



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE POSGRADO
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA
AGRICULTURA**

MAESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MAGISTER EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**

**TEMA: EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO
CLIMÁTICO EN LOS CULTIVOS DE LA ZONA DE SANTA
ROSA DE CUSUBAMBA, CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE
PICHINCHA**

AUTOR: ERREIS PEÑARRETA, ROBERT ANDRÉS

DIRECTOR: ING. AGR. BASANTES, EMILIO, M.Sc.

SANGOLQUÍ

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
PROGRAMA DE MESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la tesis es original fue realizada en su totalidad por el Ing. Agr. Robert Andrés Erreis Peñarreta como requisito previo a la obtención del título de MAGISTER en AGRICULTURA SOSTENIBLE.



Ing. Agr. Emilio Basantes Morales M.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
PROGRAMA DE MESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Erreis Peñarreta Robert Andrés

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CULTIVOS DE LA ZONA DE SANTA ROSA DE CUSUBAMBA, CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA**”, ha sido desarrollada en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud, de esta declaración me responsabilizó del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Abril de 2015



Ing. Agr. Robert Andrés Erreis Peñarreta

AUTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
PROGRAMA DE MESTRÍA EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

AUTORIZACIÓN

Erreis Peñarreta Robert Andrés

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de magister de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, autorizó a la biblioteca de la ESPE para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las normas de la institución.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones internas de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia potencial.

Si perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la ESPE la publicación de esta tesis, o de parte de ella, por una sola vez dentro de los treinta meses después de su aprobación.



Ing. Agr. Robert Andrés Erreis Peñarreta

AUTOR

AGRADECIMIENTO

A las personas que creyeron en mi trabajo y que me brindaron su apoyo durante la concepción del plan de tesis.

Al Ing. Emilio Basantes por ofrecerme su apoyo incondicional y creer en una nueva propuesta de planificación territorial conjugando variables climáticas, y sobre todo sin dejar de lado a los cultivos.

Robert Andrés Erreis Peñarreta

DEDICATORIA

A mis abuelitos Delia y Ángel que en paz descansen, que brindaron las luces para poder escoger la carrera que me llena de vida, a mi esposa Liliana por su amor y compartir momentos de mucha felicidad, a mi madre Delia María por ser un ejemplo de superación, constancia y entrega, a mis hermanos Wendy, María del Cisne y Omar por estar a mi lado en cada momento de mi vida.

Robert Andrés Erreis Peñarreta

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 CAMBIO CLIMÁTICO	4
2.2 ESCENARIOS DE EMISIONES	7
2.3 MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL	8
2.4 IMPACTOS	10
2.5 VULNERABILIDAD	14
2.6 ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	16
III. METODOLOGÍA	19
3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
3.2 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	20
3.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	22
3.4 EXPOSICIÓN	23
3.5 SENSIBILIDAD	23
3.6 CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN – ACTUAL	25
4.1.1. Precipitación	26
4.1.2. Temperatura	29
4.2 ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN – FUTURO	30
4.2.1 Precipitación	31
4.2.2 Temperatura	33

4.3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	35
4.3.1.	Maíz (<i>Zea mays</i>)	35
4.3.2.	Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	38
4.3.3.	Trigo (<i>Triticum vulgare</i>).....	40
4.3.4.	Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	42
4.4	ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	45
4.5	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IV)	46
V.	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	50
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
6.1	CONCLUSIONES	53
6.2	RECOMENDACIONES	55
	BIBLIOGRAFIA	56
	ANEXOS	61
	ANEXO 1. Datos de cultivos en base al ECOCROP.....	61
	ANEXO 2. Costos de instalación de una estación de 12 metros de diámetro y de 2.0 metros de altura.....	64
	Instrumental para una estación climatológica principal.....	64
	Costos de adecuaciones internas de una estación.	64
	Costo aproximado del cerramiento para una estación.....	65

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Adaptación	18
Tabla 2. Escala de Vulnerabilidad	25
Tabla 3. Datos mensuales de precipitación período 1990-2014. Estación Tomalón.....	27
Tabla 4. Datos mensuales acumulados de la temperatura media periodo 1990-2014. Estación Tomalón.	30
Tabla 5. Índice de Vulnerabilidad de los cultivos, considerando la temperatura.....	46
Tabla 6. Índice de Vulnerabilidad de los cultivos, considerando la precipitación.	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del Sistema Climático	5
Figura 2. Cambio anual medio mundial de la temperatura en el período 1980-1999 (°C)	10
Figura 3. Ubicación de Santa Rosa de Cusubamba.....	19
Figura 4. Esquema de la Evaluación de la Vulnerabilidad, segunda generación	21
Figura 5. Distribución de la Precipitación. Estación Tomalón.....	28
Figura 6. Variación de la precipitación en el período 2020-2049	32
Figura 7. Variación de la precipitación en el período 2040-2069	32
Figura 8. Aumento promedio de la temperatura en el período 2020-2049.....	34
Figura 9. Aumento promedio de la temperatura en el período 2040-2069.....	34
Figura 10. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de maíz.	35
Figura 11. Aptitud climática del cultivo de maíz - 2030. Santa Rosa de Cusubamba	37
Figura 12. Aptitud climática del cultivo de maíz - 2050. Santa Rosa de Cusubamba	37
Figura 13. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de papa.	38
Figura 14. Aptitud climática del cultivo de papa - 2030. Santa Rosa de Cusubamba.....	39
Figura 15. Aptitud climática del cultivo de papa - 2050. Santa Rosa de Cusubamba.....	39
Figura 16. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de trigo.	40
Figura 17. Aptitud climática del cultivo de trigo - 2030. Santa Rosa de Cusubamba	41
Figura 18. Aptitud climática del cultivo de trigo - 2050. Santa Rosa de Cusubamba.....	41
Figura 19. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de fréjol.	42
Figura 20. Aptitud climática del cultivo de fréjol - 2030. Santa Rosa de Cusubamba	43
Figura 21. Aptitud climática del cultivo de fréjol - 2050. Santa Rosa de Cusubamba.....	43
Figura 22. Datos sobre la aptitud climática de los cultivos 2040.....	44
Figura 23. Datos sobre la aptitud climática de los cultivos 2050.....	44
Figura 24. Capacidad de Adaptación en la Parroquia de Santa Rosa de Cusubamba.....	45
Figura 25. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de maíz y la precipitación.	48
Figura 26. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de maíz y la temperatura.....	48
Figura 27. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de papa y la precipitación.	48
Figura 28. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de papa y la temperatura.....	48

