época de siembra está comprendido entre septiembre y noviembre, para evitar los daños en la floración causados por las heladas que son frecuentes en el mes de marzo y abril (Peralta *et al.*, 1993).

2.7. Balance hídrico

El balance hídrico es un análisis tridimensional entre las entradas y las salidas, en un volumen del suelo definido. El balance hídrico es una de las mejores maneras de conocer el régimen hídrico de una región, que es de gran utilidad para diferentes áreas, como en las ciencias agronómicas, en donde se usa para determinar épocas de siembra, zonificación de cultivos, programación de riego, identificación de necesidades de riego, etc., lo cual ayuda a minimizar los riesgos en el proceso de producción (Ruiz *et al.*, 2012).

Los modelos de balance hídrico se desarrollaron en la década de 1940, desde entonces se han venido adaptando en varias escalas de tiempo (hora, día, mes, año) y modificando para ser aplicados a un amplio espectro de problemas hidrológicos, disponibilidad de agua y para explorar el impacto del cambio climático (Xu & Singh, 1998).

2.7.1. Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración es la pérdida del agua a través de dos procesos separados, mediante la transpiración del cultivo, especialmente por las estomas y a través de la superficie del suelo por evaporación, conocer este parámetro permite determinar las necesidades hídricas de un cultivo o de una región (Allen *et al.*, 2006).

Evapotranspiración de referencia (ET_0), término propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el año 1975, describe la demanda de agua por efecto de las condiciones climáticas, sin considerar las características del cultivo o los factores del suelo. La superficie de referencia está basada en un cultivo estándar, el pasto, con características particulares.

La ET_0 puede ser calculada a partir de datos meteorológicos. Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración referencial son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento (Allen *et al.*, 2006; Allen *et al.*, 1998; Chávez-Ramírez *et al.*, 2013).

2.7.2. Temperatura

La temperatura es la propiedad de los sistemas que determinan si están en equilibrio térmico, que indica la energía interna de un cuerpo, del medio ambiente en general o de un objeto. Dicha energía se expresa en términos de frío asociado con una temperatura más baja y calor que es asociado con una temperatura más alta (Inzunza, 2006b).

2.7.3. Humedad Relativa

La humedad relativa es un parámetro que determina el grado de saturación de la atmósfera, definido por la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a una determinada temperatura, que se mide en porcentaje (%) (Inzunza, 2006a).

2.7.4. Viento

Es el traslado del aire de un lugar a otro. En meteorología se lo define como la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal y verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes de tormenta (Inzunza, 2006b).

2.7.5. Precipitación efectiva

Precipitación es el término que se le da a toda agua meteórica que vuelve a caer sobre la superficie de la tierra, ya sea de forma líquida como lluvia o sólida como nieve, granizo, etc. (Segerer & Villodas, 2006). Este es el parámetro meteorológico más importante en la agricultura, y a su vez el más difícil de medir con precisión; si bien es cierto la lluvia es vital para las plantas, el exceso o escasez de la misma es en varios casos devastador para los cultivos, por esta razón varias de las decisiones tomadas en la agricultura deberían hacerse basadas en el seguimiento del comportamiento de la precipitación durante un período de tiempo, ya que las plantas necesitan cantidades variables de agua dependiendo de la fase fenológica en las que se encuentren (Shaw, 2018).

Se denomina precipitación efectiva a la fracción de agua infiltrada que se almacena en la zona radicular y está disponible para la planta, el resto de la precipitación que cae sobre la superficie del suelo se pierde por escorrentía y por percolación, para determinar la precipitación efectiva se debe conocer la cantidad de precipitación que se convierte en evaporación del suelo y percolación profunda (Veenhuizen, 2010). Según la FAO, una precipitación diaria < 5 mm en época seca y para cultivos de raíces profundas no es considerada efectiva, ya que es probable que se evapore antes de que sea absorbida, mientras que para cultivos de raíces no tan profundas y en etapas tempranas 5 mm de lluvia puede contribuir a la demanda de la evapotranspiración (Ali & Mubarak, 2017).

2.7.6. Coeficiente del cultivo

El coeficiente del cultivo (k_c), se define como la relación entre la evapotranspiración real del cultivo y la evapotranspiración de referencia (Piccinni *et al.*, 2009), es decir, depende de los cambios que se dan durante las fases de desarrollo del cultivo, tanto en el clima como en el cultivo. Considerando que la ETo

representa un índice de la demanda climática, el coeficiente de cultivo k_c varía predominantemente en función de la planta (Allen *et al.*, 2006).

El k_c está en función del índice de área foliar, altura de la planta, propiedades aerodinámicas, densidad de siembra, cantidad de estomas por mm^2 y regulación del estoma durante el día, entre otros factores, y por otro lado, los cultivos agrícolas difieren mucho con el cultivo de referencia (pasto), el cual se caracteriza por tener una altura de 0.12 m, una resistencia superficial de 70 s m^{-1} y un albedo de 0.23. Con frecuencia, los valores de k_c en la etapa de mediados son mayores en un 5 a 10 % al de referencia (para el cual el $k_c = 1.0$); para el caso del cultivo de maíz, sorgo o caña de azúcar, este valor se incrementa entre un 15 y 20% (Allen *et al.*, 2006). El k_c varía a lo largo del período de crecimiento (Figura 4), debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan en las distintas etapas de desarrollo del cultivo (Caiza, 2015).

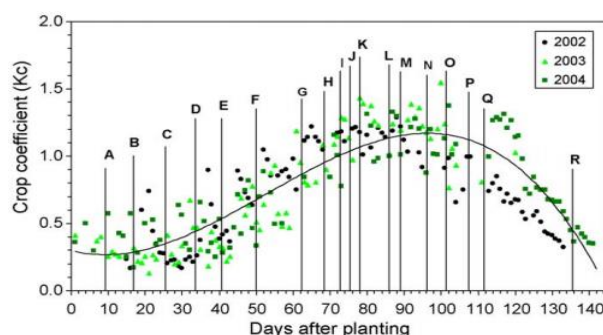


Figura 4. Coeficientes de cultivo (k_c) para el cultivo de maíz. Fuente: (Piccinni *et al.*, 2009).

Los valores de k_c que se presentan en la Guía No. 56 para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Allen *et al.*, 2006), son valores promedio de los valores de k_c determinados bajo condiciones estándar, con un clima sub húmedo, humedad relativa mínima del 45% y velocidad del viento promedio de 2 m/s. Con relación a los valores de k_c estándar (Figura 5), el k_c será mayor en sitios áridos y con vientos fuertes, por el contrario, el k_c será menor en climas húmedos con vientos con velocidades bajas (Allen *et al.*, 2006).

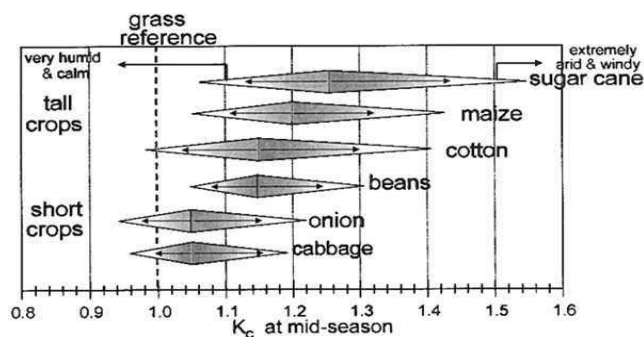


Figura 5. Rangos de k_c para diferentes cultivos (etapa de mediados). Fuente: (Allen *et al.*, 2006).

Varias investigaciones alrededor del mundo reportan valores de kc similares a los estándar de la FAO: Calvache & Engel (1984), para el Centro Académico Docente Experimental La Tola (CADET), para el cultivo de maíz, etapa de mediados, encontraron un valor de kc entre 1.14 y 1.27. Ojeda, Sifuentes & Unland (2006), para el estado de Sinaloa (México), reportaron un valor de kc máximo de 1.25 para el cultivo de maíz. Caiza (2015), para la zona de Balzar (Provincia del Guayas) determinó un valor de kc = 1.2 para el cultivo del maíz (etapa de mediados).

2.7.7. Almacenamiento de agua en el suelo

2.7.7.1. Lámina de agua aprovechable

La lámina de agua aprovechable expresa la lámina de agua que un suelo puede almacenar entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente a la profundidad radical efectiva del cultivo estudiado (Legarda *et al.*, 2000).

2.7.7.2. Lámina neta

Es la cantidad de agua rápidamente aprovechable teniendo en cuenta el nivel de reposición (NR) o porcentaje de agotamiento del agua aprovechable (Legarda *et al.*, 2000). La lámina neta hace referencia a la cantidad de agua en mm que debe ser devuelta al suelo debido a la pérdida causada por el proceso de evapotranspiración con la finalidad de satisfacer el requerimiento hídrico del cultivo, para realizar el cálculo de la lámina neta se necesitan datos como la humedad disponible del suelo, el agotamiento de la humedad disponible del suelo y la profundidad radicular efectiva del cultivo (Antunez *et al.*, 2015).

2.7.7.3. Capacidad de Campo

La capacidad de campo (Cc) es el contenido de humedad del suelo que queda después de que la filtración descendente del agua a cesado, luego de haber mojado abundantemente el suelo a punto de saturación (Murray & Shanmugham, 2006). La determinación de la Cc es imprecisa, porque la pérdida de agua de un suelo saturado al inicio es rápida, y progresivamente entra en una etapa de drenaje lento que puede llegar a durar hasta 15 días. Sin embargo, la literatura menciona que este estado se alcanza dos o tres días después del inicio del drenaje, lo cual varía en los diferentes en algunos suelos. El contenido de agua del suelo a capacidad de campo se encuentra aproximadamente a una tensión de -0.33 bares (Silva *et al.*, 2015).

Tabla 5. Valores normales de capacidad de campo para suelos de diferentes texturas.

Textura	Capacidad de Campo (%)
Arenoso	6 - 12
Franco arenoso	10 - 18
Franco	18 - 26
Franco arcilloso	23 - 31
Arcilloso Arenoso	27 - 35
Arcilloso	31 - 39

Fuente: (Ojeda *et al.*, 2018)

2.7.7.4. Punto de Marchitez Permanente

El punto de marchitez (PMP) es la cantidad de agua por unidad de peso o volumen expresada en porcentaje, que las raíces no pueden absorber, debido a que la matriz del suelo tiene el agua fuertemente adherida, provocando que las plantas se marchiten. El PMP no es un valor único, existe un rango de valores, que dependen del ajuste osmótico de la planta. Sin embargo, se estima que es el contenido de agua a un potencial matricial del suelo de 15 bares (Kirkham, 2014).

Tabla 6. Valores normales de punto de marchitez permanente para suelos de diferentes texturas.

Textura	Punto de marchitez permanente (%)
Arenoso	2 - 6
Franco arenoso	4 - 8
Franco	6 - 10
Franco arcilloso	12 - 15
Arcilloso Arenoso	14 - 18
Arcilloso	16 - 20

Fuente: (Ojeda *et al.*, 2018)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características del sitio experimental

La presente investigación se realizó en la Parroquia Mulliquindil, ubicada en el Cantón Salcedo, en la Provincia de Cotopaxi; se tomó como referencia la información generada en la estación meteorológica Rumipamba-Salcedo (M0004). Siendo las coordenadas geográficas las siguientes:

Altitud	2 680 msnm
Latitud	1° 1' 12" S
Longitud	78° 35' 41" W

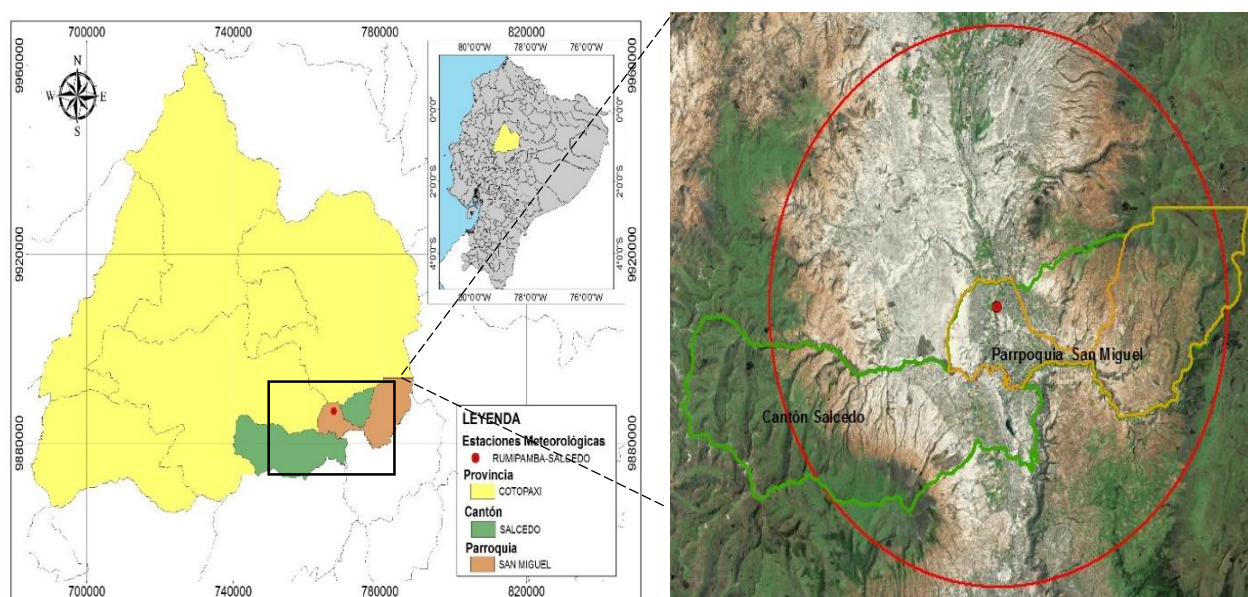


Figura 6. Ubicación de la zona de estudio y área de influencia de la estación meteorológica Rumipamba – Salcedo.

Características climáticas de la zona según la estación Rumipamba-Salcedo (INAMHI, 2018).

Precipitación promedio anual	506.1 mm
Temperatura promedio anual	14.2 °C
Humedad relativa	76.0%
Nubosidad	5 octas
Heliofanía	1710.8 horas luz
Velocidad del viento	7.5 m s ⁻¹

3.2. Materiales

Equipos y Materiales de Oficina

- Computador
- Libreta de campo
- Encuestas
- Cámara de fotos
- Bolígrafos
- Tablero
- Carpetas

Información para la realización del estudio

- Serie histórica mensual y anual promedio de humedad relativa, temperatura máxima, temperatura mínima, evaporación y precipitación, de la estación meteorológica “Rumipamba-Salcedo”, periodo 1989 – 2018, información proporcionada por el INAMHI (Anexos 1 y 2).
- Serie histórica de evaporación y precipitación diaria de los datos de la estación meteorológica “Rumipamba- Salcedo”, del periodo de 1989-2018. Que fue requerida (Anexo 1) y proporcionada oficialmente por el INAMHI (Anexo 2).
- Valores del Coeficiente de cultivo (Kc) de haba, maíz y papa recomendados por la Agencia de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el manual No. 56 (Allen *et al.*, 2006).
- Información técnica sobre los cultivos, ciclo vegetativo, fechas de siembra, rendimiento.
- Encuestas a agricultores de la parroquia Mulliquindil.
- Información secundaria: capacidad de campo y marchitez permanente para los suelos de Rumipamba.

3.3. Métodos

3.3.1. Información climatológica

Las series de datos utilizadas en la investigación corresponden a la estación meteorológica M0004 “Rumipamba – Salcedo” (INAMHI) ubicada en la parroquia de San Miguel, con las siguientes coordenadas: latitud 1° 1' 12" S y longitud 78° 35' 41" W a 2 680 msnm.

3.3.2. Control de calidad de las series climatológicas

La información climatológica de una serie de datos para ser utilizada en estudios hidrológicos debe ser homogénea (Sneyers, 1990). Una serie de datos es homogénea cuando las variaciones de los datos corresponden solo a procesos climáticos y no a cambios operacionales en los sistemas de observación. Se realizaron los siguientes procesos en el control de calidad de datos:

- a. **Visualización preliminar cualitativa.** Cada serie de datos se graficó para determinar visualmente valores atípicos o dudosos. Para ello, se utilizó el software de uso libre Hydrognomon para el análisis. En el software se introdujeron las distintas series de datos y para la distribución normal (temperatura, humedad relativa y horas de luz) o de los momentos (evaporación, precipitación y viento), se trazó el límite inferior (2.5%) y el límite superior (97.5%), siendo atípicos aquellos valores que se encuentran fuera de los límites de confianza.
- b. **Relleno de datos faltantes y atípicos.** Tanto los datos faltantes como los atípicos se calcularon con base en los datos de la misma estación a través del método del promedio de los valores observados a ambos lados. Para el caso de una mayor cantidad de datos faltantes se utilizó el método racional.
- c. **Prueba de Homogeneidad.** Para determinar la homogeneidad de los datos se utilizó el test de secuencia o “Rachas” (Sneyers, 1990), para lo cual se utilizó el software SPSS statistics para el análisis del test (Rachas) en base a la mediana como punto de corte. El test de rachas se basa en la siguiente metodología:
 - Se determinó la mediana de la serie.
 - Se asignó la letra A para cada valor de la serie mayor a la mediana y la letra B si es menor.
 - Se determina el número de cambios de letra.
 - Para 30 datos de la serie y un nivel de significancia del 5%, el número de rachas debe variar entre 10 y 21 (Caballero, 2013).

- En el software SPSS, cuando el valor “Sig. Asintót. (bilateral)” es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis y la serie de datos es aleatoria.

3.3.3. Método Racional para el relleno de datos faltantes

El relleno de datos faltantes se realiza con los datos de la misma estación, este método permite estimar los datos faltantes con base en la información de años completos de datos (Ortiz, 2016). Se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Se calculan para todos los años completos (se excluyen los años con datos faltantes) los porcentajes mensuales de precipitación con relación al total anual.
- b) Se promedian los porcentajes mensuales de precipitación.
- c) Se suman los porcentajes promedios de la serie histórica de los meses que no cuentan con la precipitación.
- d) Se suma la precipitación de los meses del año incompleto.
- e) Se determina el porcentaje de la precipitación existente, al restar de 100% el valor anterior.
- f) El valor a rellenarse se determina al multiplicar el promedio del porcentaje histórico del mes a rellenarse por la precipitación anual del año incompleto, y se divide este producto para el porcentaje de la precipitación existente.

3.3.4. Análisis de las variables climatológicas

Se realizaron análisis de estadística descriptiva a todos los parámetros climáticos, se determinó: mínimo (Mín), máximo (Máx), media ($\bar{x}$), desviación estándar y coeficiente variación (C.V.).

3.3.4.1. Desviación estándar

La desviación estándar es una medida de la dispersión de los datos, cuanto mayor sea la dispersión mayor es la desviación estándar. Así, si no hubiera ninguna variación en los datos, la desviación estándar sería cero (UNID, 2011).

Ecuación 1. Desviación estándar.

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

Donde:

n: Número de datos o elementos de la muestra

i: Índice de la suma que toma los valores 1,2,3....n

x_i : Valor del dato de la muestra

$\bar{x}$: Media aritmética de la muestra

3.3.4.2. Coeficiente de Variación

El coeficiente de variación es una medida de dispersión y es la “desviación estándar relativa”, se determina dividiendo la dispersión absoluta (desviación estándar) para el promedio (media aritmética) y mide la proporción de la desviación estándar respecto de la media. El coeficiente de variación permite determinar si una serie de datos es homogénea o heterogénea, si es menor al 5% se dice que los datos son muy homogéneos, si varía entre el 5 y 30%, los datos son homogéneos y si es mayor al 30%, los datos son heterogéneos (alta variabilidad o dispersos). Una serie es homogénea cuando los datos se distribuyen alrededor de la media (Rodríguez, 2014).

Ecuación 2. Coeficiente de variación.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}}(100)$$

Donde:

CV: Coeficiente de variación

S: Desviación estándar

$\bar{x}$: Media

3.3.5. Encuesta

Se utilizó el método cualitativo y cuantitativo de recolección de información mediante la aplicación de encuestas a los agricultores de la Parroquia “Mulliquindil”, con la finalidad de conocer las fechas de mayores frecuencias del agricultor.

Cuando se conoce el total de unidades de observación que la integran se utiliza la siguiente fórmula:

Ecuación 3. Muestra poblacional (M)

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

Donde:

- N: Población
- Z: Nivel de confianza
- P: Probabilidad a favor
- q: Probabilidad en contra
- d: Precisión

Para el proyecto se utilizó los siguientes datos: N =124; Z=1.96; p=0.5; q=0.5; d=5%

$$M = \frac{124 \times 1.96^2(0.5 \times 0.5)}{0.05^2 \times (124 - 1) + 1.96^2(0.5 \times 0.5)} = 94$$

Tabla 7. Número de agricultores encuestados por zonas

Zona	No total de agricultores	Tamaño de muestra
Palama	50	37
Churuloma	74	57
Nº de la Población	124	-----
Muestra poblacional		94

3.3.6. Precipitación Probable

La FAO recomienda trabajar con valores de precipitación con una probabilidad de ocurrencia del 75%, lo que quiere decir que, en un período de cuatro años, en tres de ellos se darán valores superiores a lo esperado y en un año se darán valores menores a lo esperado. Es decir que, en la serie histórica de 30 años de Rumipamba, durante 23 años se dieron valores mayores a P75% y durante 7 años se produjeron precipitaciones inferiores a P75%, lo que el agricultor asocia con años buenos y años malos de lluvia. El factor de posición se calcula a partir del método propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Ortiz, 2019).

Ecuación 4. Factor de posición

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

Donde:

- Fa: Factor de posición
- m: Número total de datos
- n: número de orden de eventos (precipitación)

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

1. Enumerar los datos según la información de la serie histórica
2. Ordenar los datos de precipitación del mes en estudio de mayor a menor
3. Para cada mes, determinar el factor de posición (ecuación 4)
4. Determinar la precipitación probable, interpolando los valores de probabilidad (ecuación 5)

Ecuación 5. Precipitación Probable 75%

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

Donde:

P75 = Precipitación probable 75% (mm)

PFa₁ = Precipitación para la frecuencia de posición inmediata superior a P75 (mm)

PFa₂ = Precipitación para la frecuencia de posición inmediata inferior a P75 (mm)

Fa₁ = Frecuencia de posición inmediata superior a P75 (%)

Fa₂ = Frecuencia de posición inmediata inferior a P75 (%)

3.3.7. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva se calculó por el método de la USDA (Ortiz, 2019).

Ecuación 6. Precipitación efectiva

Para P75% < 250 mm

$$Pe = \frac{P75\%(125 - 0.2 P75\%)}{125}$$

Para para P75% > 250 mm

$$Pe = 125 + 0.1 P75\%$$

3.3.8. Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración de referencia, se determinó por el método del tanque evaporímetro, en donde el coeficiente Kp promedio se encuentra entre 0.40 y 0.85 (Allen *et al.*, 2006; Ortiz *et al.*, 2018).

Ecuación 7. Evapotranspiración de referencia por el método del tanque evaporímetro.

$$ET_o = Kp \times Eo$$

Donde:

ET₀: Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

K_p: Coeficiente del tanque

E₀: Evaporación diaria (mm día⁻¹)

El coeficiente K_p se determinó al dividir la evaporación del tanque para la evapotranspiración de referencia calculada por el método de Penman-Monteith FAO 56 y este valor para Rumipamba fue 0.74 (Ortiz, 2019).

Ecuación 8. Coeficiente K_p.

$$Kp = \frac{ET_0}{E_0}$$

Donde:

K_p Coeficiente del tanque evaporímetro

ET₀ Evapotranspiración de referencia Penman-Monteith FAO 56 (mm día⁻¹)

E₀ Evaporación del tanque clase A (mm día⁻¹)

3.3.9. Coeficiente del cultivo

Los valores de k_c estándar para los cultivos de haba, maíz y papa se presentan en la Tabla 8, y las fases de los cultivos en la Tabla 9.

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

Cultivo	Kc inicial	Kc medio	Kc final
Haba	0.5	1.15	1.10
Maíz	0.7	1.20	0.60
Papa	0.5	1.15	0.75

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

Tabla 9. Duración de las fases de desarrollo (días)

Cultivo	Total	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
		Inicial	Desarrollo	Medio	Final
Haba	100	20	30	35	15
Maíz	180	30	50	60	40
Papa	165	45	30	70	20

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

3.3.10. Evapotranspiración real

La evapotranspiración real se determinó al multiplicar la evapotranspiración de referencia por el coeficiente del cultivo.

Ecuación 9. Evapotranspiración real del cultivo

$$ET_r = Kc \times ET_o$$

Donde:

ET_r: Evapotranspiración real del cultivo, mm día⁻¹

K_c: Coeficiente del cultivo

ET_o: Evapotranspiración de referencia, mm día⁻¹

3.3.11. Lámina de agua aprovechable

Los datos de capacidad de campo y marchitez permanente se tomaron de estudios de suelo realizados en Rumipamba.

Ecuación 10. Lámina de agua aprovechable

$$LAA = \frac{(\theta_{CC} - \theta_{MP}) \times Pre}{100}$$

Donde:

LAA: lámina de agua aprovechable (mm)

θ_{CC} : Contenido de humedad a capacidad de campo (%)

θ_{MP} : Contenido de humedad a marchitez permanente (%)

Pre: profundidad efectiva radicular (mm)

La profundidad radicular efectiva (Pre) corresponde al 70% de la profundidad radicular total.

Ecuación 11. Profundidad radicular efectiva

$$Pre = 0.7 \times P_{rt}$$

Donde:

Pre: profundidad efectiva radicular (mm)

P_{rt}: profundidad radicular total (mm)

3.3.12. Lámina neta

Es la cantidad de agua rápidamente aprovechable teniendo en cuenta el nivel de reposición (NR) o porcentaje de agotamiento del agua aprovechable (Legarda *et al.*, 2000).

Ecuación 12. Lámina neta

$$LN = p \times LAA$$

Donde:

LN: Lámina neta (mm)

P: Porcentaje de agotamiento (%)

LAA: Lámina de agua aprovechable (mm)

3.3.13. Balance Hídrico

El balance hídrico se determinó por el balance de masas.

Ecuación 13. Balance hídrico

$$BH_i = LAA + Pe_i - ETr_i$$

$$BHC_{i+1} = BH_i + Pe_{i+1} - ETr_{i+1}$$

Donde:

BH: Balance hídrico (mm)

BHC: Balance hídrico acumulado (mm)

LAA: Lámina de agua aprovechable (mm)

Pe: Precipitación efectiva (mm)

ETr: Evapotranspiración real (mm)

Las fechas de siembra de los cultivos de temporal serán aquellas en la que:

- La humedad disponible en el suelo se encuentre entre la lámina de agua aprovechable y la lámina neta, en las etapas de inicio de floración y llenado del grano en el caso de haba y maíz y en la etapa de tuberización en el cultivo de papa, debido a que estas son las etapas más críticas de los cultivos en donde el déficit hídrico puede afectar drásticamente al rendimiento de los cultivos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Control de calidad de datos

En la siguiente tabla se presenta el número de “Rachas” para cada variable analizada, considerando que la serie de datos es de 30 años y que para el nivel de significancia del 5%, el número de rachas de una serie debe variar entre 10 y 21.

Tabla 10. Resultados del test de rachas para un nivel de significancia del 5%.

Mes	Tmáx	Tmín	HR	Eo	P
Enero	10	12	12	12	17
Febrero	15	18	16	13	16
Marzo	12	17	12	17	17
Abril	13	16	16	13	14
Mayo	19	19	15	14	18
Junio	13	17	12	15	12
Julio	19	16	15	12	20
Agosto	17	18	16	13	15
Septiembre	12	16	19	16	16
Octubre	12	16	12	20	16
Noviembre	20	20	19	19	17
Diciembre	19	17	20	15	16
Promedio	14	17	15	15	16

De acuerdo a los resultados del Test de Rachas (Tabla 10), la variable temperatura máxima presentó un promedio de 14 con un valor máximo de 20 y mínimo de 10; para la variable temperatura mínima el promedio fue 17, el valor máximo 20 y el mínimo 12; para la variable humedad relativa el promedio fue 15, el valor máximo 20 y el mínimo 12; para la evaporación el promedio fue 15, el valor máximo 20 y el mínimo 12; para precipitación el promedio fue 16, el valor máximo 20 y el mínimo 12. Dado que para todas las variables el valor del estadístico está comprendido entre los dos límites del test, se concluye que la serie de datos es homogénea con un nivel de significancia del 5%.

4.2. Análisis de variación del clima

4.2.1. Precipitación

Para la estación meteorológica M004 “Rumipamba - Salcedo”, en el período mensual multianual de los datos desde 1989-2018 (30 años) la precipitación promedio histórica fue de 45.5 mm y varía en un rango comprendido entre 1.1 mm y 151.4 mm (Figura 7).

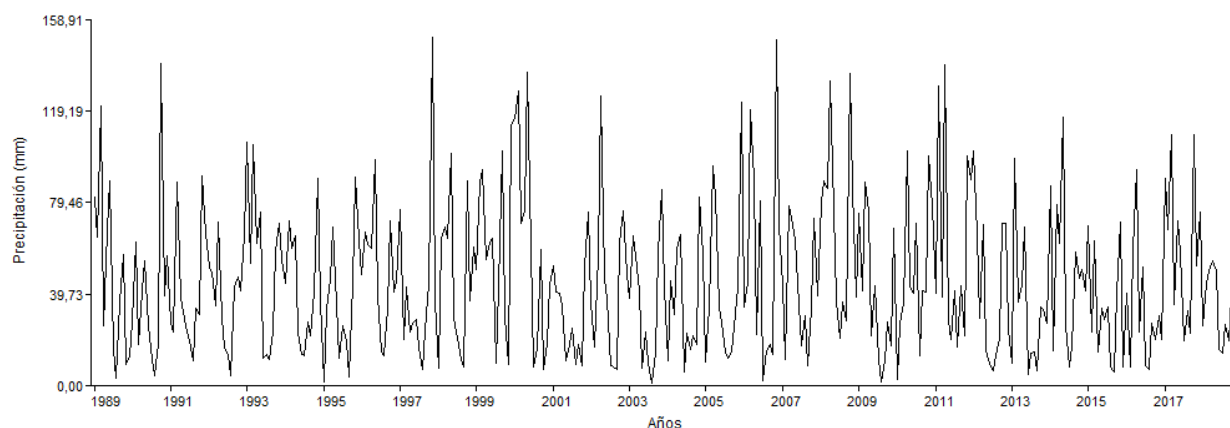


Figura 7. Precipitación mensual multianual. Serie de datos 1989-2018. Fuente: (INAMHI, 2018)

La precipitación mensual de la serie histórica de datos presentó los siguientes valores: la mínima en el mes de agosto con 14.9 mm y la máxima en el mes de noviembre con 66.5 mm (Figura 8).

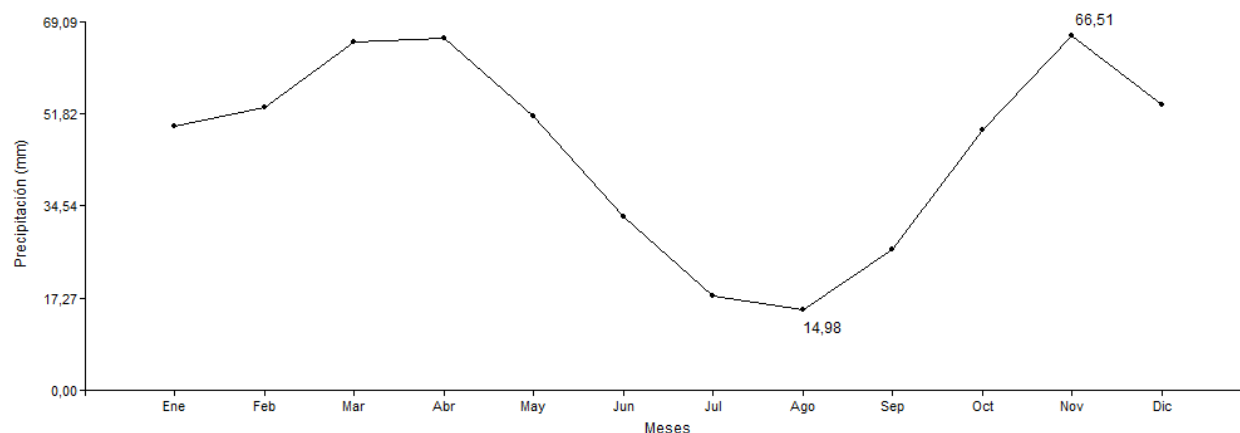


Figura 8. Precipitación promedio mensual. Serie de datos 1989-2018. Fuente: (INAMHI, 2018)

Los resultados del coeficiente de variación estándar (Tabla 11) presentan valores comprendidos entre 43.4% y 77.1%, lo que indica que existe una alta dispersión de los datos, es decir que están alejados de la media, por lo que se trabajó con análisis probabilísticos en el balance hídrico, basados en registros históricos como lo recomienda Rodríguez (2014).

En cuanto a la precipitación media y máxima el mes que presentó el valor más alto fue noviembre con 66.5 mm y 151.4 mm, respectivamente, mientras que, para la precipitación mínima, los meses de enero y agosto, presentaron valores de 1.8 y 1.1 respectivamente.

Tabla 11. Resumen de la estadística descriptiva de Precipitación.

Meses	Media	Max	Min	D.E.	C.V.
Enero	49.54	116.10	1.80	32.28	65.16
Febrero	53.15	130.00	8.00	31.53	59.33
Marzo	65.33	121.40	17.70	28.36	43.42
Abril	65.92	139.20	14.80	30.66	46.51
Mayo	51.40	136.10	7.50	32.11	62.48
Junio	32.47	88.80	4.80	21.06	64.86
Julio	17.80	70.70	2.40	12.89	72.44
Agosto	14.98	42.70	1.10	10.47	69.89
Septiembre	26.42	102.00	4.00	20.38	77.12
Octubre	48.83	139.90	7.00	33.26	68.12
Noviembre	66.51	151.40	9.10	38.19	57.42
Diciembre	53.61	122.90	7.90	26.64	49.70

D.E. = Desviación estándar; C.V. = Coeficiente de variación

Al analizar el comportamiento de la precipitación en un periodo de 30 años, se evidenció que durante este tiempo los valores máximos no superan los 151.4 mm, lo que explica porque existe déficit hídrico en la zona, durante todo el año y porque es considerada la estación con menor cantidad de lluvia entre las 18 estaciones ubicadas en seis provincias de la sierra (Ramírez & Vallejo, 2018). Como lo menciona Jiménez (2016), la distribución de la precipitación en esta zona corresponde al clima ecuatorial mesotérmico seco, debido a que presenta dos épocas lluviosas durante todo el año, este tipo de clima es común en el fondo de los valles del callejón interandino. Sin embargo, parte del territorio de nuestra área de estudio se encuentra en el páramo alto andino, en donde según Ramírez y Vallejo (2016), los factores que determinan el clima están relacionados con la circulación atmosférica, efecto relieve y la influencia oceánica y continental. Al encontrarse esta zona en las estribaciones de la Cordillera Oriental, el clima está determinado por las masas de aire del Atlántico y de la Amazonía.

En cuanto al análisis de los resultados obtenidos de la precipitación mensual se puede notar que concuerdan con la investigación de Barros y Troncoso (2010), quienes mencionan que a partir de abril son meses de pocas de lluvias con un mínimo en el mes de agosto. Este comportamiento es normal en la región interandina, debido a que tiene un régimen pluviométrico de dos estaciones lluviosas, de febrero a

mayo y de octubre a noviembre, mientras que la estación seca se da entre junio y noviembre (Pourrut, 1995).

4.2.2. Evaporación

Para la estación meteorológica M004 “Rumipamba - Salcedo”, en el periodo mensual multianual de datos 1989-2018 (30 años), la evaporación registrada fue: promedio histórico de 120.8 mm, y varía en un rango entre 75.2 mm y 193.5 mm (Figura 9).

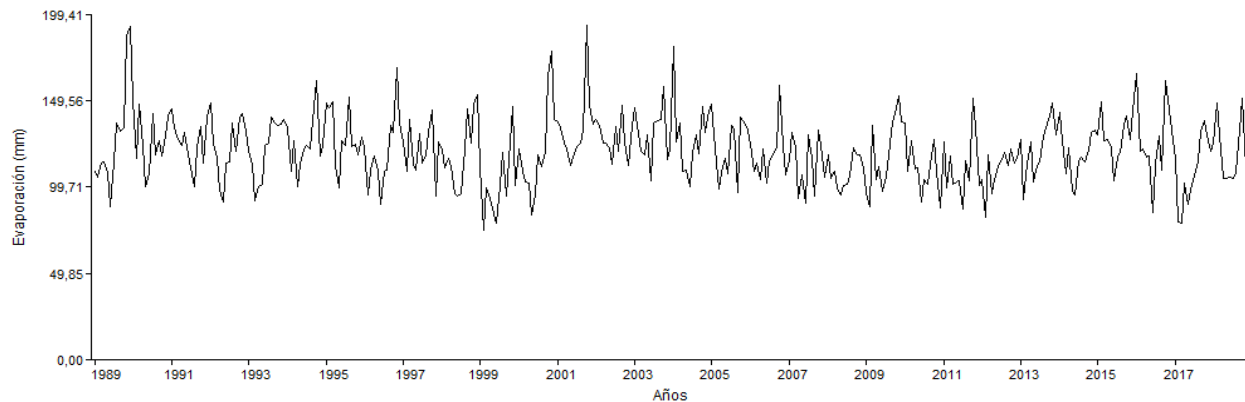


Figura 9. Evaporación mensual multianual. Serie de datos 1989-2018. Fuente:(INAMHI, 2018)

La Evaporación promedio mensual de la serie histórica de datos presentó los siguientes valores: la mínima en el mes de junio con 104.4 mm y la máxima en el mes de octubre con 139.9 mm (Figura 10).