Figura 29. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de trigo y la precipitación.	49
Figura 30. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de trigo y la temperatura.	49
Figura 31. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de fréjol y la precipitación.	49
Figura 32. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de fréjol y la temperatura.	49
Figura 33. Ubicación Actual de las Estaciones del INAMHI.	50
Figura 34. Aptitud climática del cultivo de cebada - 2030. Santa Rosa de Cusubamba.	51
Figura 35. Aptitud climática del cultivo de cebada - 2050. Santa Rosa de Cusubamba.	51

ABREVIATURAS

A2:	Escenario de cambio climático considerando las actividades actuales.
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo.
CAN:	Comunidad Andina de Naciones.
CDB:	Convención de Diversidad Biológica
CH₄:	Metano.
CMCC:	Convención Marco de Cambio Climático.
CO₂:	Dióxido de carbono.
DIVA-GIS:	Herramienta que espacializa los datos del ECOCROP.
ECOCROP:	Base datos sobre condiciones de algunos cultivos de la FAO.
ETCCDI:	Grupo de expertos en Detección e Índice de cambio climático.
FAO:	Organización para la Alimentación y la Agricultura.
FCLIMDEX:	Índices de cambio climático.
FIDA:	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
GEI:	Gases de efecto invernadero
HFC:	Hidrofluorocarbonos.
INAMHI:	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
INEC:	Instituto Nacional de Estadística y Censos.
IPCC:	Panel Intergubernamental de cambio climático.
IV:	Índice de Vulnerabilidad
MAE:	Ministerio del Ambiente
MAGAP:	Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuicultura y Pesca.
MCG:	Modelos de Circulación Global.
N₂O:	Óxido nitroso.

NASA:	Agencia Espacial de los Estados Unidos
NOAA:	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica
OMM:	Organización Mundial de Meteorología
PFC:	Perfluorocarbonos.
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PPM:	Partes por millón.
PPMM:	Partes por miles de millones.
SENPLDES:	Secretaria Nacional de Planificación.
SF6:	Hexafluoruro de azufre.
SRES:	Reporte Especial del IPCC de los escenarios de emisiones.
TMG:	Temperatura Media Global.

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS CULTIVOS DE LA ZONA DE SANTA ROSA DE CUSUBAMBA, CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA.

El presente estudio se realizó en la Parroquia de Santa Rosa de Cusubamba, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha con el fin de evaluar el efecto del cambio climático en los cultivos. Mediante la aplicación del Índice de Vulnerabilidad se pudo obtener el análisis de sus componentes, en este sentido para la exposición se obtuvieron las proyecciones climáticas del escenario A2, que indicaron que en el período 2020-2049 habrá un ligero incremento de temperatura correspondiente a 0.4 °C y de precipitación de 69 – 89 %, mientras que para el período 2040-2069 el incremento de la temperatura será de 0.3 °C y de precipitación de 149 – 157 %. Con los datos del ECOCROP y el uso del DIVA-GIS, se definió la aptitud climática para determinar la sensibilidad de los cultivos frente al clima, los resultados indicaron que la aptitud para el cultivo de maíz es de 45 %, para la papa se presentó el 50 %, para el trigo 32 % y para el fréjol fue 37 %. La capacidad de adaptación se definió en base al indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas, siendo para la zona de estudio del 80 %, y para el cantón el 63 %, lo que representa un alto porcentaje en relación al promedio de Cayambe. De esta manera el Índice de Vulnerabilidad establecido indicó que el maíz, papa, fréjol y trigo son vulnerables a la precipitación a un nivel bajo, mientras que los cultivos mostraron con la temperatura un nivel alto, estos resultados fueron determinados para el año 2050.

PALABRAS CLAVE:

- VULNERABILIDAD
- APTITUD CLIMÁTICA.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE CLIMATE CHANGE EFFECT ON THE SANTA ROSA DE CUSUBAMBA CROPS, CAYAMBE, PROVINCE OF PICHINCHA.

The effect of climate change on crops was evaluated in a study conducted in the Parroquia Santa Rosa de Cusubamba, Canton Cayambe, Provincia Pichincha. Through the application of the vulnerability index the climate components were analyzed. As a result, the exposure of climate projections obtained from A2 scenario, indicate that in the period 2020-2049 a slight increase in temperature of 0.4 °C and an increase of precipitation from 69 to 89 % will occur; while for the period 2040-2069 the increase in temperature will be 0.3 °C and in precipitation will be from 149 to 157 %. With the ECOCrop data and use of DIVA-GIS, climate aptitude was defined to determine the sensitivity of crops against the weather. The results indicate that the suitability for cultivation of corn was 45 %, for potato appeared 50 %, in wheat 32 % and the bean 37 %. The adaptability was defined on the basis of Unsatisfied Basic Needs indicator, that in the study area is 80% dissatisfied, and for the canton 63%, which represents high rates relative to Cayambe average. Thus established the Vulnerability Index indicated that corn, potatoes, beans and wheat are vulnerable to precipitation at a low level, while crops with temperature showed a high level, these results were determined for 2050.