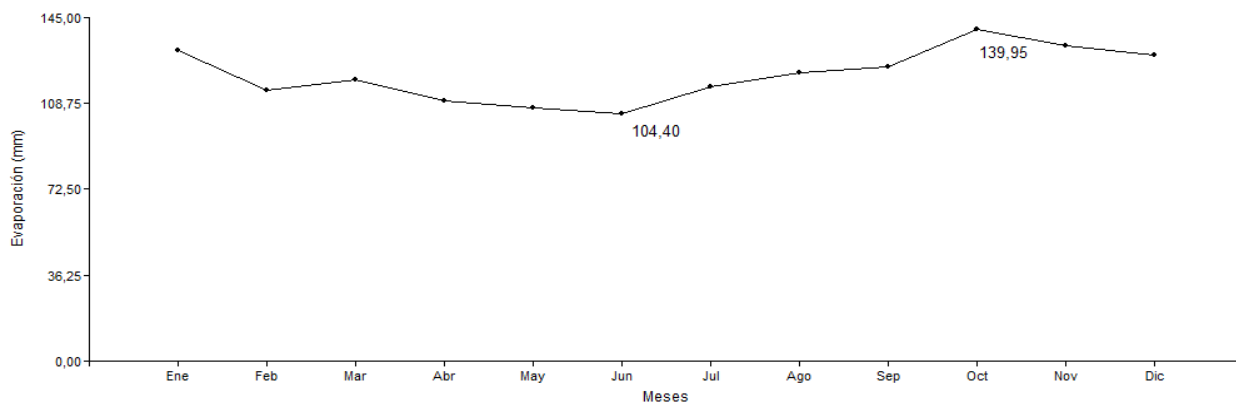


Figura 10. Evaporación promedio mensual. Serie de datos 1989-2018. Fuente: (INAMHI, 2018)

Para la evaporación promedio mensual se determinó el coeficiente de variación estándar (Tabla 12), que presentó valores comprendidos entre 9.5% y 17.3%, lo que nos indica que son datos confiables y homogéneos, debido a que se encuentran dentro del rango establecido por lo que se puede trabajar con los valores promedios de la serie histórica. En cuanto a la evaporación media y máxima el mes que

presentó el valor más alto fue octubre con 139.9 y 193.5 mm, respectivamente, mientras que, para la evaporación mínima, el mes de febrero y marzo presentó el valor más bajo.

Tabla 12. Resumen de la estadística descriptiva de Evaporación

Meses	Media	Max	Min	D.E.	C.V.
Enero	131.30	181.30	96.90	18.12	13.80
Febrero	114.51	148.80	75.20	19.85	17.34
Marzo	118.90	149.00	79.00	15.58	13.10
Abril	110.04	127.20	93.20	10.55	9.58
Mayo	106.91	131.20	83.70	12.16	11.37
Junio	104.40	131.00	79.00	12.93	12.39
Julio	115.73	142.30	86.90	12.56	10.85
Agosto	121.61	151.70	99.80	11.80	9.71
Septiembre	124.11	147.20	94.50	14.28	11.51
Octubre	139.95	193.50	115.50	17.24	12.32
Noviembre	133.03	187.20	94.80	20.87	15.69
Diciembre	129.23	192.90	88.10	19.26	14.90

D.E. = Desviación estándar; C.V. = Coeficiente de variación

4.2.3. Humedad Relativa

Para la estación meteorológica M004 “Rumipamba - Salcedo”, en el período mensual multianual de los datos desde 1989-2018 (30 años) la humedad relativa promedio histórica fue de 76% y varía en un rango comprendido entre 65 % y 84% (Figura 11).

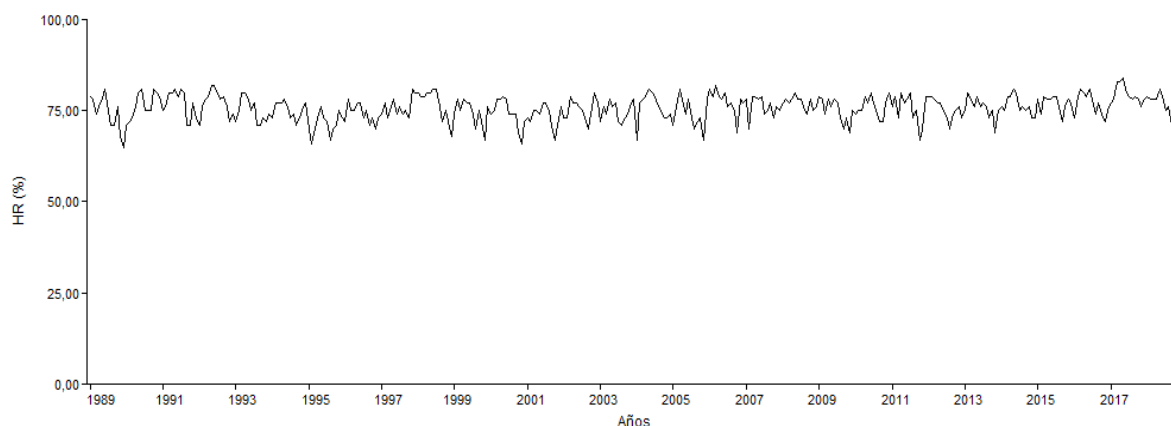


Figura 11. Humedad relativa mensual multianual. Serie de datos 1989-2018. Fuente:(INAMHI, 2018)

La Humedad relativa promedio mensual de la serie histórica de datos presentó los siguientes valores: la mínima en el mes de octubre con 73.3% y la máxima en el mes de mayo con 78.3% (Figura 12).

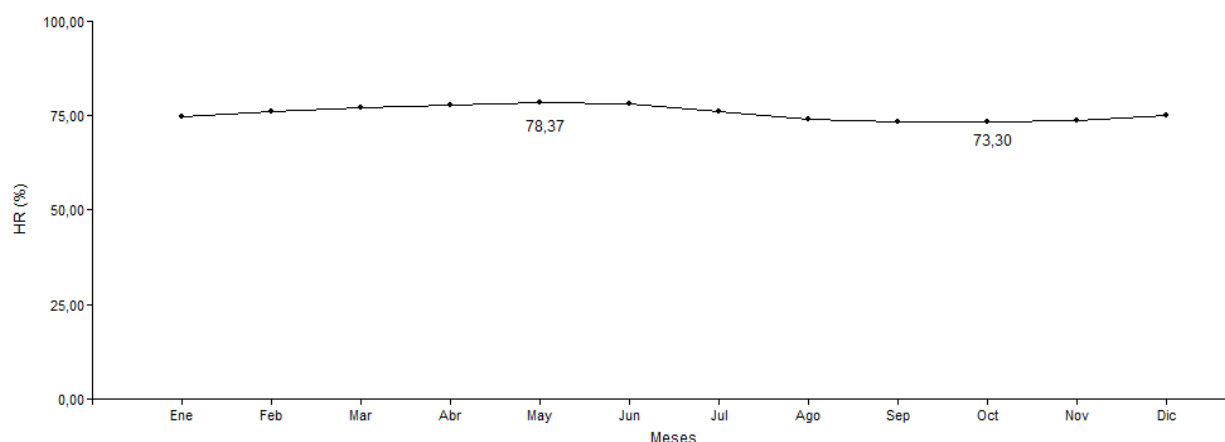


Figura 12. Humedad relativa promedio mensual. Serie de datos 1989-2018. Fuente: (INAMHI, 2018)

Para la Humedad relativa promedio mensual se determinó el coeficiente de variación estándar (Tabla 13), que presentó valores comprendidos entre 2.5% y 5.7%, lo que indica que son datos confiables y homogéneos, por lo que se puede trabajar con los valores promedios de la serie histórica. En cuanto a la Humedad relativa media y máxima el mes que presentó el valor más alto fue mayo con 78.3 y 84.0%, respectivamente, mientras que, para la humedad relativa mínima, el mes de febrero y noviembre presentó el valor más bajo con 66.0%.

Tabla 13. Resumen de la estadística descriptiva de Humedad relativa.

Meses	Media	Max	Min	D.E.	C.V.
Enero	74.77	81.00	67.00	3.40	4.55
Febrero	76.10	80.00	66.00	3.09	4.06
Marzo	77.17	83.00	70.00	3.09	4.00
Abril	77.97	83.00	73.00	1.97	2.53
Mayo	78.37	84.00	74.00	2.27	2.89
Junio	78.20	82.00	73.00	2.31	2.95
Julio	76.17	81.00	72.00	2.67	3.50
Agosto	74.13	80.00	67.00	2.85	3.84
Septiembre	73.33	79.00	70.00	2.56	3.50
Octubre	73.30	81.00	67.00	3.17	4.33
Noviembre	73.67	81.00	66.00	4.20	5.70
Diciembre	75.23	80.00	65.00	3.28	4.36

D.E. = Desviación estándar; C.V. = Coeficiente de variación

El rango en que varía la humedad relativa de este sector comprendido entre 65 % y 84 %, está dentro del valor normal, ya que como lo menciona Portilla (2018) en la región andina esta variable tiende a estar entre 80% en el periodo invernal y 10% en el verano.

4.2.4. Temperatura Máxima

Para la estación meteorológica M004 “Rumipamba - Salcedo”, en el período mensual multianual de los datos desde 1989-2018 (30 años) la temperatura máxima promedio histórica fue de 20.6 °C y varía en un rango comprendido entre 17.6 °C y 24.1 °C (Figura 13).

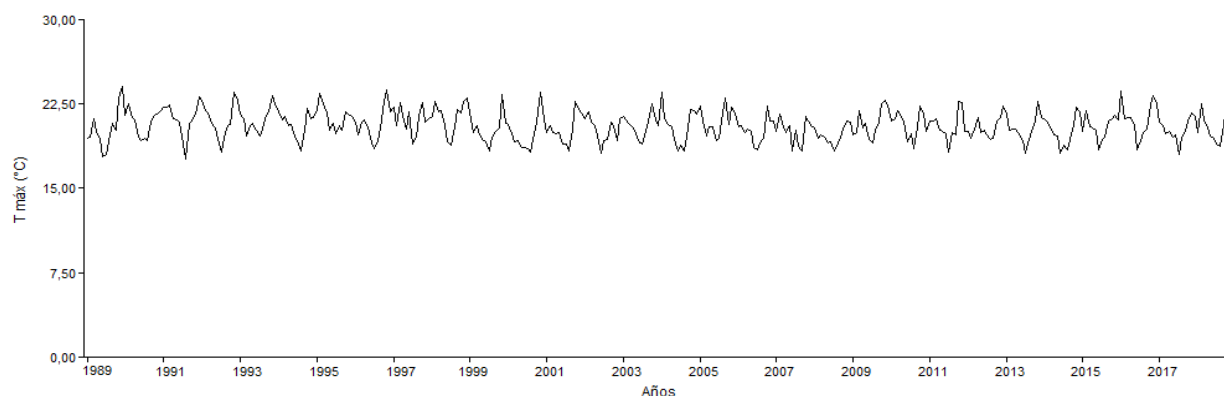


Figura 13. Temperatura máxima mensual multianual. Serie de datos 1989-2018. Fuente:(INAMHI, 2018)

La Temperatura máxima promedio mensual de la serie histórica de datos presentó los siguientes valores: la mínima en el mes de julio con 18.9 °C y la máxima en el mes de noviembre con 22.0 °C (Figura 14).

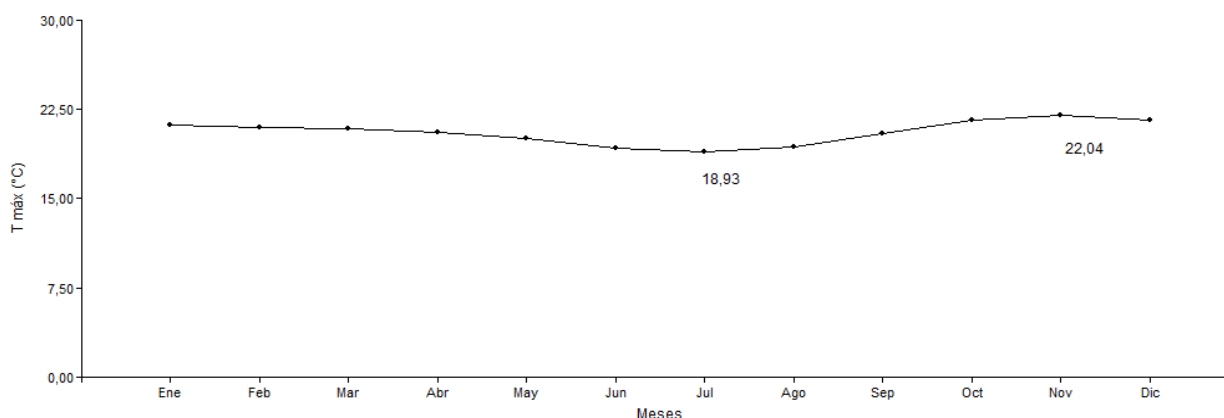


Figura 14. Temperatura máxima promedio mensual. Serie de datos 1989-2018. Fuente: (INAMHI, 2018)

Para la temperatura máxima promedio mensual se determinó el coeficiente de variación estándar (Tabla 14), que presentó valores comprendidos entre 3.0% y 4.9%, lo que nos indica que son datos confiables y homogéneos, por lo que se puede trabajar con los valores promedios de la serie histórica. En cuanto a la Temperatura máxima media y máxima el mes que presentó el valor más alto fue noviembre con 22.0 °C y 23.8 °C, respectivamente, mientras que, para la evaporación mínima, el mes de agosto presentó el valor más bajo.

Tabla 14. Resumen de la estadística descriptiva de Temperatura máxima.

Meses	Media	Max	Min	D.E.	C.V.
Enero	21.24	23.70	19.50	1.06	4.99
Febrero	21.04	23.40	19.50	1.01	4.81
Marzo	20.87	22.60	19.10	0.90	4.31
Abril	20.57	21.90	19.30	0.64	3.13
Mayo	20.08	21.10	18.60	0.61	3.01
Junio	19.24	21.80	17.80	0.90	4.69
Julio	18.93	20.20	18.00	0.62	3.25
Agosto	19.36	21.70	17.60	0.88	4.56
Septiembre	20.44	23.00	18.30	0.88	4.32
Octubre	21.58	22.80	20.20	0.84	3.91
Noviembre	22.04	23.80	19.20	1.02	4.65
Diciembre	21.58	24.10	20.00	0.96	4.44

D.E. = Desviación estándar; C.V. = Coeficiente de variación

4.2.5. Temperatura mínima

Para la estación meteorológica M004 “Rumipamba - Salcedo”, en el período mensual multianual de los datos desde 1989-2018 (30 años) la temperatura mínima promedio histórica fue de 4.2°C y varía en un rango comprendido entre -1.3°C y 10.3 °C (Figura 15).

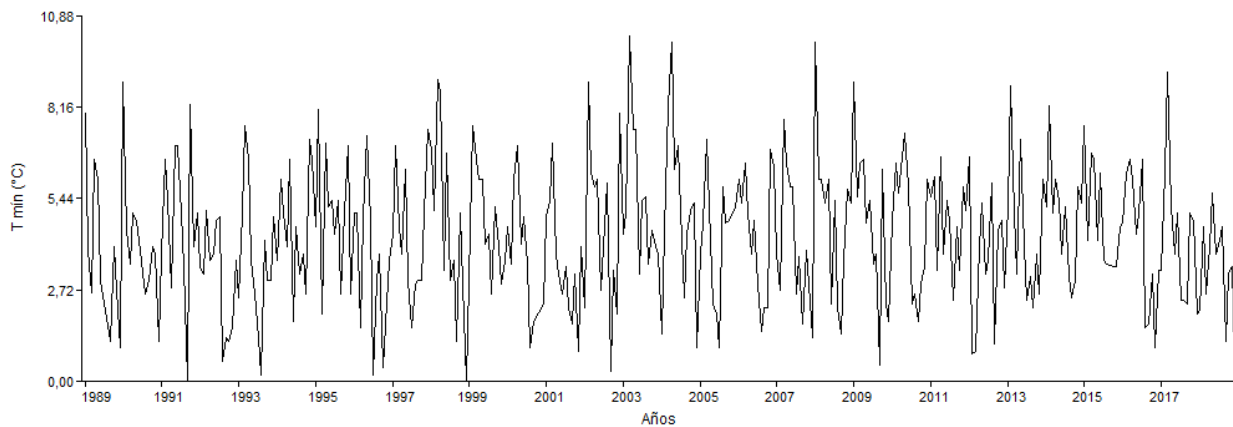


Figura 15. Temperatura mínima mensual multianual. Serie de datos 1989-2018. Fuente:(INAMHI, 2018)

La temperatura mínima promedio mensual de la serie histórica de datos presentó los siguientes valores: la mínima en el mes de septiembre con 2.2 °C y la máxima en el mes de abril con 5.6 °C (Figura 16).

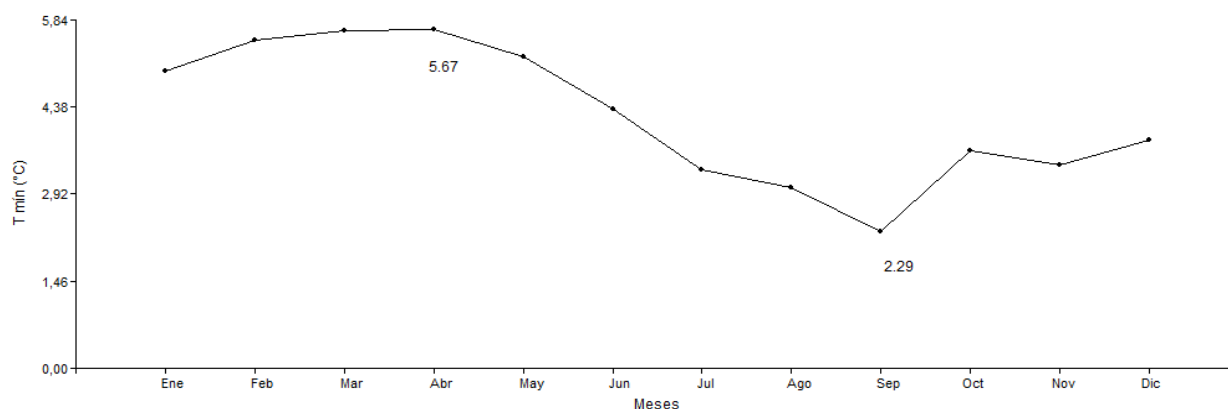


Figura 16. Temperatura mínima promedio mensual. Serie de datos 1989-2018. Fuente: (INAMHI, 2018)

Para la temperatura mínima promedio mensual se determinó el coeficiente de variación estándar (Tabla 15), que presentó valores comprendidos entre 5.0% y 9.2%, lo que nos indica que son datos confiables y homogéneos, por lo que se puede trabajar con los valores promedios de la serie histórica. En cuanto a la temperatura mínima media y máxima el mes que presentó el valor más alto fue abril con 5.6°C y marzo con 10.3 °C, respectivamente, mientras que, el mes de agosto presentó el valor más bajo.

Tabla 15. Resumen de la estadística descriptiva de Temperatura mínima.

Meses	Media	Max	Min	D.E.	C.V.
Enero	4.98	10.10	1.40	0.80	8.55
Febrero	5.50	8.90	0.80	0.76	7.92
Marzo	5.66	10.30	0.90	0.66	6.81
Abril	5.67	10.10	2.80	0.54	5.49
Mayo	5.22	7.50	2.30	0.48	5.03
Junio	4.35	7.00	1.80	0.46	5.18
Julio	3.32	6.60	-1.20	0.64	7.87
Agosto	3.02	5.90	-0.10	0.61	7.99
Septiembre	2.29	5.20	-0.20	0.50	6.50
Octubre	3.65	8.25	-0.20	0.62	7.15
Noviembre	3.40	7.20	-1.30	0.82	8.93
Diciembre	3.82	8.00	0.00	0.85	9.23

D.E. = Desviación estándar; C.V. = Coeficiente de variación

Al analizar el comportamiento de la temperatura mínima en el periodo de 30 años, se evidenció que durante este tiempo los valores mínimos se evidenciaron en el mes de septiembre con 2.3 °C, lo que concuerda con lo descrito en el Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial (2015), donde se menciona que, en los meses de septiembre y agosto, la temperatura puede descender a -2 °C, provocando fenómenos como las heladas, lo cual puede causar estragos en los cultivos.

4.3. Análisis de Encuestas

Las encuestas se realizaron en la parroquia de Mulliquindil, en los sectores de Churuloma y Palama, donde predomina la producción agrícola sin riego, debido a que, como lo manifiestan los lugareños, el costo para tener este servicio no puede ser cubierto con las ganancias que obtiene de la producción de sus cultivos.

4.3.1. Información socio demográfica

El 65% de la población encuestada se encuentra en un rango de edad mayor a los 50 años, seguido de un 24% de personas entre los 33 a 50 años y con un 11% personas entre los 18 a 33 años. Además, predomina un mayor número de encuestados de sexo masculino (60%). El 93% del total de los encuestados manifestó que la UPA donde cultiva es propio, el 6% prestado y solo el 1% arrendado.

En cuanto al nivel de escolaridad (Figura 17) se encontró que el mayor porcentaje de los encuestados cuenta con primaria incompleta (33%), seguido de un 28% que no cuenta con ningún tipo de escolaridad, el 20% que cuenta con primaria completa, 12% secundaria incompleta, 5% secundaria completa y solo el 2% con educación superior.

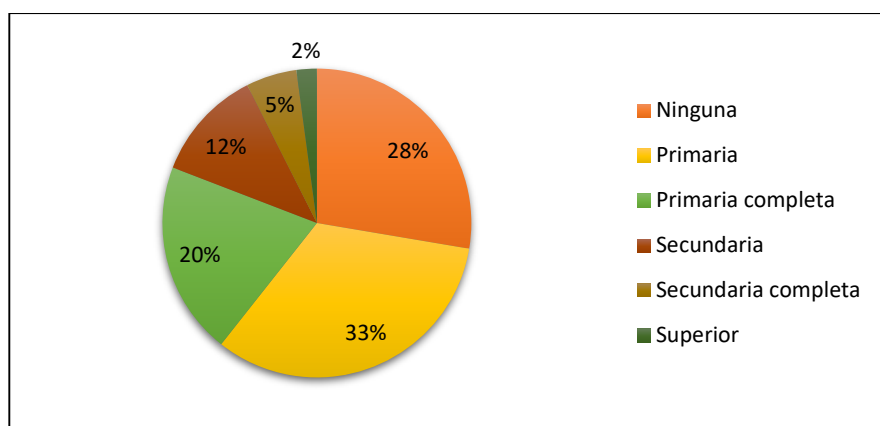


Figura 17. Nivel de escolaridad de los agricultores de temporal de la parroquia Mulliquindil.

Como se puede notar, en este sector quienes cultivan la tierra en mayor porcentaje son las personas de edad más avanzada con un nivel de escolaridad nulo o casi nulo, que se dedican a esta actividad para su subsistencia, esto se debe a que los más jóvenes abandonan la agricultura en busca de un mejor futuro, al ver que esta actividad no es rentable en las condiciones de ese sector. Aunque esta problemática es generalizada no solo en Ecuador si no en varias partes de Latinoamérica (Guevara, 2016).

4.3.2. Criterios sobre la variación climática frente a la agricultura

Lo que se busca saber con las preguntas realizadas en esta sección de la encuesta, es el grado de conocimiento de los agricultores sobre la variación climática, puntos que son clave que ellos conozcan para que puedan tomar ciertas medidas y de esta manera adaptarse los efectos de la variación climática.

Los resultados que se obtuvieron fueron que el 93% de los agricultores encuestados creen que existe variación en la precipitación y han notado la presencia de dicha variación, el 37% sostiene que los cambios en las lluvias han sido marcados, el 35% muy marcados, el 17% ligeros, y el 11% no han notado ningún cambio (Figura 18).

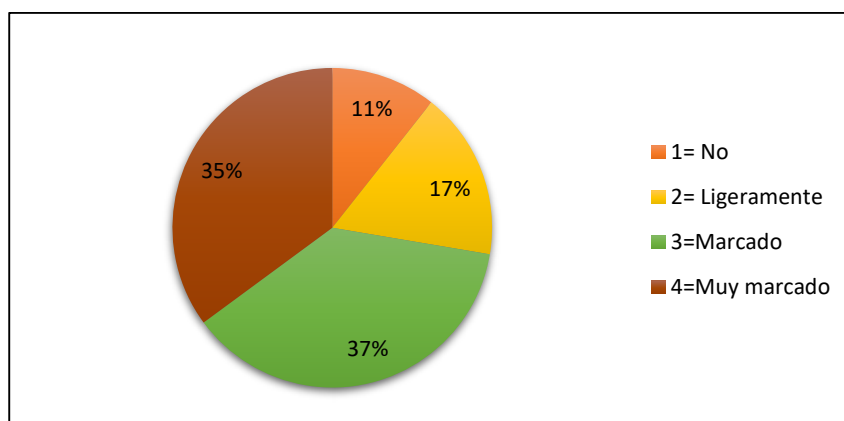


Figura 18. Percepción del nivel de cambio en la lluvia de los agricultores de la parroquia Mulliquindil.

En cuanto al motivo al que atribuyen dicha variación, el 19% cree que se debe a la deforestación, 19% a la contaminación, el 15% a la industria, el 38% piensa que se debe a todas las razones anteriores, y el 9% desconoce porque se ha dado esta variación (Figura 19).

Con estos resultados obtenidos es evidente que la gran mayoría sabe que es y a que se debe la variación climática; aquellas personas que respondieron que se debe a la industria se referían específicamente a las plantaciones de brócoli que se encuentran cerca del sector, según mencionan los agricultores se realizan prácticas que evitan que llueva, esta actividad es conocido como bombardeo de nubes, que son fumigaciones con yoduro de plata, que en la provincia de Cotopaxi ha sido una problemática constante, a pesar de que se ha desmentido varias veces por empresarios productores de brócoli y por la unidad ambiental de la prefectura (La Hora, 2018).

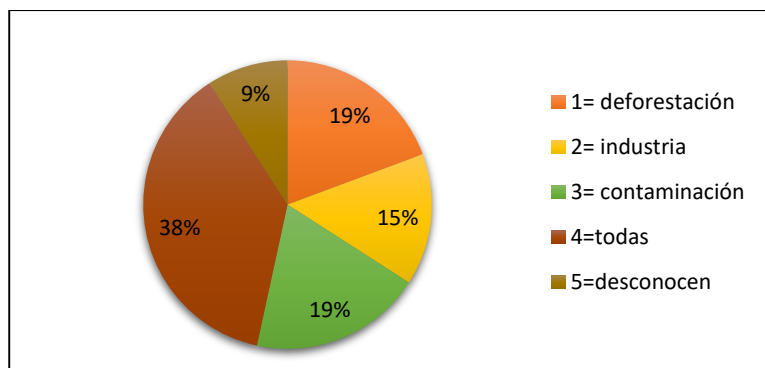


Figura 19. Factores a los que atribuyen la variación en la precipitación los agricultores de la parroquia Mulliquindil.

Los agricultores también saben a qué parte agrícola en específico ha afectado la variación climática, el 23% piensa que, a las fechas de siembra, mientras que el 20% al rendimiento, 8% al desarrollo vegetativa y el 45% a todas las anteriores ya que manifiestan que, al afectarse la fecha de siembra, afecta el desarrollo vegetativo y por ende el rendimiento (Figura 20).

Hablando específicamente de si ha cambiado la fecha de siembra tradicional, el 86% respondió de forma afirmativa y el 14% dijo que mantenía su época de siembra; en general los agricultores encuestados mencionan que actualmente no tienen una fecha específica para sembrar, ya que no saben cuándo empezarán las lluvias, por este motivo siembran en cualquier fecha, apenas ellos vean que empieza a llover, además, sostienen que sembrar de esta manera no es rentable ya que no saben si van a poder cubrir todo el desarrollo del cultivo.

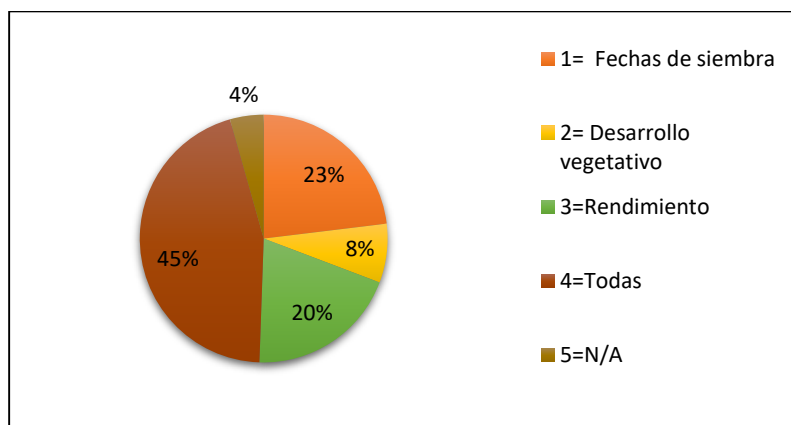


Figura 20. Parte agrícola que es afectada por la variación en la precipitación según los agricultores de la parroquia Mulliquindil.

Los criterios que toman en cuenta los agricultores para definir las fechas de siembra son (Figura 21), el 35% precipitación, 35% calendario lunar, 13% almanaque y 17% todas las opciones; como se mencionó anteriormente los agricultores esperan que empiece a llover para sembrar, sin definir una fecha específica como se realizaba tradicionalmente, lo cual no da buenos resultados, por ese motivo buscan otras opciones para definir nuevas fechas de siembra usando el calendario lunar o almanaque que muchas veces son proporcionados por los almacenes de agroquímicos.

Al usar el término calendario lunar se hace referencia al conocimiento ancestral, que utilizan los agricultores para realizar las actividades agrícolas basados en la observación de los efectos de las fases lunares sobre dichas actividades, ya que de ello dependen los resultados de las cosechas, este conocimiento es transmitido de forma práctica de una generación a otra (Flores *et al.*, 2012). El término almanaque hace referencia a un documento donde vienen indicadas fechas recomendadas para realizar ciertas actividades agrícolas basadas en información sobre las fases de la luna, el clima, las estaciones, y demás información que tiene utilidad práctica en el ámbito agrícola (González, 2017).

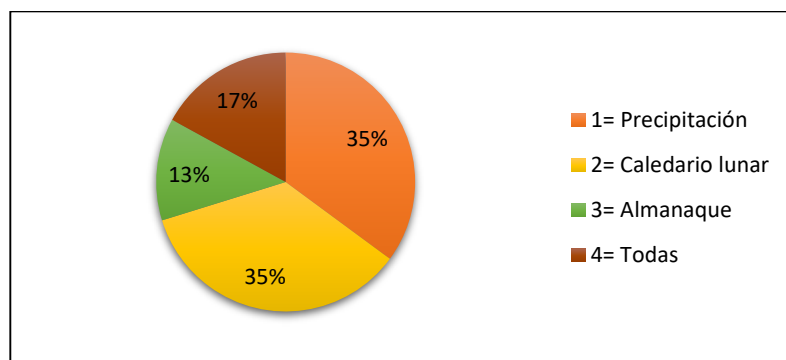


Figura 21. Criterio que toman en cuenta los agricultores de la parroquia Mulliquindil para definir las fechas de siembra.

En cuanto a las variedades que se utilizan en este sector, en el caso del cultivo de maíz (Figura 22) predomina el blanco (45%) y el amarillo (41%), debido a que son los que tienen mayor demanda en el mercado y pagan un mejor precio, además de que los agricultores consideran que están adaptados a la zona, porque se han venido sembrando desde tiempo atrás, y las semillas que utilizan son las que guardan de cosechas anteriores, sin embargo, también reconocen que actualmente ya casi no hay producción por falta de agua y por el ataque de plagas justo en la etapa de llenado del grano.

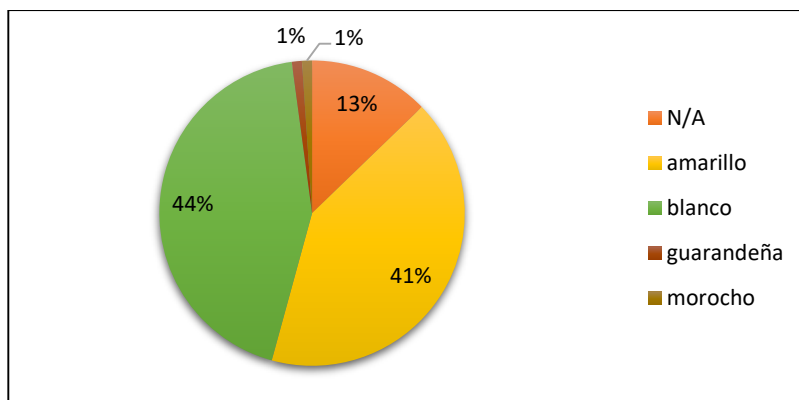


Figura 22. Variedades que utilizan para el cultivo de maíz en la parroquia de Mulliquindil

Para el cultivo de papa la variedad que más se utiliza (Figura 23) es la suprema (48%) debido a que está adaptada a la zona y entre sus características más importantes es ser altamente resistente a *Phytophthora infestans* y su precocidad, ya que obtiene su madurez a los 110 días a una altitud de 2 630 msnm (Montesdeoca *et al.*, 2000). La superchola es la segunda variedad (25%) más sembrada, seguida de la variedad free (11%) y el 16% restante son otras variedades como uvilla, natividad, tacha, etc., que se siembran para autoconsumo. Sin importar que variedad sea los agricultores reportan que no hay formación de tubérculo a pesar de que el follaje es vigoroso y tenga buena cobertura.

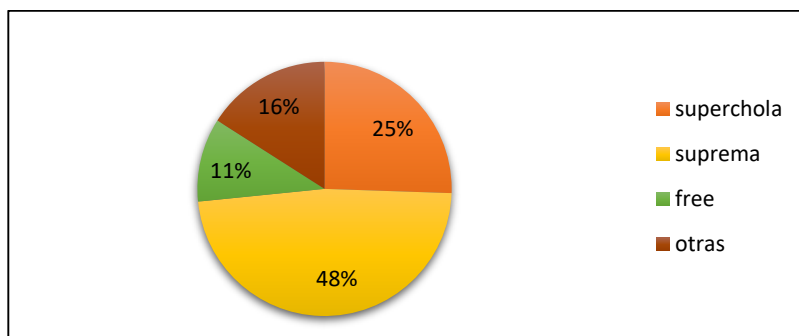


Figura 23. Variedades que utilizan para el cultivo de papa en la parroquia de Mulliquindil

En el cultivo de haba (Figura 24) la variedad machete (57%) es la que predomina en la zona, porque los agricultores dicen que produce más granos por vainas, es decir obtiene mayor producción por planta, en segundo lugar está la variedad huagraba (30%), seguido de otras variedades (16%) que no son tan comunes en el sector como alpargata, pareja, nacional, etc., sin embargo, la mayoría de agricultores aseguran que los últimos años los rendimientos han sido bajos, debido a la falta de agua ya que este es un cultivo que demanda mucha cantidad de agua, sobre todo para el llenado del grano, por eso lo han dejado de cultivar para vender y solo lo hacen para autoconsumo.

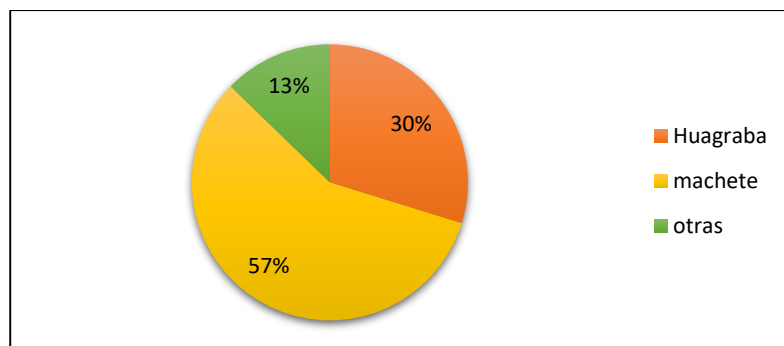


Figura 24. Variedades que utilizan para el cultivo de haba en la parroquia de Mulliquindil

La percepción de los agricultores en cuanto a la producción del cultivo de maíz (Figura 25), en un año húmedo la mayoría lo consideran regular (55%), el 42% lo considera bueno y el 3% malo. Mientras que en un año seco el 45% de los agricultores lo considera malo, el 43% regular y el 5% bueno; cómo se puede notar predomina la percepción de producción regular tanto para año húmedo como para año seco, este se debe a que los agricultores consideran que en un año húmedo hay exceso de agua y por ende el grano se pudre porque no se lo puede dejar secar, mientras que en un año seco no hay suficiente agua para el correcto llenado del grano.

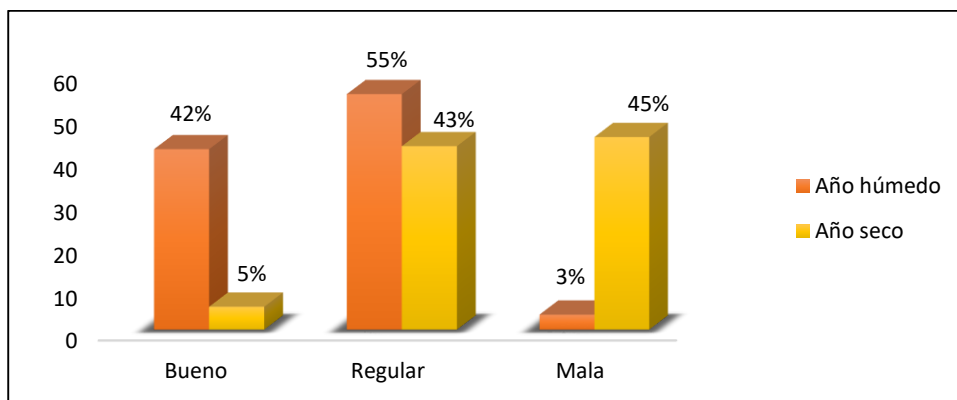


Figura 25. Percepción de los agricultores, de la producción del cultivo de maíz en un año húmedo y año seco.

La percepción de los agricultores en cuanto a la producción del cultivo de papa (Figura 26), en un año húmedo la mayoría lo considera bueno (63%), el 30% regular y el 7% malo. En un año seco la percepción del agricultor cambia, la mayoría lo considera mala (56%), el 43% regular y el 1% bueno. Los agricultores conocen muy bien el comportamiento de su cultivo frente a la falta de agua que se da en un año seco, saben que bajo estas condiciones el rendimiento disminuye completamente. Según FAO (2008), se reduce la producción al haber un agotamiento del más del 50% del total del agua que está disponible en el suelo durante el crecimiento.