KEYWORDS:

- VULNERABILITY
- CLIMATE APTITUDE

I. INTRODUCCIÓN

La humanidad hasta mediados del siglo XX alcanzó una población de 2.5 mil millones y en los últimos 50 años la población mundial se ha incrementado a 6.5 mil millones de personas que presionan por obtener niveles de vida y de consumo similares a los que disfrutaban los países desarrollados. Sin embargo, la presión demográfica será mucho mayor, ya que se proyecta para el año 2050 una población mundial de 8.9 mil millones de habitantes (CAN, 2008).

Las condiciones climáticas del planeta indican que los datos de temperatura de la superficie terrestre-oceánica promediados globalmente y calculados a partir de una tendencia lineal, mostraron un calentamiento de 0.85 ° C, durante el período 1880-2012, el incremento total entre el promedio del período 1850-1900 y el período 2003-2012 fue de 0.78° C (IPCC, 2013).

Según IPCC (2007), las concentraciones atmosféricas correspondientes a los gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global y estimado en el 2005 fueron de CO₂ (379 ppm¹) y CH₄ (1774 ppmm²), excediendo al intervalo natural de valores en los últimos 650.000 años. Y según la Organización Mundial de Meteorología (OMM, 2013), el CO₂ alcanzó 389 ppm en el 2010 (lo que significa un incremento del 39 % en comparación con la época preindustrial), el CH₄ llegó a 1808 ppmm (158 %) y el N₂O a 323.2 ppmm (20 %). La concentración mundial de CO₂ se debe principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil, seguido por el cambio de uso de la tierra. Es muy probable que el aumento observado de la concentración de CH₄ se deba predominantemente a la agricultura y a la utilización de combustibles de origen fósil, mientras que el incremento de la concentración de N₂O procede principalmente de la agricultura (IPCC, 2007).

La agricultura a escala mundial contribuye entre 17 y 32 % del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), incluyendo el cambio de uso del suelo. Las emisiones de contaminantes por parte de la agricultura en países en

¹ ppm=partes por millón

² ppmm= partes por mil millones

desarrollo se incrementaron en un 32 % entre 1990 - 2005 y se espera que pueda continuar con esta tendencia para satisfacer las demandas de productos alimentarios por una población en aumento. Más aún si se considera que del potencial global total para mitigar las emisiones agrícolas de GEI, el 74 % radica en estos mismos países (Torres et al., 2001).

Con estos antecedentes, la presente investigación tiene como fin evaluar el efecto del cambio climático mediante la aplicación del índice de vulnerabilidad de los cultivos de maíz, papa, trigo y fréjol que se producen en la parroquia rural de Santa Rosa de Cusubamba, es decir, la exposición que está determinada por la precipitación y temperatura. La sensibilidad con la aptitud climática y con el uso de la base de datos del ECOCROP de la FAO, cuyo programa permite establecer los datos requeridos por los cultivos en relación a la temperatura y precipitación. Con estos valores se elaboraron mapas con el uso de la herramienta DIVA-GIS que es un programa para determinar la adaptación de los cultivos bajo condiciones determinadas del clima. Por último, la capacidad de adaptación se estableció mediante las necesidades básicas insatisfechas.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del cambio climático en los cultivos de la zona de Santa Rosa de Cusubamba, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la exposición a la precipitación y temperatura en la parroquia de Santa Rosa.
- Analizar la sensibilidad en la producción agrícola en el área de intervención.
- Establecer la capacidad de adaptación al cambio climático en la producción agrícola en Santa Rosa de Cusubamba.
- Evaluar el índice de vulnerabilidad al cambio climático en la producción agrícola.
- Definir las mejores medidas de adaptación al cambio climático para la producción agrícola en Santa Rosa de Cusubamba.

1.3. HIPÓTESIS

Determinar el índice de vulnerabilidad al clima en la producción de cultivos en la parroquia de Santa Rosa, mediante el análisis de la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación. Con lo cual se puede identificar las medidas que los productores pueden realizar para aportar de mejor manera los efectos del cambio climático.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CAMBIO CLIMÁTICO

Para abordar esta temática, se inicia con el desarrollo del concepto *tiempo*: el cual es una descripción del estado actual de la atmósfera en un sitio determinado, que incluye las características que afectan el vivir cotidiano. Los valores actuales a nivel de la superficie de variables tales como temperatura, humedad relativa, presión, viento, nubosidad, precipitación, entre otras. Una presentación más completa del *tiempo* incluye descripciones cuantitativas de las estructuras vertical y horizontal de la atmósfera, las que son utilizadas por los meteorólogos en sus análisis profesionales. En un sentido aún más amplio, el *tiempo* es una descripción del estado del sistema climático.

El *sistema climático* está compuesto principalmente por: a) la atmósfera, b) los océanos, c) las biósferas terrestre y marina, d) la criósfera (hielo marino, cubierta de nieve estacional, glaciares de montaña y capas de hielo a escala continental) y, e) la superficie terrestre. Estos componentes actúan entre sí y como resultado de esa interacción colectiva, determinan el clima de la superficie de la Tierra (IPCC, 1997).

Se define al *clima* de un lugar determinado como el *tiempo medio* o como la descripción estadística del tiempo, en términos del promedio y la variabilidad de ciertas magnitudes importantes durante períodos de varios decenios (Organización Meteorológica Mundial – OMM y Marin, 2008). En un sentido amplio, el clima se caracteriza por la descripción estadística del sistema climático entero y no sólo de la atmósfera.