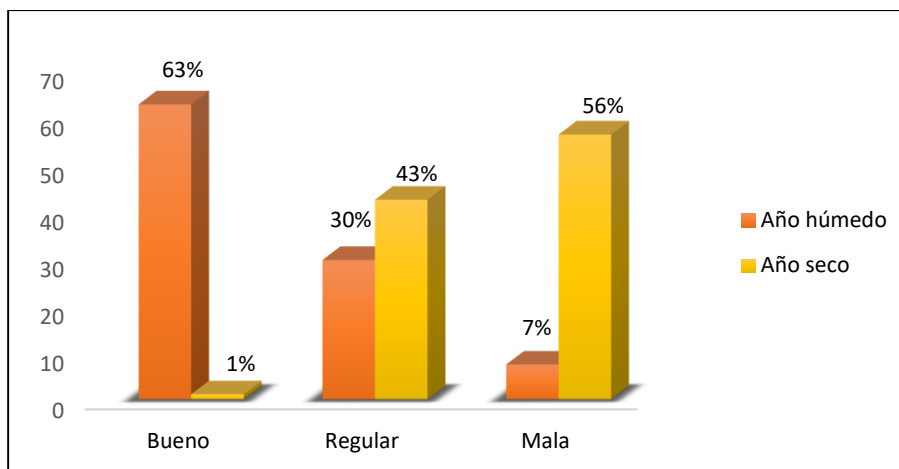


Figura 26. Percepción de los agricultores, de la producción del cultivo de papa en un año húmedo y año seco.

La percepción de los agricultores en cuanto a la producción del cultivo de haba (Figura 27), en un año húmedo la mayoría lo considera bueno (57%), el 38% regular y el 5% malo. En un año seco el 61 % de agricultores la consideran mala, el 38% regular y el 1% bueno. Los resultados obtenidos van de acuerdo a la literatura ya que el haba es un cultivo que demanda mucha agua y específicamente para el llenado de vainas necesita de agua constante, por lo que en un año seco la producción va a ser baja (Atacushi, 2015). El porcentaje de personas que consideran la producción es regular también es representativa debido a que muchos agricultores dicen que en ese sector sin importar que se aun año húmedo o seco, el cultivo de haba ya no es rentable.

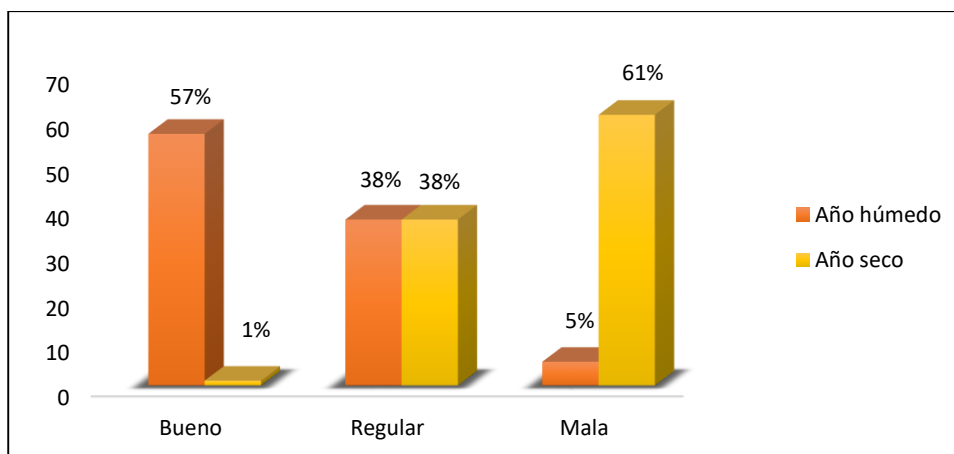


Figura 27. Percepción de los agricultores, de la producción del cultivo de haba en un año húmedo y año seco.

Mediante las encuestas se logró determinar que las fechas de mayor frecuencia que usan los agricultores para el cultivo de maíz son (Figura 28): 1^{era} semana de julio (22%), 1^{era} semana de noviembre (16%), 4^{ta} semana de julio y agosto (13%); según datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Mulliquindil (PDOT) del año 2015, se siembra el maíz en el mes de noviembre para vender a mejores precios por motivos de la semana santa.

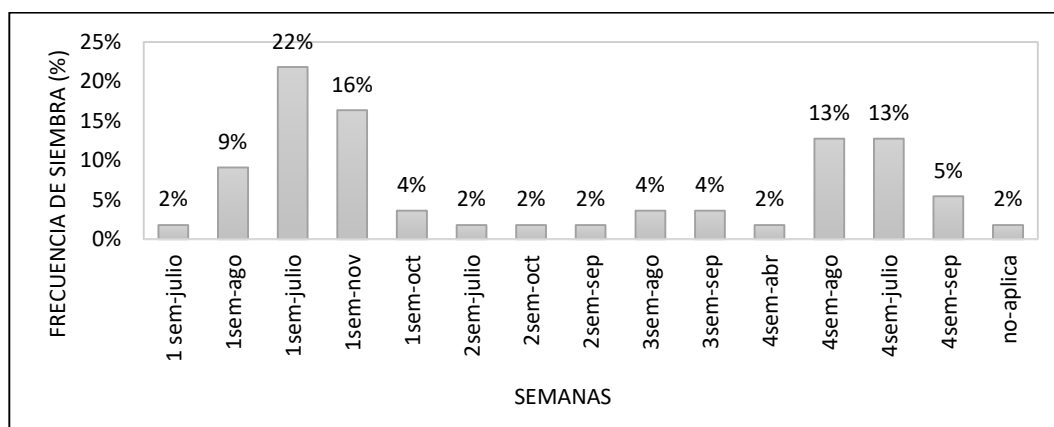


Figura 28. Fechas de siembra más frecuentes del cultivo de maíz.

Para el cultivo de papa las fechas de siembra con mayor frecuencia según los agricultores son (Figura 29): la 1^{era} semana de mayo (16%) y la 1^{era} semana de julio (9%), estas fechas son las más representativas, sin embargo, hay mucha variedad en las fechas de siembra de la papa y un alto porcentaje (18%) de agricultores que dicen no tener una fecha definida, esto se debe a que la mayoría de encuestados sostiene que el cultivo de papa siembran en cualquier fecha. Según el PDOT de la parroquia del año 2015, el motivo de sembrar en el mes de mayo es para evitar la sequía y las heladas.

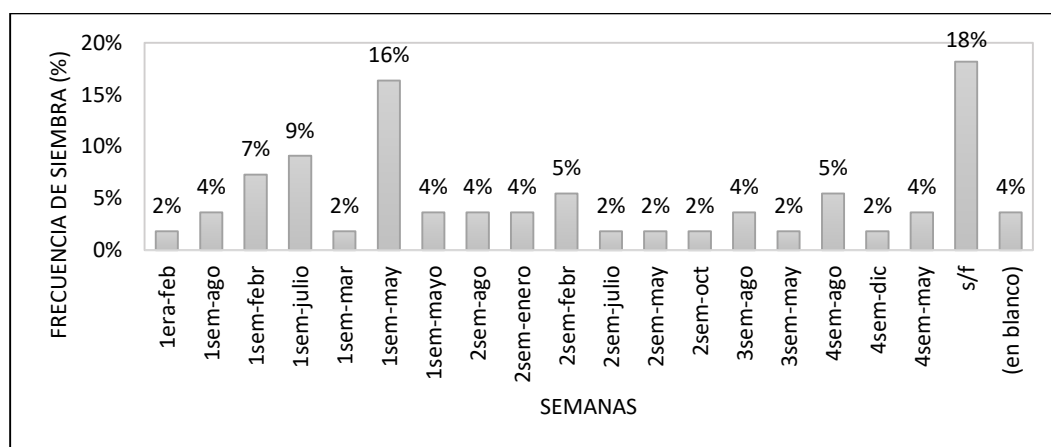


Figura 29. Fechas de siembra más frecuentes del cultivo de papa.

Para el cultivo de haba las fechas de siembra con mayor frecuencia según los agricultores son (Figura 30): 4^{ta} semana de agosto (18%), 1^{era} semana de enero (15%), 2^{da} semana de febrero (11%). Este cultivo se está perdiendo en el sector ya que según mencionan los agricultores ya no es un cultivo rentable, porque los rendimientos son bajos, y debido a la falta de agua muchas de las veces la planta ni siquiera llega a la etapa de desarrollo, por eso actualmente solo siembran en pequeñas parcelas y para autoconsumo, por esta razón las fechas que se obtuvo en esta encuesta no coinciden con las mencionadas en la PDOT de la parroquia donde dice que siembra en los meses de octubre y noviembre para vender en semana santa.

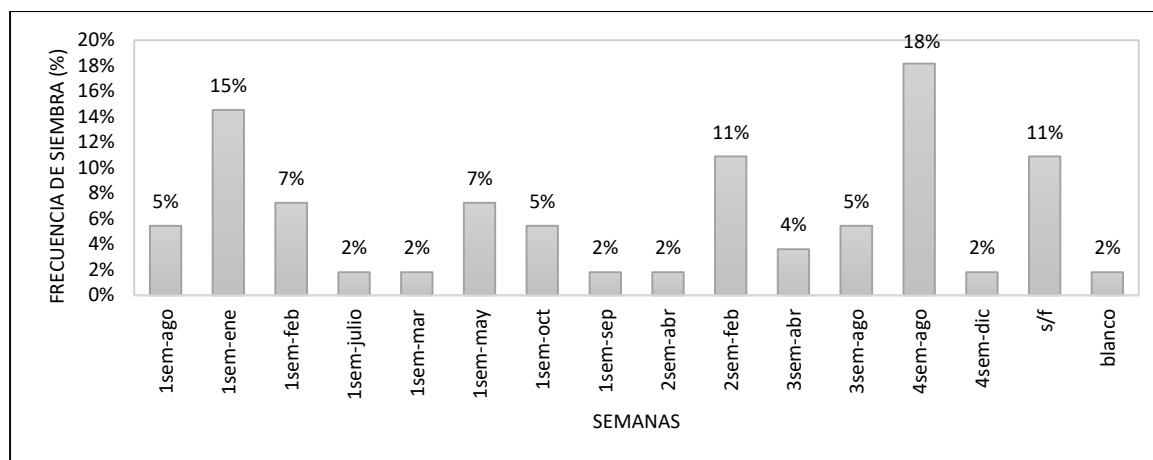


Figura 30. Fechas de siembra más frecuentes del cultivo de haba.

4.4. Determinación de fechas de siembra en base del balance hídrico

4.4.1. Cultivo de maíz

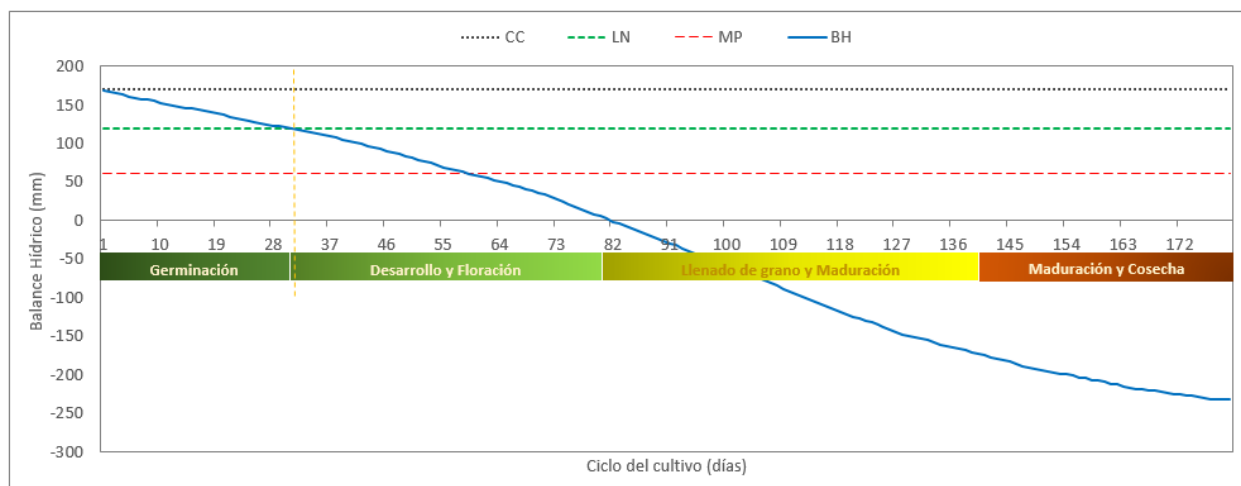


Figura 31. Balance hídrico del cultivo de maíz de la fecha de siembra del agricultor, 1^{ero} de julio (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

De acuerdo con el análisis de la fecha de mayor frecuencia del agricultor, 1^{ero} de julio (Figura 31) se determinó que, en la etapa inicial del cultivo, durante la germinación (31 días) existe agua disponible, pero a medida que el cultivo crece y su requerimiento hídrico es mayor, la disponibilidad de agua no cubre esta necesidad, generando déficit hídrico durante las etapas críticas del cultivo, que se mantiene hasta finales del ciclo, afectando al rendimiento. Según Alonso (2010), durante la germinación, la necesidad de agua es bastante baja, mientras que días antes de la floración la falta de agua afecta el rendimiento del cultivo, por lo tanto, en la fecha que está sembrando el agricultor, no se aprovecha correctamente el agua, dado que se tiene mayor cantidad de agua en la etapa donde menos se requiere, este podría ser uno de los factores que influye en las bajas producciones de este cultivo en el sector.

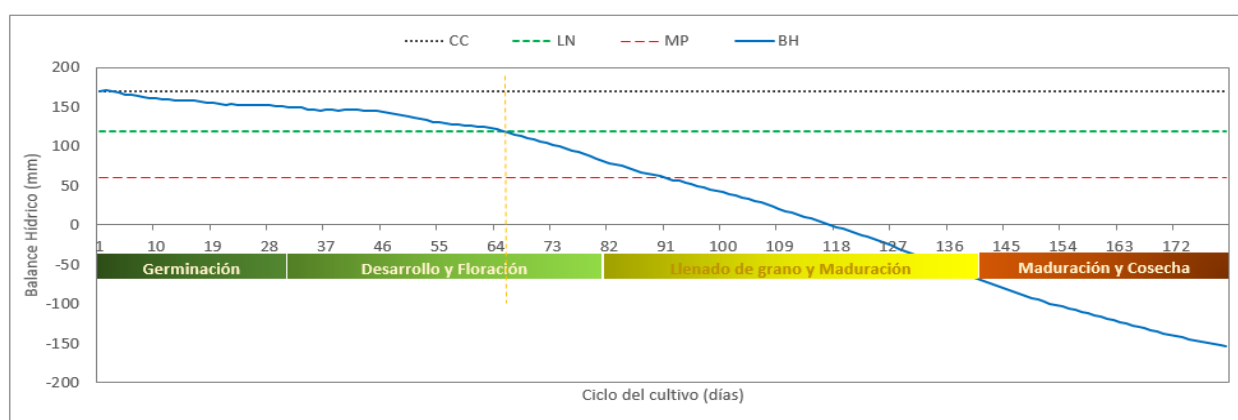


Figura 32. Balance hídrico del cultivo de maíz para la fecha de siembra 28 de febrero (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

El 28 de febrero (Figura 32), es una de las fechas recomendadas para sembrar ya que se determinó que la humedad disponible en el suelo se encuentra entre la lámina de agua aprovechable y un 30% menos de la lámina, hasta la etapa de desarrollo e inicios de floración, es decir hasta el día 67 del cultivo.

Al sembrar en esta fecha se cubriría la necesidad hídrica de una de las etapas críticas que es el inicio de floración, que como lo menciona Peñaherrera (2011), es recomendable regar 15 días antes de entrar a esta fase, ya que es la que requiere mayor cantidad de agua y de la cual depende la formación y llenado del grano; sin embargo, también se menciona que hay que mantener una humedad constante, que no podrá ser suplido por la lluvia, debido a que en este punto del cultivo el agua no será suficiente, por lo que se deberá realizar riego complementario, que consiste en recolectar el agua de escorrentía de lluvia en estructuras de almacenamiento pequeño para ser aplicada cuando el cultivo lo requiera, y que junto a la mejora de las prácticas agrícolas para mantener la humedad del suelo, podría incrementar la productividad en 14% a 74 % (Kukul *et al.*, 2014).

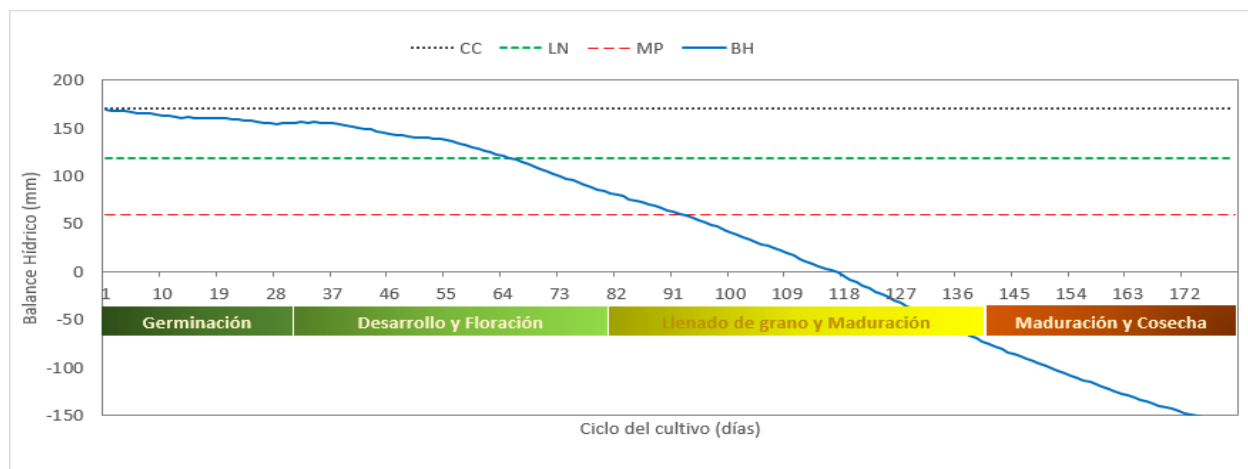


Figura 33. Balance hídrico del cultivo de maíz para la fecha de siembra 07 de marzo (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

El 07 de marzo (Figura 33), es otra de las fechas recomendadas, que tiene un comportamiento parecido a la anterior fecha descrita, ya que hay buena disponibilidad de agua hasta el inicio de la floración, aproximadamente hasta el día 65 del cultivo.

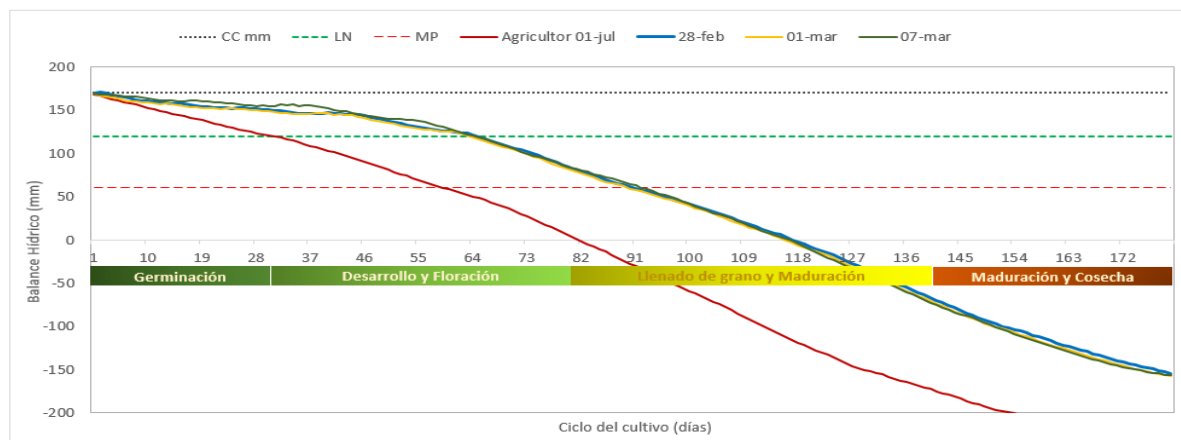


Figura 34. Contraste del Balance hídrico de la fecha de mayor frecuencia del agricultor, con las mejores fechas de siembra del cultivo de maíz (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

Analizando los balances hídricos para las fechas recomendadas y la fecha de mayor frecuencia del agricultor (Figura 34), se puede notar que en general, en todo el año no hay una fecha en la cual la precipitación alcance a cubrir completamente los requerimientos hídricos de las etapas críticas del cultivo, y mucho menos que alcance para todo el ciclo. Una alternativa dada la situación es cosechar en choclo para acortar un poco el ciclo, y que tenga menor impacto el déficit hídrico en la producción.

Tabla 16. Balance Hídrico del cultivo de maíz, para diferentes fechas de siembra

Fecha de siembra	Evapotranspiración real (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Balance hídrico acumulado (mm)
01-jul	524.97	122.22	-232.75
07-jul	524.87	125.61	-232.75
14-jul	525.98	132.22	-223.76
21-jul	528.39	135.61	-222.78
28-jul	530.27	138.63	-221.64
01-ago	532.28	141.11	-221.16
07-ago	533.26	143.10	-220.15
14-ago	534.16	145.52	-218.64
21-ago	535.38	149.73	-215.65
28-ago	536.20	154.63	-211.57
01-sep	537.54	157.48	-210.05
07-sep	535.95	159.94	-206.01
14-sep	534.55	165.08	-199.47
21-sep	532.92	170.99	-191.93
28-sep	530.45	180.22	-180.23
01-oct	530.37	184.19	-176.19
07-oct	526.77	187.32	-169.45
14-oct	523.42	196.22	-157.19
21-oct	520.27	202.29	-147.99
28-oct	517.49	206.93	-140.56
01-nov	515.87	209.54	-136.32
07-nov	510.95	208.89	-132.06
14-nov	507.47	201.67	-135.80
21-nov	504.27	193.55	-140.72
28-nov	500.40	189.98	-140.42
01-dic	498.76	189.98	-140.42
07-dic	494.47	184.54	-139.93
14-dic	490.15	184.23	-135.92
21-dic	487.37	181.56	-135.81
28-dic	485.50	178.91	-136.59
01-ene	485.24	177.01	-138.23
07-ene	481.14	173.55	-137.58
14-ene	478.50	168.17	-140.33
21-ene	475.95	163.20	-142.75
28-ene	474.17	160.11	-144.06
01-feb	473.11	158.20	-144.91
07-feb	470.70	157.81	-142.89
14-feb	468.61	154.15	-144.47
21-feb	467.54	147.49	-150.05
28-feb	467.86	143.68	-154.19
01-mar	469.31	141.83	-157.48
07-mar	467.43	140.59	-156.84
Promedio	506.43	166.85	-169.71

En la Tabla 16 se presenta el resumen de todos los balances hídricos. La ETr promedio fue de 506.43 mm, el valor máximo de 537.54 mm y el valor mínimo de 467.43 mm. La precipitación efectiva promedio fue de 166.85 mm, el valor máximo de 209.54 mm y el mínimo de 122.2 mm. El balance hídrico promedio presentó un déficit promedio de -169.71 mm, un valor máximo de -232.75 mm y mínimo de -135.81 mm. Según estos valores en la zona no existe la suficiente precipitación para cubrir la demanda de agua del cultivo de maíz.

4.4.2. Cultivo de Papa

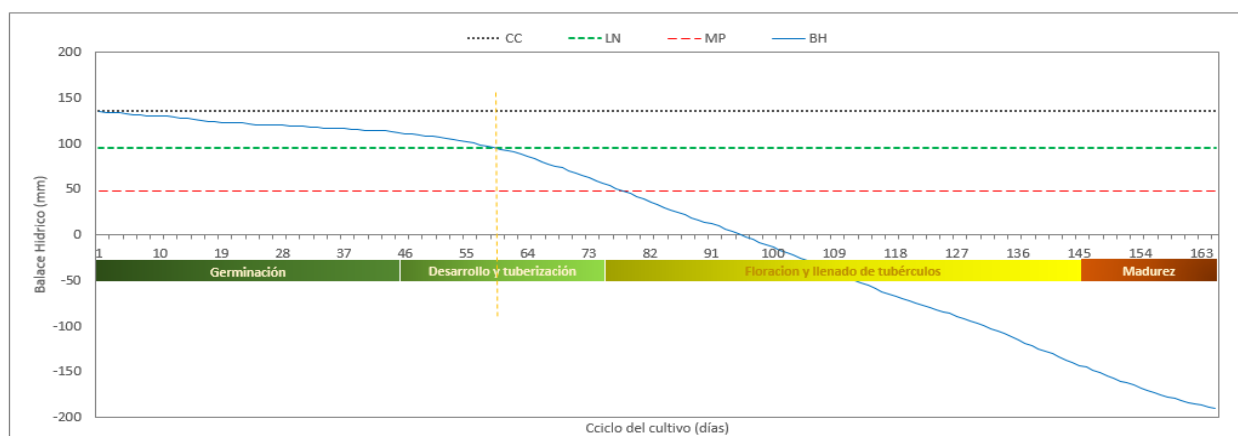


Figura 35. Balance hídrico del cultivo de papa para la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor, 01 mayo (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

En la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor que es el 01 de mayo (Figura 35), hay disponibilidad de agua, hasta el inicio de la tuberización, aproximadamente hasta el día 60, a partir de esta fase la disponibilidad de agua tiende a disminuir y el requerimiento hídrico del cultivo sigue incrementado, esto puede ser una de las razones por la cual los agricultores mencionan que tiene bajas producciones, ya que la tuberización es la etapa más crítica del cultivo y el déficit hídrico en esta etapa puede afectar considerablemente el rendimiento (MAG, 2018). En cuanto a la segunda fecha de mayor frecuencia, 1 de julio existe disponibilidad de agua solo hasta la fase inicial.

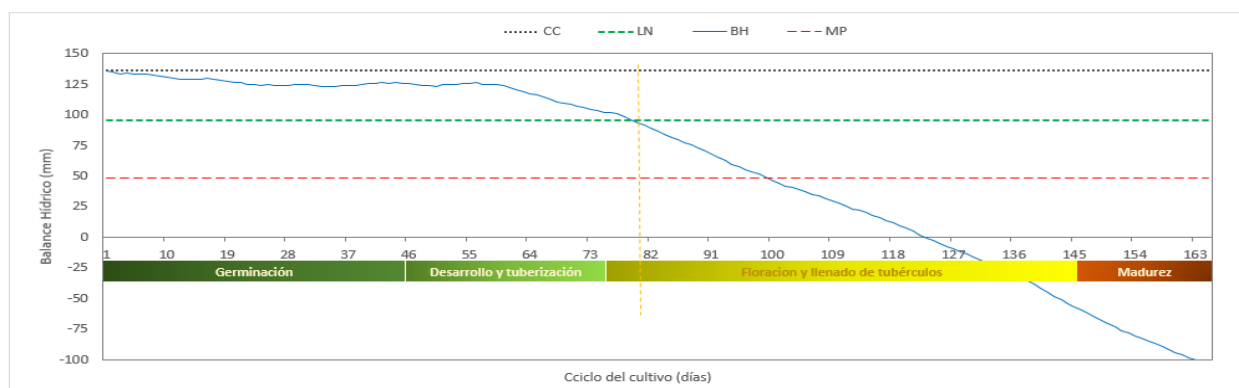


Figura 36. Balance hídrico del cultivo de papa para la fecha de siembra 14 de febrero (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

El 14 de febrero (Figura 36), es una de las fechas recomendadas para sembrar ya que se determinó que la humedad disponible en el suelo se encuentre entre la lámina de agua aprovechable y un 30% menos de la lámina, desde la germinación hasta el inicio de floración y llenado de tubérculos, es decir hasta el día 80 del cultivo. Los beneficios de sembrar en esta fecha, es que hay agua disponible en la etapa más crítica del cultivo que es el inicio de la tuberización donde la necesidad hídrica es mayor, en donde la falta de agua genera retraso en la formación de los tubérculos, lo que afecta la madurez para la cosecha y por ende la producción del cultivo (Quintero, 2019). Además, al sembrar en esta fecha el desarrollo del cultivo se dará en meses con bajas probabilidades de frecuencia de heladas, según Moreno *et al.* (2014), menciona que los meses de febrero a mayo tiene un 4 % de frecuencia de heladas, junio 6.1% y julio 13.8%.

Tomando en cuenta que para el llenado de tubérculos el agua que provee la precipitación no será suficiente, es recomendable hacer un riego complementario mediante la recolección del agua de la lluvia en esta fase, ya que durante el llenado del tubérculo las células se expanden debido a la acumulación de agua y nutrientes, y el déficit hídrico durante este proceso afecta la calidad del tubérculo, produciendo alteraciones fisiológicas y papas de menor tamaño (Morales, 2011).

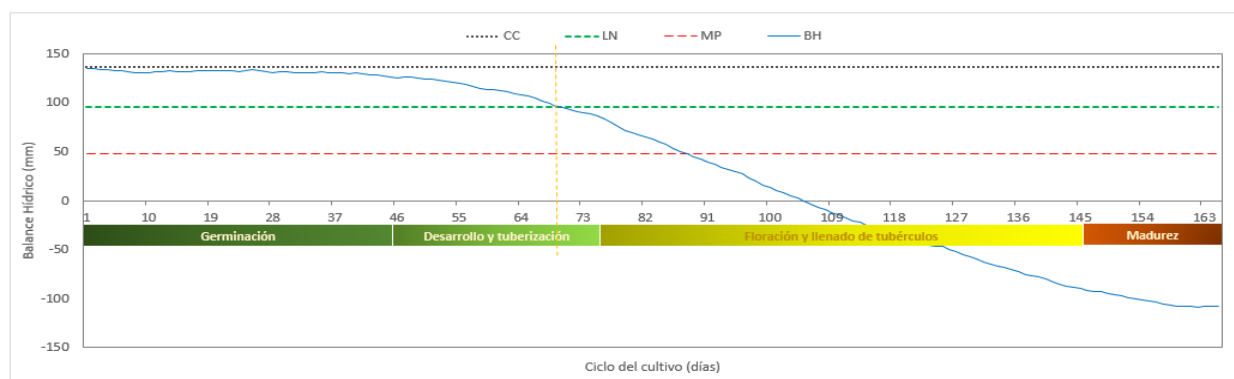


Figura 37. Balance hídrico del cultivo de papa para la fecha de siembra 28 de octubre.

El 28 de octubre (Figura 37), es otra de las fechas recomendadas, ya que hay buena disponibilidad de agua hasta el final de la segunda fase que es el inicio de la tuberización, aproximadamente hasta el día 70 del cultivo, es decir durante una de las etapas críticas del cultivo habrá agua; sin embargo, al igual que la anterior fecha, hay que tomar en cuenta las consideraciones para proveer agua al cultivo durante el llenado del tubérculo. El balance hídrico de las fechas 01 y 07 de noviembre, tiene un comportamiento parecido con la fecha descrita, por lo que también podrían ser consideradas buenas.

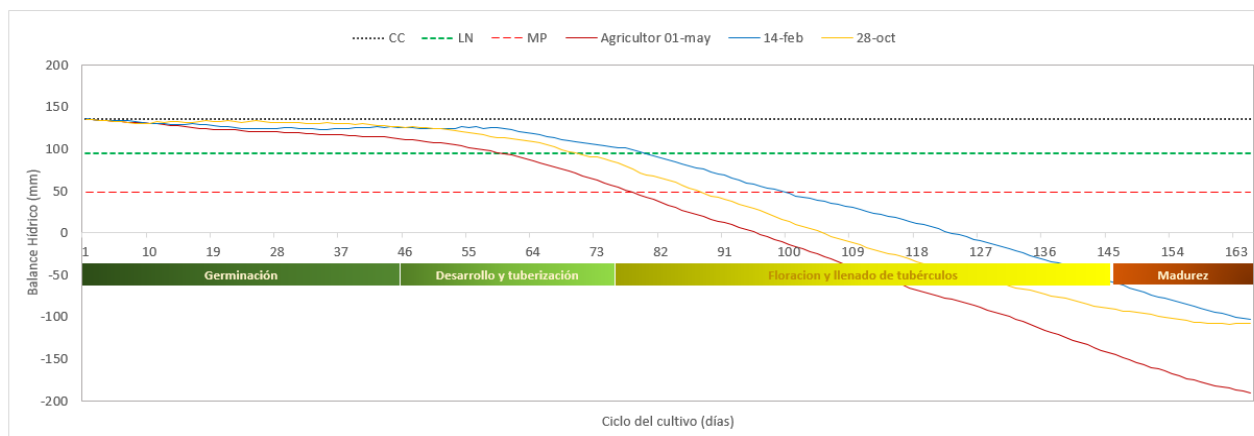


Figura 38. Contraste del Balance hídrico de la fecha de mayor frecuencia del agricultor, con las mejores fechas de siembra del cultivo de papa (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

Analizando los balances hídricos para las fechas recomendadas y la fecha del agricultor (Figura 38), se puede notar que en general, para este cultivo al igual que en el maíz, en todo el año no hay una fecha en la cual la precipitación alcance a cubrir completamente los requerimientos hídricos de todas las fases del cultivo, sin embargo, las fechas seleccionadas permiten que coincidan las fases críticas del cultivo con la época de lluvia, donde hay disponibilidad de agua.

Tabla 17. Balance Hídrico del cultivo de papa, para diferentes fechas de siembra

Fecha de siembra	Evapotranspiración real (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Balance hídrico acumulado (mm)
01-may	402.90	76.29	-190.60
01-jul	442.16	106.62	-199.54
01-ago	443.29	128.47	-178.82
07-ago	444.86	132.84	-176.02
14-ago	446.20	135.93	-174.27
21-ago	446.17	140.01	-170.16
28-ago	446.04	141.52	-168.52
01-sep	447.28	142.55	-168.73
07-sep	448.06	146.28	-165.78
14-sep	446.78	150.33	-160.45
21-sep	443.29	153.74	-160.45
28-sep	440.72	157.64	-147.08
01-oct	440.89	161.88	-143.01
07-oct	438.64	165.87	-136.77
14-oct	436.63	173.63	-127.01
21-oct	433.46	177.57	-119.90
28-oct	430.20	186.93	-107.28
01-nov	429.38	189.63	-103.75
07-nov	427.24	188.95	-102.29
14-nov	424.75	186.23	-102.52
21-nov	420.18	183.00	-101.18
28-nov	416.51	179.67	-100.84
01-dic	415.64	178.06	-101.58
07-dic	413.04	173.10	-103.94
14-dic	409.20	171.89	-101.32
21-dic	404.73	170.12	-98.61
28-dic	402.36	169.54	-96.83
01-ene	402.28	169.90	-96.38
07-ene	399.25	168.49	-94.77
14-ene	396.54	164.24	-96.29
21-ene	392.77	158.66	-98.10
28-ene	391.25	155.55	-99.70
01-feb	390.96	152.98	-101.98
07-feb	390.18	153.21	-100.97
14-feb	389.07	149.79	-103.28
21-feb	387.19	144.77	-106.42
28-feb	386.51	140.19	-110.32
Promedio	420.72	157.46	-127.44

En la Tabla 17 se presenta el resumen de todos los balances hídricos. La ETr promedio fue de 420.72 mm, el valor máximo de 448.06 mm y el valor mínimo de 386.51 mm. La precipitación efectiva promedio fue de 157.46 mm, el valor máximo de 189.63 mm y el mínimo de 76.29 mm. El balance hídrico promedio presentó un déficit promedio de -127.44 mm, un valor máximo de -199.54 mm y mínimo de -94.76 mm. Según estos valores en la zona no existe la suficiente precipitación para cubrir la demanda de agua de cultivo de papa.

4.4.3. Cultivo de Haba

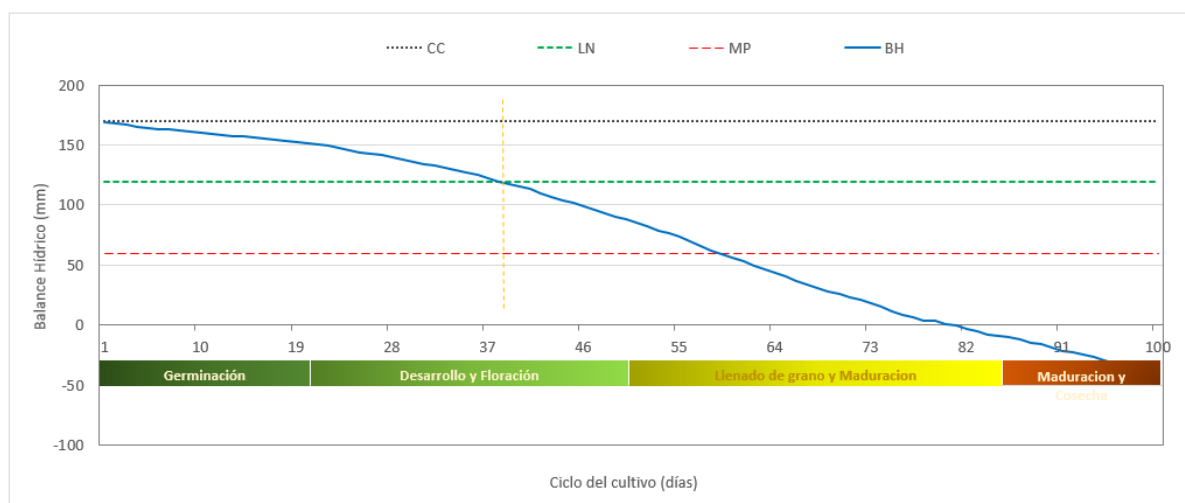


Figura 39. Balance hídrico del cultivo de haba para la fecha de siembra 21 de agosto (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

En la fecha de siembra de mayor frecuencia del agricultor que es el 21 de agosto (Figura 39), hay disponibilidad de agua hasta la mitad de la segunda fase, es decir hasta el inicio de la floración, aproximadamente hasta el día 39 del cultivo, a partir de esta fase la disponibilidad de agua tiende a disminuir y el requerimiento hídrico del cultivo sigue incrementado, lo que podría provocar aborto floral, reduciendo el número de vainas por planta, además que tiene efectos negativos en el rendimiento debido a que habrá déficit hídrico en la fase crítica del cultivo, es decir durante el llenado del grano (Confalone, 2008).