El clima de la Tierra varía a lo largo de las épocas, estaciones, decenios y siglos en respuesta a variables tanto naturales como humanas. La *variabilidad* natural del clima en distintas escalas temporales obedece a los ciclos y las tendencias de la órbita de la Tierra, la radiación solar incidente, la composición química de la atmósfera, la circulación de los océanos, la biosfera y otras muchas causas (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, s/f).

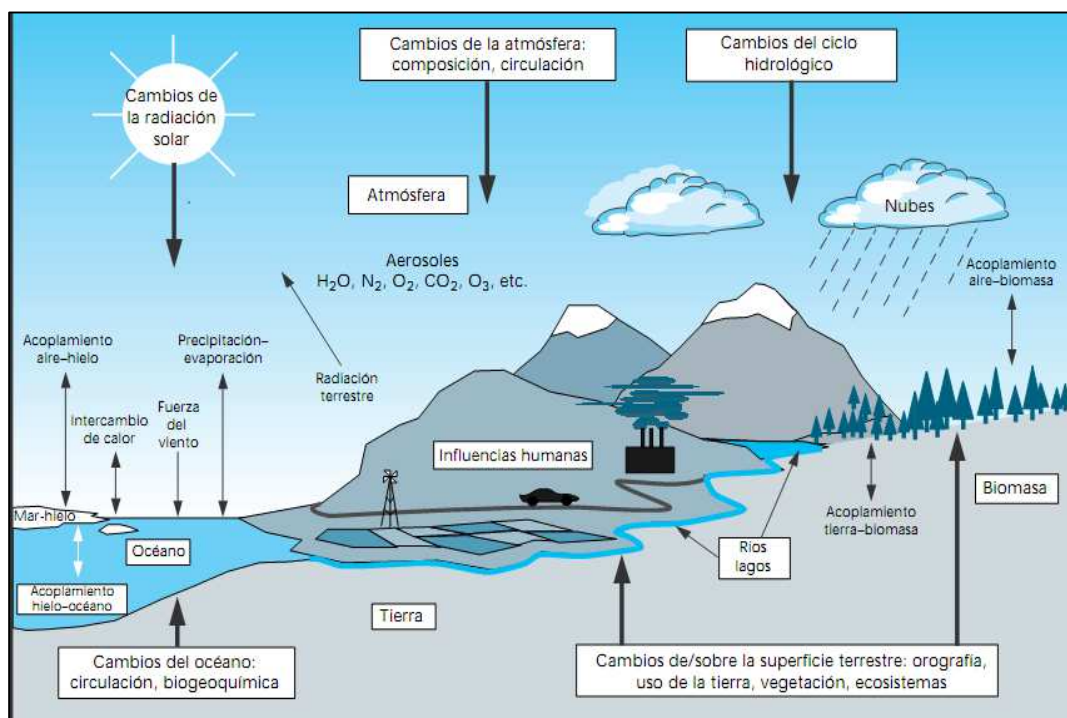


Figura 1. Componentes del Sistema Climático

Fuente (IPCC, 1997)

Nuestro planeta y su atmósfera se calientan por el calor que reciben del Sol. El sistema irradia la misma cantidad de calor recibida, nuevamente hacia el espacio, de manera que en conjunto, se mantiene el equilibrio y la temperatura global no cambia. Pero este equilibrio de calor es válido para el planeta en conjunto y no para una determinada zona.

La región ecuatorial recibe más calor del que desprende o pierde, mientras que las áreas polares irradian al espacio más calor del que reciben; sin embargo, ni los polos se vuelven más fríos ni las zonas ecuatoriales aumentan su calor, lo cual se debe a que el calor viaja a las regiones polares manteniéndose las temperaturas relativamente uniformes (Jauregui, 2003).

El *cambio climático* se refiere a los cambios a largo plazo del estado del clima y también puede deberse a factores naturales. Sin embargo, los rápidos cambios que se han producido desde mediados del siglo pasado se han debido, en gran medida, a las emisiones de gases de efecto invernadero de la humanidad en la atmósfera. Otras actividades humanas que también afectan al sistema climático son las emisiones de

contaminantes y otros aerosoles, y las modificaciones de la superficie terrestre, tales como la urbanización y la deforestación (OMM, 2013).

La CMCC, define en el Art. 1, al cambio climático: “*directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad del clima natural observada durante períodos de tiempo comparables*” (CMCC, 2014).

Para el IPCC, el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana (IPCC, 2007).

El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado (IPCC, 2013).

Loik (2000), establece que las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono producirán que se dupliquen, con relación al valor pre-industrial en algún momento del próximo siglo. Por lo tanto, se determina el incremento de las concentraciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, que incrementará la temperatura del aire media mundial en un rango comprendido entre 1.5-4 °C.

A menudo, la variabilidad natural del clima a corto plazo puede relacionarse con modelos recurrentes de presión atmosférica y circulación oceánica. Por ejemplo, los episodios de El Niño y La Niña son consecuencia de cambios rápidos producidos en la temperatura de la superficie del océano Pacífico ecuatorial. Ambos fenómenos influyen en las características meteorológicas de todo el mundo (OMM, 2013).