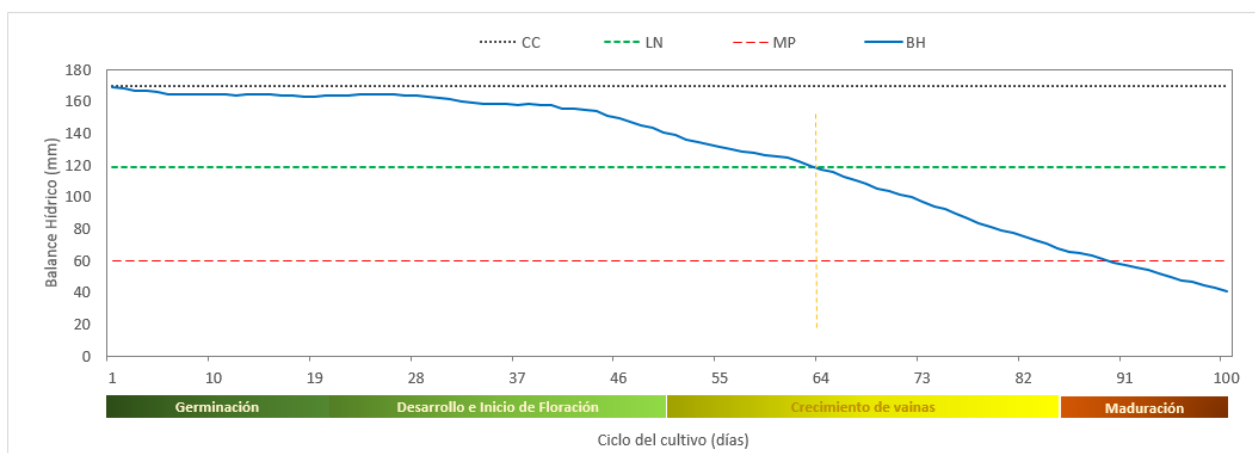


Figura 40. Balance hídrico del cultivo de haba para la fecha de siembra 01 de marzo. (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

El 01 de marzo (Figura 40), es una de las mejores fechas de siembra, ya que a pesar de que la precipitación no cubra todas las fases del cultivo, por lo menos cubre el inicio de la fase crítica, que es el crecimiento de vainas, durante esta fase la humedad disponible en el suelo se encuentra entre la lámina de agua aprovechable y un 30% menos de la lámina de agua aprovechable. Esto es favorable, porque se da mejores resultados cuando coincide la fase de llenado del grano con una época de menor déficit hídrico, esto mejora la translocación de asimilados, además se da un adelanto de la fecha de floración con lo que se obtiene mayor producción de materia seca como lo menciona Confalone (2008).

De igual manera se observa que durante la germinación y desarrollo he inicio de floración la humedad del suelo se mantiene constante, lo cual es beneficioso ya que para el macollamiento se necesita una humedad constante y ligera para evitar el crecimiento superficial de las raíces, de igual manera en la fase de floración se requiere una gran cantidad de agua para promover un mayor desarrollo de flores y vainas, y así evitar el aborto floral que afectaría al rendimiento del cultivo (INIAF, 2012). En general todo el mes de marzo tiene un comportamiento similar al balance hídrico de esta fecha.

Otra ventaja de sembrar en este mes es que el ciclo del cultivo se va a desarrollar en meses con bajo porcentaje de frecuencia de heladas, según la investigación realizada por Moreno *et al.* (2014), donde menciona que los meses febrero-marzo-abril y mayo tienen un 4 % de frecuencia de heladas.

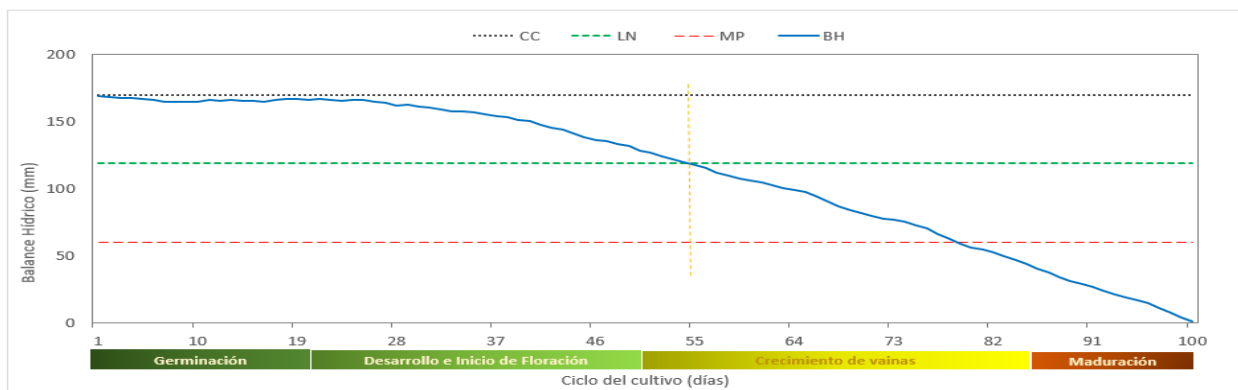


Figura 41. Balance hídrico del cultivo de haba para la fecha de siembra 28 de octubre (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

El 28 de octubre (Figura 41), es otra posible fecha de siembra, ya que hay buena disponibilidad de agua hasta el inicio de la fase crítica que es el crecimiento de vainas, aproximadamente hasta el día 55 del cultivo, es decir habría agua durante la germinación y desarrollo de cultivo donde también es importante tener una humedad constante. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que para el resto de la fase de crecimiento de vainas habría déficit hídrico, que podría ser contrarrestado con riego complementario mediante la recolección de agua de la lluvia. El balance hídrico de las fechas 01 y 07 de noviembre, tiene un comportamiento parecido con la fecha descrita, por lo que también podrían ser consideradas buenas.

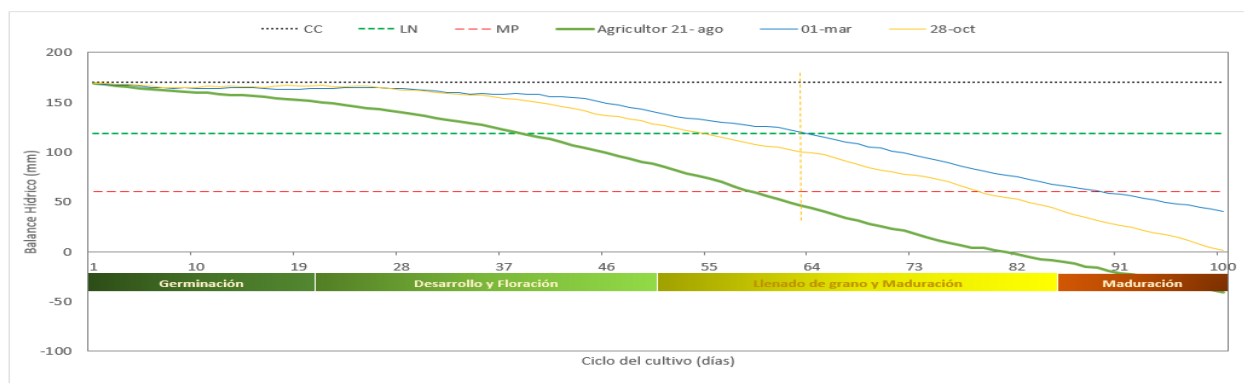


Figura 42. Contraste del Balance hídrico de la fecha de mayor frecuencia del agricultor, con las mejores fechas de siembra del cultivo de haba (CC: capacidad de campo; LN: lámina neta; MP: marchitez permanente; BH: balance hídrico).

Al contrastar el balance hídrico de las fechas recomendadas y de la fecha del agricultor (Figura 42), se puede notar que en general, al igual que en los otros cultivos, no hay una fecha que permita que el cultivo tenga agua durante todo el ciclo, sin embargo, por el hecho de que el cultivo de haba tiene un ciclo más corto, se puede llegar a la cosecha sin déficit hídrico, mediante el almacenamiento de agua en el suelo.

Tabla 18. Balance Hídrico del cultivo de haba, para diferentes fechas de siembra

Fecha de siembra	Evapotranspiración real (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Balance hídrico acumulado (mm)
01-ago	279.96	51.95	-58.01
07-ago	282.75	60.98	-51.77
14-ago	286.02	70.81	-45.20
21-ago	287.63	77.20	-40.43
28-ago	287.03	83.99	-33.03
01-sep	289.04	87.73	-31.31
07-sep	289.56	92.17	-27.38
14-sep	286.96	95.60	-21.37
21-sep	283.02	98.95	-14.07
28-sep	280.52	101.31	-9.21
01-oct	279.72	104.98	-4.74
07-oct	279.94	106.56	-3.38
14-oct	279.84	108.89	-0.95
21-oct	278.78	110.52	1.73
28-oct	277.87	109.33	1.46
01-nov	277.37	108.34	0.97
07-nov	276.82	105.82	-1.00
14-nov	277.33	100.19	-7.13
21-nov	276.06	95.27	-10.79
28-nov	272.25	90.62	-11.64
01-dic	271.84	90.69	-11.15
07-dic	271.53	91.02	-10.51
14-dic	268.86	92.85	-6.01
21-dic	267.36	97.51	0.15
28-dic	264.84	100.63	5.79
01-ene	263.81	106.21	12.40
07-ene	261.83	110.32	18.49
14-ene	261.26	111.30	37.37
21-ene	257.31	115.35	28.04
28-ene	254.82	116.51	31.69
01-feb	253.79	116.06	32.27
07-feb	252.54	117.49	32.27
14-feb	250.41	117.79	37.37
21-feb	245.94	115.48	39.54
28-feb	242.70	115.20	42.50
01-mar	243.45	114.14	40.69
07-mar	242.57	115.59	43.02
14-mar	240.18	109.79	39.61
21-mar	238.88	103.68	34.81
28-mar	237.01	92.98	25.97
Promedio	267.99	100.30	2.68

En la Tabla 18 se presenta el resumen de todos los balances hídricos. La ETr promedio fue de 267.99 mm, el valor máximo de 289.56 mm y el valor mínimo de 237.01 mm. La precipitación efectiva promedio fue de 100.30 mm, el valor máximo de 117.79 mm y el mínimo de 51.95 mm. El balance hídrico promedio presentó un promedio de 2.68 mm, un valor máximo de 43.02 mm y mínimo de -58.01 mm. Según estos valores en la zona no existe la suficiente precipitación para cubrir la demanda de agua de cultivo de haba.

V. CONCLUSIONES

La presente investigación realizada en la Provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia Mulliquindil, permitió obtener las siguientes conclusiones:

1. En cuanto a la determinación de la variación de la precipitación y la evaporación en la estación meteorológica, se pudo determinar que para la variable precipitación existe una alta variación de los valores con respecto a la media, con un coeficiente de variación promedio del 61.4%, aceptable para este tipo de variable, siendo necesario trabajar con probabilidades de ocurrencia al 75%, recomendado para estudios hidrológicos. En el caso de la evaporación promedio mensual, el coeficiente de variación promedio fue menor al 20% mostrando que la media es un parámetro representativo, debido a que los datos se distribuyen alrededor de la misma, por lo tanto, se trabajó con los promedios de la serie histórica en este estudio de balance hídrico. Lo antes mencionado junto al control de calidad de datos permitió determinar que las series de datos son homogéneas.
2. De acuerdo con el análisis de las encuestas, la fecha de siembra de mayor frecuencia para el cultivo de haba fue la cuarta semana de agosto; para el cultivo de maíz, la primera semana de julio y para el cultivo de papa, la primera semana de mayo. Sin embargo, la mayoría de los agricultores encuestados afirmaron que han cambiado la época de siembra tradicional, debido a la variación en la precipitación, porque las fases más críticas de los cultivos coincidían con épocas de déficit hídrico, debido a la falta de lluvia, lo cual afecta negativamente al rendimiento de los cultivos.
3. Las mejores fechas de siembra determinadas a partir del balance hídrico fueron: para el cultivo de haba, la primera semana de marzo o la cuarta semana de octubre; para el cultivo de maíz, la cuarta semana de febrero y las dos primeras semanas de marzo, y para el cultivo de papa, la segunda semana de febrero o la cuarta semana de octubre.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con la investigación en la zona llevando a la práctica las fechas de siembra determinadas.
2. Utilización de variedades resistentes a la sequía, ya que las variedades que ellos utilizan son las que guardan de cosechas anteriores.
3. Realizar pruebas con variedades tempranas, para comprobar si al acortar el ciclo del cultivo hay más probabilidad que todo ciclo coincida con la época de lluvia.
4. Utilización de prácticas de conservación de suelos como zanjas de infiltración, cobertura del suelo, entre otras, que ayuden a conservar la humedad en el suelo.
5. Realizar riego complementario, mediante la recolección de agua de escorrentía de lluvia en estructuras de almacenamiento pequeño, para ser aplicado cuando el cultivo lo requiera.

VII. RESUMEN

La agricultura de temporal es aquella en la cual la producción agrícola depende de la precipitación y de la capacidad del suelo para retener la humedad (Escobar, 2014). Ese tipo de agricultura es de gran importancia en la producción mundial de alimentos, representa el 80% del área cultivada, contribuye con el 58% a la canasta mundial de alimentos y produce la mayoría de los alimentos para las comunidades de los países en desarrollo (Wani *et al.*, 2009). La agricultura de temporal en Ecuador representa el 78.62% de las 5.39 millones de hectáreas cultivadas (ESPAC, 2017b).

La principal limitación de este tipo de agricultura es el agua, por lo que su enfoque principal es el uso eficiente para incrementar el rendimiento, tomando en cuenta que el país se encuentra en una región que se caracteriza por precipitaciones irregulares, haciendo que la agricultura de temporal esté sujeta a mayores riesgos (Stewart, 2016).

La agricultura se ve influenciada por factores meteorológicos, por lo que el uso de esta información es fundamental para la obtención de buenos rendimientos y que de esta manera se vuelva una actividad sostenible, ya que el análisis de esta información sirve para que los agricultores tomen la mejor decisión durante el ciclo del cultivo en las distintas actividades (El Telégrafo, 2015), y de esta manera disminuir los riesgos asociados a la variación climática, que ha afectado un gran número de cultivos, especialmente aquellos que se desarrollan en condiciones climáticas específicas, disminuyendo los niveles de producción y en riesgo la seguridad alimentaria (IPCC, 2014).

La investigación se realizó en la Parroquia de Mulliquindil, mediante el análisis de la serie histórica de cinco variables monitoreadas en la estación meteorológica “Rumipamba - Salcedo”: precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa, y evaporación del tanque clase A, se realizaron las estadísticas descriptivas para el promedio mensual de la serie histórica de cada parámetro climático mediante el software InfoStat en el cual se calculó la media, mínima, máxima, coeficiente de variación y la desviación estándar, así mismo se realizó el control de calidad de datos, para verificar que la información sea homogénea. Se recolectó, información mediante la aplicación de encuestas a 94 agricultores de la zona de Palama y Churuloma. Para los cultivos de haba, maíz y papa se analizaron cinco fechas de siembra para siete meses, iniciando desde agosto hasta febrero, proporcionando un total de 35 escenarios por cultivo, para los cálculos del balance hídrico, se determinó la precipitación probable al 75% según el método del USDA y para la evapotranspiración de referencia se utilizó el método del tanque evaporímetro, el coeficiente del cultivo se determinó mediante el método de la FAO, el balance hídrico se calculó para los 35 escenarios de cada cultivo.

En los resultados de variabilidad climática: el coeficiente de variación para la precipitación promedio fue alto, lo que indicó que los datos no están muy próximos a la media, por lo tanto, se utilizó esta variable con una probabilidad de ocurrencia del 75%; para la evaporación promedio mensual, temperatura máxima, temperatura mínima y humedad relativa, el coeficiente de variación fue bajo, utilizándose los promedios de la serie histórica en el estudio del balance hídrico. Con relación a la encuesta, se obtuvo que la fecha de siembra de mayor frecuencia de los agricultores para el cultivo de haba, la cuarta semana de agosto; para el cultivo de maíz, la primera semana de julio, y para el cultivo de papa, la primera semana de mayo, además se evidenció que el 93% de los agricultores encuestados creen que existe variación en la precipitación y han notado la presencia de dicha variación, obligando a los agricultores a cambiar la época de siembra tradicional. En el análisis del balance hídrico, las mejores fechas de siembra seleccionadas para el cultivo de haba son: la primera semana de marzo o la cuarta semana de octubre; para el cultivo de maíz, la cuarta semana de febrero y las dos primeras semanas de marzo, y para el cultivo de papa, la segunda semana de febrero o la cuarta semana de octubre.

En base a los resultados obtenidos se recomienda continuar con la investigación y realizar pruebas con variedades tempranas, para comprobar si al acortar el ciclo del cultivo hay más probabilidad que todo ciclo coincida con la época de lluvia.