Los cambios en la composición de la atmósfera, provoca un aumento de la temperatura mundial, lo que a su vez, ejerce una influencia significativa sobre el ciclo hidrológico, lo que provoca otros cambios de las condiciones climáticas y meteorológicas. Mientras que la solución definitiva al cambio climático exige reducciones rápidas y significativas de las emisiones globales de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la adaptación es ineludible, particularmente en los países de bajos ingresos. Para lo cual surgen algunos asuntos pendientes como: resolver las causas de un alto nivel de vulnerabilidad socioeconómica y ambiental; enfrentar los nuevos desafíos de adaptación al cambio climático ya evidente; transitar a economías más sostenibles y bajas en emisión de carbono.

2.2 ESCENARIOS DE EMISIONES

Con el fin de determinar el impacto del cambio climático en el futuro, se debe tener una idea de las concentraciones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes en la atmósfera, para los cuales el clima es sensible, en los próximos años. Estas concentraciones dependen de sus emisiones a partir de diversas fuentes, tanto natural como artificial (WMO, 2014).

Para el IPCC (1997), un concepto importante para la modelización del clima es el de jerarquía de modelos de diferentes niveles de complejidad, dimensionalidad y resolución espacial, cada uno de los cuales puede ser el óptimo para resolver las diversas cuestiones objeto de estudio. Para la OMM (2014), los escenarios de emisiones, describen la liberación futura a la atmósfera de los gases de efecto invernadero, aerosoles y otros contaminantes y junto con la información sobre el uso y cobertura del suelo, proporcionar insumos a los modelos climáticos.

Estos se basan en suposiciones sobre las fuerzas motrices tales como los patrones de crecimiento económico y demográfico, el desarrollo tecnológico, y otros factores. Los niveles de emisiones futuras son muy inciertas, es así, que los escenarios facilitan imágenes alternativas de cómo podría ser el futuro. Además son considerados como una herramienta adecuada con la que se puede analizar cómo las fuerzas impulsoras pueden influir en los resultados futuros de emisiones y para evaluar las incertidumbres asociadas. Estos ayudan en el análisis del cambio climático,

incluyendo la modelización del clima y la evaluación de los impactos, la adaptación y la mitigación.

Los escenarios son usados para el análisis del cambio climático y específicamente para la generación de modelos del clima y son de mucha utilidad para la evaluación de los impactos y diseño de iniciativas para la adaptación y la mitigación.

El IPCC para su cuarto informe (2007) diseñó seis grupos de emisiones de GEI, organizados en cuatro “familias” de escenarios. Las familias de escenarios A1 y A2 ponen el énfasis en el desarrollo económico pero difieren en cuanto al grado de convergencia económica y social; las familias B1 y B2 hacen hincapié en el desarrollo sostenible pero también difieren en cuanto al grado de convergencia (IPCC: 2000 & 2001). Además, los tres grupos de la familia A1, se caracterizan por el desarrollo alternativo de tecnologías de energía:

- A1FI, fuentes de energía intensivas de origen fósil,
- A1T, fuentes de energía de origen no fósil, y
- A1B, *equilibrio*³ entre todas las fuentes.

2.3 MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL

Desde mediados del siglo XX, los modelos numéricos para simular procesos de circulación atmosférica han mejorado notablemente. La simulación y el pronóstico del clima han sido objetivos primordiales de los científicos atmosféricos. A manera de laboratorio, los modelos de circulación general (MCG) de la atmósfera se han usado para estudiar la variabilidad y el cambio climático (Magaña, 2004). Para poder hacer proyecciones cuantitativas del cambio climático futuro, es necesario utilizar modelos climáticos que simulen todos los procesos importantes que rigen la evolución futura del clima (Acevedo, L. & Poveda, G., 2008).

³ Equilibrio: se define como la no dependencia excesiva de una fuente de energía concreta, suponiendo que se apliquen ritmos similares de mejoras en todas las formas de aprovisionamiento energético y en las tecnologías de uso final.

Según el BID (2010), los modelos de circulación global atmosféricos (MCGA) y los modelos de circulación general (MCGO) pueden combinarse para elaborar un modelo de circulación general (atmosférico y oceánico) integrado (MCGAO). Puesto que el cambio climático se relaciona con las interacciones entre la atmósfera y el océano. Existe un consenso para ampliar los MCG y crear modelos del sistema terrestre que incluyan, por ejemplo, sub-modelos de química atmosférica o un modelo del ciclo del carbono, o de vegetación interactiva (dinámicos). Para Ruiz (2007), los modelos matemáticos ofrecen un rango de predicciones sobre los posibles incrementos de temperatura de la superficie del planeta y de su distribución geográfica y en el tiempo. Para una subida de la concentración de CO₂ del 1 % anual, hasta alcanzar las 550 ppm, los modelos predicen un aumento de 3 °C de la temperatura media global (TMG) del planeta, con un margen de variación de 1 °C. Para un aumento de la concentración de CO₂ de un 2 % anual hasta alcanzar las 1120 ppm los modelos predicen una subida de la TMG de 6 °C con los mismos márgenes de variación.

Los MCG poseen baja resolución espacial (en general proveen celdas de unos 277 km de lado), y no deben emplearse directamente para llevar a cabo estudios que no correspondan a escala continental o subcontinental en el mejor de los casos (IPCC, 2007). Es por ello que múltiples autores han iniciado campañas de incremento de resolución (mediante un proceso conocido como downscaling) empleando, por ejemplo, modelos climáticos regionales de alta resolución (MAE-INAMHI, 2010).

El Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) han realizado a escala global el cálculo de índices de cambio climático a partir de datos diarios. El uso sistemático de dichos índices ha permitido mejorar el diagnóstico global de los cambios en extremos de temperatura y precipitación contribuyendo al reporte de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Entre las herramientas disponibles por el Grupo, cuentan con un paquete de software basado originalmente en Excel (Climdex), que luego fue migrado a lenguaje R (RClimdex) y a FORTRAN (FClimdex) mismos que han sido desarrollados para el cálculo de estos índices (MAE-INAMHI, 2010).

En los estudios realizados por el MAE (2010), se identifica algunos índices climáticos históricos y la aplicación del FCLIMDEX, es claro el incremento en los días sin lluvia consecutivos. El número de días sin lluvia consecutivos en 1971 era de 3-6 y este número se incrementó a 15-18 en 1981 en algunas regiones del país. El cambio de temperatura afectó directamente los patrones de lluvia. Si se compara la temperatura del periodo 1991-2010 con el escenario para 2010-2020 (usando patrones PRECIS). Por otro lado, se pronostica un descenso de 10 % en la precipitación en algunas zonas de la sierra.

2.4 IMPACTOS

Se estima que los principales efectos derivados de las alteraciones de los factores abióticos, en especial la temperatura y precipitaciones, estarían relacionados durante las fases fenológicas de los cultivos, alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, déficit hídrico y respuesta a nuevas concentraciones de CO₂ presente en la atmósfera.



Figura 2. Cambio anual medio mundial de la temperatura en el período 1980-1999 (°C)

Fuente: (IPCC, 2007)

En la Figura 2, se puede observar algunos ejemplos de impactos mundiales proyectados del cambio de clima asociado a diferentes magnitudes de aumento del promedio mundial de temperatura superficial en el siglo XXI. Las líneas de color negro

relacionan los impactos con el incremento de la temperatura en los sectores que tendrían mayor repercusión.

Cabezas (2008), menciona que en la actualidad se puede comprobar que los fenómenos meteorológicos extremos adquieren repercusiones diversas en función de la capacidad de afrontamiento⁴ de las poblaciones afectadas. Por ejemplo, los ciclones que afectaron a Bangladesh en 1970 causaron 300000 muertes y en el año 1.991 las víctimas mortales fueron 139000. Sin embargo, el huracán Andrew, que pasó por los Estados Unidos en 1992, tan solo ocasionó 55 fallecimientos (aunque provocó daños que rondaron los 30000millones US\$).

Según el IPCC (2007), hasta mediados del siglo en América Latina, los aumentos de temperatura y las correspondientes disminuciones de la humedad del suelo originarían una sustitución gradual de los bosques tropicales por las sabanas en el este de la Amazonia. La vegetación semiárida sería sustituida gradualmente por especies de tierras áridas.

Impactos observados atribuidos al cambio climático en el sur del continente, como es el caso del retroceso de los glaciares andinos, cambios en los caudales del Río Amazonas, modificación de los patrones de descarga en los ríos en la región occidental de los Andes (IPCC, 2013).

La productividad de algunos cultivos se vería significativamente afectada y con repercusiones en el sector pecuario, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. Algunos efectos, producto de los cambios antes mencionados se producirían en el incremento de enfermedades y en las poblaciones de plagas (migración, concentración, flujos poblacionales, incidencias, etc.), poca disponibilidad de nutrientes en el suelo e incertidumbre en la planificación agrícola (fechas de siembra, laboreo, mercadeo, etc.)

⁴La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR por sus siglas en inglés, 2009) define a la *Capacidad de Afrontamiento* como la habilidad de la población, las organizaciones y los sistemas, mediante el uso de los recursos y las destrezas disponibles, de enfrentar y gestionar condiciones adversas, situaciones de emergencia o desastres.

Según el último censo de población realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010), la República del Ecuador tiene una población de 14.4 millones de habitantes, de los cuales el 65 % vive en zonas urbanas, concentrada en las principales ciudades Quito y Guayaquil que representa el 30 % de la población total. El 56 % de la población se encuentra en situación de pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas, el crecimiento demográfico es de 1.95 % anual, con lo que al 2020 el país tendría 17 millones de habitantes según las proyecciones de población del INEC.

En cuanto a la pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas, el Ecuador ha registrado un decremento en la incidencia de la pobreza, en especial en las zonas rurales en donde ha pasado de 91.6 % en 2001 a 81.7 % en 2010. Mientras tanto, en las zonas urbanas, esta magnitud disminuyó de 57.8 % en 2001 a 46.1 % en 2010. En términos de desigualdad, se ha registrado una tendencia decreciente en el país. Para el 2011, el Coeficiente de Gini de ingresos a nivel nacional fue 0.47. En tanto que para el área urbana fue de 0.44; y para el área rural de 0.46 (SNI, 2012).

Es indudable que el impacto del cambio climático en las siguientes tres décadas, se deben principalmente a la industrialización y explotación de recursos naturales por parte de los países desarrollados (CAN, 2008). A inicios del año 2012, las pérdidas económicas en el sector agrícola ecuatoriano ascendieron aproximadamente a unos \$ 70 millones (MAGAP, 2012), equivalentes al 2.1 % del PIB agrícola (BCE, 2012), con lo cual se podría comprometer el potencial desarrollo del país. Según, Cline (2008) proyecta pérdidas del 16 % en la producción, afectadas por el clima. Este costo podría ser mucho mayor, si se incluyeran en el cálculo las pérdidas de la biodiversidad, la generación hidroeléctrica, el abastecimiento de agua a las ciudades y para la industria y las consecuencias en la salud humana.

El sector agrícola es muy sensible a los efectos adversos del clima, las variaciones de temperatura promedio anual entre 1960 y 2006 tienen un incremento del 0.8 °C, con base a 39 estaciones del INAMHI (MAE, 2011). Las temperaturas en aumento y la mayor frecuencia de sequías e inundaciones pueden comprometer la soberanía alimentaria (Petersson, Marrero, & Taboada, 2010). En el caso de Ecuador los agricultores que producen alimentos en una extensión de terreno comprendida entre

menos de 1 y 5 hectáreas, producen alrededor del 65 % de los productos agroalimentarios (MIES-INEPS, 2009).