VIII. REFERENCIAS

- Ali, M., & Mubarak, S. (2017). Effective Rainfall Calculation Methods for Field Crops: An Overview, Analysis and New Formulation. *Asian Research Journal of Agriculture*, 7(1), 1–12.
<https://doi.org/10.9734/ARJA/2017/36812>
- Allen, R. G. (2006). *Evapotranspiración del cultivo : guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Retrieved from
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YJgytETfEnAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=evapotranspiracion+&ots=u6ssn8LwA6&sig=mp9VgiHBNCXKt262COn6jrP1hY4#v=onepage&q=evapotranspiracion&f=false>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Estudios FAO Riego y Drenaje* 56, 297.
<https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.05.042>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015, July 1). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*. Springer Paris.
<https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Atacushi, D. (2015). *“Efecto de las distancias de siembra en tres variedades del cultivo de haba (Vicia faba), bajo un sistema de agricultura limpia.”* Retrieved from
[http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20314/1/Tesis-124 Ingeniería Agronómica -CD 388.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20314/1/Tesis-124%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20388.pdf)
- Banco Central Del Ecuador. (2017). Reporte de Coyuntura - Sector Agropecuario. Retrieved from
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integragradas/etc201703.pdf>
- Bergamaschi, H., Antonio Dalmago, G., Comiran, F., Ito Bergonci, J., Gustavo Müller, A., França, S., ... Gabert Pereira, P. (2006). *Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho*. *Pesq. agropec. bras.* Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n2/a08v41n2>
- Bouzo, C. (2009). El Cultivo de la Papa en Argentina. Retrieved April 12, 2019, from

<https://docplayer.es/12288782-El-cultivo-de-la-papa-en-argentina-carlos-a-bouzo-curso-cultivos-intensivos-ii.html>

- Caballero, I. (2013). *Análisis de homogeneidad de las series de precipitación de Guipuzcoana*. San Sebastián. Retrieved from <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- Caiza, J. (2015). *TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6733/3/T-UCE-0004-10.pdf>
- Chávez-Ramírez, E., González-Cervantes, G., González-Barrios, J. L., Dzúl-López, E., Sánchez-Cohen, I., López-Santos, A., & Chávez-Simental, J. A. (2013). *Tecnología y Ciencias del Agua. Tecnología y ciencias del agua* (Vol. 4). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222013000400007&script=sci_arttext
- Chulde, P. (2019). *Determinación de las fechas de siembra al temporal para los cultivos de fréjol, maíz y papa en San Gabriel - Carchi*. Retrieved from http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19538/1/T-UCE-0004-CAG-150.pdf?fbclid=IwAR0F7OGdA9FH2v2ksej9odQhp_Tgh02tnEls0e64pxNUUQZZt2Xk2kt06BQ
- Climate-Data.org. (2018). Clima San Miguel de Mulliquinidl. Retrieved February 18, 2019, from <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-cotopaxi/mulliquindil-180076/?amp=true>
- CONABIO. (2014). *Solanum tuberosum historia natural de la especie centro de origen centro de diversificación de la especie* (Vol. 2). Grun. Retrieved from http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20914_sg7.pdf
- Confalone, A. (2008). *Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (Vicia faba L ... - Google Libros*. Lugo. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=IORWvIxdAN8C&oi=fnd&pg=PR13&dq=haba+Vicia+faba&ots=MSuVbOIFCL&sig=y4t3kogYaLd8y3T1AOQ9wDLbhkg#v=onepage&q=haba+Vicia+faba&f=false>
- Delgado, A. (2017). *Rendimiento del cultivo de haba verde (Vicia faba L.) por efecto de cuatro abonos orgánicos*. Retrieved from <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2758/Agdegala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- El Telégrafo. (2015). En Ecuador “es fundamental la creación de un sistema de monitoreo agroclimático.” Retrieved June 27, 2019, from <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/en-ecuador-es-fundamental-la-creacion-de-un-sistema-de-monitoreo-agroclimatico>
- Escobar, R. (2014). El cultivo de secano. *Revista de Geografía Agrícola*, 61–113. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75749284005>
- ESPAC. (2016a). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Presentacion ESPAC 2016.pdf
- ESPAC. (2016b). *Estadísticas agropecuarias-ESAG encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Cuestionario_ESPAC_2016.pdf
- ESPAC. (2017a). *Índice de publicaciones*.
- ESPAC. (2017b). *Módulo de tecnificación Agropecuaria ESPAC 2017*. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2017/DOC_TEC_AGRO.pdf
- Flores, L., Meléndez Félix, Luna Gladys, & Gonzáles, E. (2012). Influencia de las fases lunares sobre el rendimiento del maíz (Zea mays variedad NB6). *Ciencia e Interculturalidad*, 10. <https://doi.org/10.5377/rci.v10i1.819>
- Gonzáles, S. (2017). Calendarios y almanaques. Retrieved May 2, 2020, from <http://udep.edu.pe/castellanoactual/de-calendarios-y-almanaques/>
- Guacho, E. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays l.)*. Retrieved from <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3455/1/13T0793 .pdf>
- Guevara, J. (2016). El 9% de agricultores tiene más de 75 años. *El Telégrafo*. Retrieved from <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/palabra/1/el-9-de-agricultores-tiene-mas-de-75-anos>
- INAMHI. (2018). *Datos Meteorológicos e Hidrológicos de la estación Rumipamba -Salcedo M004*.
- INIAF. (2012). *Manual del Cultivo de Haba*. Retrieved from <http://www.amdeco.org.bo/archivos/manualdelcultivodelhaba.pdf>
- INIAP. (2014). Cultivo de Papa. Retrieved June 17, 2019, from

<http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>

Inzunza, J. (2006a). *Humedad en la atmósfera*. Retrieved from

http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos complementarios/Meteorología descriptiva_Inzunza/cap5_Inzunza_Humedad.pdf

Inzunza, J. (2006b). *Meteorología descriptiva*. Retrieved from

http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos complementarios/Meteorología descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf

IPCC. (2013). *Glosario Cambio Climático 2013*. Retrieved from

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

IPCC. (2014). *Cambio climático 2014*. Retrieved from

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

Jerónimo, A. S. (2009). *Análisis de la Agricultura de Temporal, en México y su Relación con las Cuestiones Climáticas; Caso Maíz y Fréjol*. Buenavista. Retrieved from

http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5234/T17603_SANTIAGO_JERONIMO, ABEL_TESIS.pdf?sequence=1

Jiménez, W. (2017). *Evaluación de la Disponibilidad Energética en el Rendimiento de Maíz (Zea mays L.) en el Periodo Enero-Mayo 2017*. Retrieved from

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13059/1/T-UCE-0004-45-2017.pdf>

Kirkham, B. (2014). Field Capacity, Wilting Point, Available Water, and the Nonlimiting Water Range.

Throckmorton Plant Science Ctr, 153–170. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420022-7.00010-0>

Kukul, S. S., Yadvinder-Singh, Jat, M. L., & Sidhu, H. S. (2014). Improving Water Productivity of Wheat-Based Cropping Systems in South Asia for Sustained Productivity. In *Advances in Agronomy* (Vol. 127, pp. 157–258). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800131-8.00004-2>

La Hora. (2018). Inspección determina que no hay avionetas que bombardean nubes : Noticias Cotopaxi :

La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo. Retrieved from

<https://www.lahora.com.ec/cotopaxi/noticia/1102202967/inspeccion-determina-que-no-hay-avionetas-que-bombardean-nubes>

Legarda, L., Puentes, G., & Benavides, H. (2000). Importancia de los parámetros hidrofísicos del suelo.

Limaico, K. (2019). *Determinación de las fechas de siembra de tres cultivos al temporal, con base en el Kc*

del cultivo y el agua disponible en Tumbaco. Retrieved from

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18511/1/T-UCE-0004-CAG-084.pdf>

MAE. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025*. 38. Retrieved from

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu140074.pdf>

MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>

<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>

MAG. (2018). *Informa de rendimiento de papa en el Ecuador 2017*. Retrieved from

http://sipa.agricultura.gob.ec/biblioteca/rendimientos/Informe_papa_2017.pdf

MAGAP. (2014a). *Guía de buenas prácticas agrícolas para maíz duro*. Retrieved from

<http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/guia-maiz-duro.pdf>

MAGAP. (2014b). *Memoria técnica; levantamiento de cartografía temática escala 1:25.000, lote 1; cobertura y uso de la tierra sistemas productivos zonas homogéneas de cultivo noviembre, 2014*.

Retrieved from

http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_SALCEDO_20150306.pdf

Montesdeoca, F., Andrade, H., Cuesta, X., & Carrera, E. (2000). Información técnica de la variedad de papa INIAP – suprema. Retrieved from

<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/86/1/iniapsc296cd.pdf>

Morales, S. (2011). *Crecimiento, contenido de azúcares y capacidad de brotación en semilla tubérculo de papa*. Chapingo. Retrieved from

<https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISDCH2011020406126373.pdf>

Murray, J., & Shanmugham, C. (2006). *Determination of Field Capacity*.

Ojeda, A., Leod, C., Águila, K., & Pino, M. (2018). *Bases para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo del calafate in situ, para su adaptación al manejo agronómico*. Retrieved from

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40973.pdf>

Ortiz, R. (2016). *Balance Hidrico*. Retrieved from

<http://irrigationengineering.blogspot.com/2017/10/universidad-central.html>

Ortiz, R. (2019). *Balance Hídrico*. Retrieved from www.xn--hidrologia-n5a.es

- Ortiz, R., Tamayo, C., Chile, M., & Méndez, A. (2018). Coeficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia para el valle de Tumbaco. *Revista Siembra*, 5(1), 14–23. Retrieved from <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/issue/view/95/V5>
- Peña, N. (2018). Análisis del sistema de comercialización de la producción de maíz para mejorar los ingresos de los pequeños productores del recinto aguas frías de Medellín, Cantón Ventanas, Provincia de los Ríos. Retrieved from <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2018/produccion-maiz-ingresos.html>
- Peña, R. (2013). *Evaluación agronómica de seis genotipos de papa (Solanum spp.) con tolerancia al déficit hídrico*. Riobamba. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/ab58/8f321ff1e96e346d884a65b98f39163cb333.pdf>
- Peñaherrera, D. (2011). *Manejo integrado del cultivo de maíz de altura*. Quito. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3302/1/iniapscpm190.pdf>
- Peralta, E., Cevallos, E., Vázquez, J., & Pinzón, J. (1993). Guía para el cultivo de HABA. *INIAP*, 240, 1. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/9/6/iniapscbd240.pdf>
- Piccinni, G., Ko, J., Marek, T., & Howell, T. (2009). Determination of growth-stage-specific crop coefficients (KC) of maize and sorghum. *Agricultural Water Management*, 96(12), 1698–1704. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.06.024>
- Pourrut, P. (1995). *El agua en el Ecuador: Clima, precipitaciones, escorrentía* (EDITORIA NACIONAL). Quito. Retrieved from http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014823.pdf
- Pringle, G. (2017). Maize production: Managing critical plant growth stages. Retrieved June 17, 2019, from <https://www.farmersweekly.co.za/crops/field-crops/maize-production-managing-critical-plant-growth-stages/>
- Quintero, J. (n.d.). El cultivo de la papa y la importancia de la calidad del agua de riego - Proain Tecnología Agrícola. Retrieved October 3, 2019, from <https://proain.com/69-el-cultivo-de-la-papa-y-la-importancia-de-la-calidad-del-agua-de-riego/>
- Ramírez, L., & Vallejo, B. (2018). *Influencia de los patrones climáticos globales en la variabilidad del clima durante el período 2000-2016 en los páramos del norte de Ecuador*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Retrieved from [repositorio.utn.edu.ec › bitstream](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream)

- Rodríguez, A. (2014). *Coeficiente de variación*. Retrieved from <http://www.uaeh.edu.mx/virtual>
- Ruiz, O., Ramírez, R., Vásquez, M., Ontiveros, R., & López, R. (2012). *Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. Universidad y ciencia* (Vol. 28). La Universidad. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792012000100001&script=sci_arttext
- Salazar, D., Cuichán, M., Ballesteros, C., Márquez, J., & Orbe, D. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf
- Segerer, C., & Villodas, R. (2006). *Hidrología: Precipitaciones*. Retrieved from <http://www.conosur-rirh.net/ADVF/documentos/hidro1.pdf>
- Shaw, B. (2018). *The Precipitation Problem in Agriculture*. Retrieved from <https://www.precisionag.com/digital-farming/the-precipitation-problem-in-agriculture/>
- Silva, P., Silva, H., Garrido, M., & Acevedo, E. (2015). *Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos*. Santiago. Retrieved from <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130642/Manual-de-estudio-y-ejercicios-relacionados-con-el-contenido-de-agua.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Stewart, B. (2016). Dryland Farming. *Dryland Farming*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.02937-1>
- UNID. (2011). *Estadística Descriptiva, medidas de dispersión*. Retrieved from https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md/ejec/AE/ED/S11/ED11_Visual.pdf
- Veenhuizen, R. (2010). *Revisión de Bases Técnicas*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ai128s/ai128s02.pdf>
- Wani, S. P., Rockström, J., & Oweis, T. Y. (2009). *Rainfed agriculture : unlocking the potential*. CABI. Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iI8J-MsETeUC&oi=fnd&pg=PR5&dq=rainfed+agriculture&ots=MndhNohoiN&sig=pWmnb2GBVGQ-vEHxDiS5DJhNjZQ#v=onepage&q=rainfed+agriculture&f=false>
- Xu, C.-Y., & Singh, V. P. (1998). *A Review on Monthly Water Balance Models for Water Resources Investigations. Water Resources Management* (Vol. 12). Retrieved from http://folk.uio.no/chongyux/papers_SCI/WARM_3.pdf

- Yáñez, C., Józse, Z., Caicedo, M., Sánchez, V., & Heredia, J. (2003). *Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Altura Ecuatorianos*. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/43/1/iniapsc201.pdf>
- Yáñez G., C., Zambrano Mendoza, J. L., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). El cultivo de maíz de altura, (96). Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>
- Yara Argentina. (2018). Producción mundial del maíz. Retrieved April 9, 2019, from <https://www.yara.com.ar/nutricion-vegetal/maiz/produccion-mundial/>
- Yates, D., Purkey, D., Flores-Lopez, F., Forni, L., Estacio, J., Depsky, N., ... Tehelen, K. (2013). *Distrito Metropolitano de Quito: Análisis Integrado de Amenazas Relacionada con el Cambio Climático, aspectos naturales y socioeconómicos*. Retrieved from http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/phocadownload/cambio_climatico/Proyectos/wp1_analisis_clima_dmq.pdf
- Zuñiga, S., Morales, C., & Estrada, M. (2017). *Cultivo de la papa y sus condiciones climáticas* (Vol. 2). Gestión Ingenio Y Sociedad. Retrieved from <http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/60>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Oficio solicitando información al INAMHI



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



Quito, 10 de enero de 2020

Oficio N° 008-IA-FCAG-2020

Magíster
Diego Guzmán Figueroa
Director Ejecutivo
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
En su despacho. -

De mi consideración:

Yo, José Eliecer Vásquez Guzmán, Director de Carrera, solicito de la manera más comedida, autorice a quién corresponda facilitar los datos:

Diarios (1988-2018) y mensuales (1988-2018)

De los parámetros Temperatura mínima, Temperatura máxima, Humedad relativa, Evaporación, Precipitación y Velocidad de viento, de la estación: M0004 Rumipamba-Salcedo, correspondiente a la Provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo, Parroquia San Miguel, del periodo de 1988 al 2018 (30 años).

Información que será aplicada en la elaboración del:

Proyecto de titulación "Determinación de fechas de siembra mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz, y papa para Rumipamba"

Observaciones: la información debe ser entregada a Yessenia Yolanda Rodríguez Sánchez con C.I. 1721077087.

Con sentimientos de consideración y estima.

Atentamente,


José Eliecer Vásquez Guzmán PhD.
C.c 1000947315
Telf. 098 425 6632
jevasquezg@uce.edu.ec

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA /
Teléfono(s): 3971100
Documento No.: INAMHI-DAF-2020-0122-EX
Fecha: 2020-02-10 15:34:46 GMT -05
Recibido por: Samuel Ricardo Narvaez Cordero
Para verificar el estado de su documento ingrese a:
<https://www.gestiondocumental.gob.ec>
con el usuario: 1721077087

Anexo 2. Correo del requerimiento atendido por el INAMHI

1/5/2020

Gmail - Requerimiento atendido. Usuario JOSÉ VÁSQUEZ. Universidad Central



Yessenia Rodríguez <yesse.yolanda@gmail.com>

Requerimiento atendido. Usuario JOSÉ VÁSQUEZ. Universidad Central

2 mensajes

servicio al. usuario <servicio@inamhi.gob.ec>

11 de febrero de 2020, 8:51

Para: Yessenia Rodríguez <yesse.yolanda@gmail.com>

Cc: JOSE ELIECER VASQUEZ GUZMAN <jevasquezg@uce.edu.ec>, "Jorge F. García" <jgarcia@inamhi.gob.ec>, Livia Cartagena <lcartagena@inamhi.gob.ec>

Estimado usuario,

En atención a su requerimiento, se remite la información disponible que posee el Inamhi, favor abrir con bloc de notas. Es necesario indicar que en los reportes de información diaria no se cuenta con el parámetro "velocidad del viento", en lugar de ello se remite "recorrido del viento".

Adicional, favor llenar la encuesta por el servicio que le brindó el Inamhi y remitir a este mismo correo. Muchas gracias.

Cualquier inquietud con gusto será atendida

--

Saludos cordiales

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

ATENCIÓN AL USUARIO

Dirección de Información Hidrometeorológica

- Nuñez de Vela N36-14 y Corea
- Telf.: + (593 2) 397 1100 • Ext. 81104

www.serviciometeorologico.gob.ec

Quito – Ecuador



4 archivos adjuntos



yessenia_yolanda_rodriguez_sánchez_10-02-2020.pdf.pdf
321K



salddiario
569K



salmensual
36K



encuesta-para-servicios.pdf
429K

<https://mail.google.com/mail/u/0?ik=67fc5e7e14&view=pt&search=all&permthid=thread-f%3A1658248604244397051&simpl=msg-f%3A1658248604244397051> 1/2

Anexo 3. Encuesta de producción de cultivos de ciclo corto (haba, maíz, papa)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Ingeniería Agronómica



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

Objetivo: Elaboración del calendario de siembra para los cultivos de haba, maíz, papas en el sector de Rumipamba bajo la agricultura de temporal.

*Si cuenta con algunos los cultivos de ciclo corto como maíz, papa y haba responda las preguntas.

A.- Información geográfica y muestral

1.- N° de Cuestionario

2.- Provincia

3.- Cantón

4.- Parroquia

5.- Zona

B.- Información general del Agricultor

5.- Edad del Agricultor

7.- Sexo

1.- hombre

2.- mujer

8.- Nivel de escolaridad

1. Ninguna
2. Primaria
3. Primaria completa
4. Secundaria
5. Secundaria completa
6. Tecnología
7. Superior
8. Otros

C.- Datos Socioeconómicos

9.- La UPA donde cultiva es:

1. Propio
2. Arrendado
3. Prestada

10.- El ministerio de agricultura ha realizado charlas sobre fechas de siembra

- 1.- Si
- 2.- No

D.- Criterios para la percepción de la problemática de la variación de la precipitación frente a la agricultura

10.- ¿Cree usted que existe variación en la precipitación?		1.SI	Pase a la pregunta 11
		2 NO	

11.- ¿Ha notado la presencia de la variación en la precipitación?		1.SI	pase a la pregunta 12
		2 NO	

12.- ¿Ha percibido usted el cambio en las lluvias?		1.No
		2.Ligeramente
		3.Marcado
		4.Muy marcado
13.- ¿A qué atribuye usted la variación en la precipitación?		1. Deforestación
		2. Industria
		3. Contaminación ambiental
		4.- Todas

14.- ¿Ha afectado la variación en la precipitación? a la parte agrícola?		1.- Fechas de siembra
		2.- Desarrollo vegetativo
		3.- Rendimiento
		4.- Todas

15.- En cuanto a las fechas de siembra, ¿ha cambiado la época de siembra tradicional o se mantiene?		1.SI
		2 NO

16.- Qué criterios toman en cuenta para las fechas de siembra?

☐

- 1.Precipitación
- 2.Calendario lunar
3. Almanaque
4. todas

17.-Cuál es la fecha de siembra para los siguientes cultivos?:

Cultivos	Mes	Semana
Haba		
Maíz		
Papa		

18.- ¿Qué variedad utiliza para el cultivo de maíz, y considera que esta variedad está adaptada a las condiciones climáticas de la zona?

Variedad _____

Adaptación

1. Si
2. No

☐

¿Por qué? _____

19.- ¿Qué variedad utiliza para el cultivo de papa, y considera que esta variedad está adaptada a las condiciones climáticas de la zona?

Variedad _____

Adaptación

1. Si
2. No

☐

¿Por qué? _____

20.- ¿Qué variedad utiliza para el cultivo de haba, y considera que esta variedad está adaptada a las condiciones climáticas de la zona?

Variedad _____

Adaptación

1. Si

2. No

☐

¿Por qué? _____

21.- Qué percepción tuvo en cuanto la producción de sus cultivos en un año húmedo?

Maíz

Papa

Haba

☐☐☐

1. Buena

1. Buena

1. Buena

2. Regular

2. Regular

2. Regular

3. Mala

3. Mala

3. Mala

¿Por qué? _____

22.- Qué percepción tuvo en cuanto la producción de sus cultivos en un año seco?

Maíz

Papa

Haba

☐☐☐

1. Buena

1. Buena

1. Buena

2. Regular

2. Regular

2. Regular

3. Mala

3. Mala

3. Mala

¿Por qué? _____

Anexo 4. Fotografías en las zonas encuestadas



Fotografía 1. Comunidad de Churuloma



Fotografía 2. Agricultora encuestada en la zona



Fotografía 3. Comunidad de Palama