En este sector confluyen los temas de cambio climático, soberanía alimentaria y reducción de la pobreza. Para el 67.94 % de personas que son pobres por Necesidades Básicas Insatisfechas (INEC, 2010), la agricultura es la principal fuente de ingresos. En casi todos los casos, el cambio climático agravará la situación de vulnerabilidad de esas personas, que por su propia condición son vulnerables (FIDA, 2010).

Los impactos del cambio climático tienen características locales y por lo tanto no hay una estrategia de adaptación para el sector agrícola que sea única o aplicable a nivel de territorio. En ese sentido, se debe evaluar la vulnerabilidad de cada sistema de producción en función de la amenaza, teniendo en cuenta que si el sistema de producción está bien adaptado ante la variabilidad natural del clima, hay una alta probabilidad de que responda bien ante cualquier escenario de cambio climático. Por consiguiente en agricultura es más factible la reducción de la vulnerabilidad que la reducción de la amenaza, para una adecuada adaptación ante el cambio climático.

El Ecuador emitió su Primera Comunicación Nacional ante la CMCC en el año 2001 y su Segunda Comunicación, a finales del año 2011. La Primera Comunicación detalla los resultados de algunos estudios relacionados con la vulnerabilidad y medidas de adaptación en algunos sectores (agricultura, ecosistemas forestales, recursos hídricos, marino costeros). Entre las dos primeras versiones de las comunicaciones nacionales ocurrieron importantes cambios en la institucionalidad ambiental del país, especialmente a partir del año 2007 mediante la puesta en marcha de algunos proyectos. En el año 2009 se creó la Subsecretaría de Cambio Climático, con la misión de *“Liderar las acciones de mitigación y adaptación del país para hacer frente al cambio climático; incluyendo facilitar la implementación de mecanismos de transferencia de tecnología, financiamiento y comunicación”* (MAE, 2011).

De acuerdo a la Segunda Comunicación Nacional (MAE, 2010), el país ha experimentado incrementos de temperatura, cambios en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos (sequías, inundaciones), cambios en el régimen hidrológico, y retroceso de los glaciares. Es crucial la variación registrada en los últimos diez años,

precipitaciones intensas en periodos cortos seguidas por un descenso significativo de precipitaciones. Además, el retroceso de los glaciares en años recientes es significativo, entre 20 y 30 por ciento de pérdida de masa de hielo en los últimos 30 años. Por ejemplo, estudios recientes muestran que la superficie cubierta por hielo glaciar en el volcán Cotopaxi ha disminuido 30 por ciento desde 1976 (MAE, 2011). Los agro-ecosistemas de alta montaña en Ecuador están expuestos a sequías cíclicas, así que la escorrentía glaciar es crucial para dotar a las comunidades cercanas a las montañas de fuentes confiables de agua y una vida sustentable.

Los ecosistemas costeros y los estuarios a lo largo de la costa del Pacífico, en especial en el estuario del río Guayas, están particularmente expuestos a incrementos del nivel del mar y asentamientos humanos en las áreas costeras al nivel del mar. Estas zonas son afectadas por el incremento de la erosión de las costas, así como el aumento de oleaje e inundaciones. Éstas son áreas particularmente vulnerables a la intrusión de agua salada, y los depósitos acuíferos son especialmente vulnerables a cambios en la calidad del agua superficial.

Según Álvarez (2010), en definitiva posiblemente al modificarse el sistema climático mundial (cambio climático) unas zonas serán más frías y otras más calientes, pero en general habrá un incremento de la temperatura promedio del planeta (calentamiento global).

2.5 VULNERABILIDAD

Para el IPCC (2001), vulnerabilidad es el grado en que un sistema es susceptible o incapaz de afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad del clima y extremos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y rapidez de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

Según esta definición, se trata de una medida integrada de la magnitud esperada de efectos adversos para un sistema causado por un nivel dado de ciertos factores detonantes externos. En este sentido, se abarca la dimensión externa a través de la *exposición* de un sistema a las variaciones climáticas, de la misma forma sobre la

dimensión interna, mediante la *sensibilidad* y por último a la *capacidad de adaptación* a estos factores de estrés (Füssel & Klein, 2006).

Las modificaciones de los patrones climáticos que se están registrando en el planeta están afectando indudablemente a la producción y la productividad del sector agrícola en diferentes maneras dependiendo de los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y período de producción, cultivos, variedades y zonas de impacto.

La vulnerabilidad puede ser entendida como la incapacidad de un sistema para absorber, mediante auto-ajuste, los efectos de un determinado cambio en su ambiente, es decir, su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio. En este sentido, los patrones regionales y locales de cambio ambiental, a su vez derivados de los procesos de cambio global (incluyendo el cambio climático, las transformaciones y transiciones demográficas -urbanización y migraciones-, el cambio en la recurrencia de eventos extraordinarios, etc.) merecen la atención de la agenda de investigación para retro-alimentar la política pública ambiental en estos temas.

Los sistemas naturales pueden ser especialmente vulnerables al cambio climático, esto supone un incremento en los patrones temporales y espaciales de variabilidad climática, debido tanto a causas naturales como antropogénicas. Algunos ecosistemas pueden sufrir daños significativos e irreversibles (extinción de especies, pérdida de procesos y estructura, desaparición, incremento de enfermedades que afectan a los seres vivos), por modificaciones en su estructura, función y distribución. Como consecuencia, se agravarían los peligros actuales de desaparición de ecosistemas completos y de extinción de algunas especies vulnerables, que en algunos casos ya se manifiestan a tasas no registradas antes, teniendo así un impacto directo sobre los servicios ambientales y la agrobiodiversidad del país.

Por otro lado, es importante documentar el efecto del cambio climático sobre los sistemas naturales y evaluar la vulnerabilidad de los mismos ante distintos escenarios de cambio. Resultan clave los estudios de vulnerabilidad, en particular a escala local, que permitan diseñar estrategias de adaptación locales para los sectores más vulnerables, de manera que influyan en el diseño de políticas nacionales de desarrollo sustentable.

La vulnerabilidad está ligada a un patrón de desarrollo de largo plazo, caracterizada por la pobreza; las desigualdades socioeconómicas, de etnia, género; el limitado acceso a alimentos y agua potable; la insuficiencia de la cobertura y calidad de los servicios de salud, educación, seguridad social y de acceso al capital y al crédito productivo; y la dependencia económica de un limitado número de sectores, productos de exportación y países de destino.

2.6 ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La Adaptación apunta principalmente a la moderación de los efectos adversos del cambio climático, que se pueden evitar mediante de una amplia gama de acciones que se dirige al sistema vulnerable, también se puede incluir la adopción de medidas para aprovechar las nuevas oportunidades generadas por el cambio climático (IPCC, 2001; Adger, 2005; Füssel & Klein, 2006). Por otro lado, en términos generales se refiere al desarrollo de las características genéticas y de comportamiento que permiten que los organismos o sistemas puedan enfrentarlos cambios en el ambiente con el fin de sobrevivir y reproducirse (Smith & Wandel, 2006).

La adaptación al cambio climático ofrece la posibilidad de reducir en forma sostenible muchos de los impactos adversos de ese cambio y aumentar los impactos beneficiosos, aunque ambos tienen su costo y dejan daños residuales. En los sistemas naturales, la adaptación se produce por reacción, mientras que en los sistemas humanos puede también ser previsor.

Según el IPCC (2001) y Smit & Wandel (2006), es evidente que hay muchas formas y niveles de adaptaciones (ver tabla 3), y estos pueden ser clasificados de algunas maneras, como puede ser, en relación a los estímulos (anticipatoria, concurrente, reactiva), la intención (autónoma, planificada), alcance espacial (local, parroquia, cantón) y forma (tecnológicos, de comportamiento, financieros, institucionales, informativos) – (IPCC, 2001; Smit & Wandel, 2006).

La adopción y la eficacia de la adaptación privada, o impulsada por el mercado, en sectores y regiones están limitadas por otras fuerzas, condiciones institucionales y diversas fuentes de fallas del mercado. Hay pocas pruebas de que las adaptaciones

privadas se utilizarán para compensar los daños del cambio climático a los ambientes naturales. En algunos casos, las medidas de adaptación podrían tener consecuencias imprevistas, incluido el daño al medio ambiente. Muchos de estos costos pueden evitarse mediante una adaptación previsor y planeada.

Mediante la elaboración de un diseño ajustado a la realidad, las estrategias de adaptación pueden brindar algunos beneficios a mediano y largo plazo. No obstante, hay límites a su aplicación y eficacia. El mejoramiento de la capacidad de adaptación reduce la vulnerabilidad a nivel de sectores y/o regiones a los efectos del cambio climático, incluidos los eventos extremos y sobre la variabilidad climática, para que de esta manera se pueda promover el desarrollo sostenible y la equidad.

La aptitud de los humanos de adaptarse y enfrentarse al cambio climático depende de factores tales como la riqueza, la tecnología, la educación, la información, la pericia, la infraestructura, el acceso a los recursos y las capacidades administrativas. Dichos factores predominan de forma muy variable en las diversas poblaciones y comunidades, y los países en desarrollo, particularmente los menos desarrollados, son en general los más desprovistos al respecto (IPCC, 2001). Como resultado tienen menos capacidad de adaptación y son altamente vulnerables a los daños producidos por los efectos del cambio climático y por ende son más vulnerables a otro tipo de presiones.

Muchas de las comunidades y poblaciones vulnerables al cambio climático se encuentran también sometidas a presiones como el incremento poblacional, agotamiento de los recursos naturales y pobreza.

Según Smit (2006), es posible distinguir la adaptación de acuerdo al grado de ajuste o cambio requerido (desde o hacia) el sistema original. Por ejemplo, para un sistema agrícola con la exposición a la escasez de agua, una medida de adaptación podría ser el uso de cultivos resistentes a la sequía. Tal vez, otra adaptación podría ser, cambiar el sistema de los cultivos temporales por los pastos perennes.

Tabla 1.**Tipos de Adaptación**

		ANTICIPADA	REACTIVA
SISTEMAS HUMANOS	Privada	<ul style="list-style-type: none"> - Compra de las pólizas de seguros. - Construcción de casas sobre pilotes. - Nuevo diseño de plataformas petrolíferas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio en las prácticas agrícolas. - cambios en la póliza de seguros. - compra de equipos de acondicionamiento de aire.
	Pública	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de Alerta Temprana. - Nuevos códigos de edificación y normas de diseño. - Incentivo para la reubicación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pagos de Indemnización, subvenciones - Observancia de los códigos de edificación. - Mantenimiento de las playas
SISTEMAS NATURALES		NA	<ul style="list-style-type: none"> - Cambios en la duración de la estación de crecimiento. - Cambios en la composición de los ecosistemas. - Migración de los humedales.

Fuente:(IPCC, 2001)

Las medidas diseñadas sirven para disminuir la presión ejercida sobre los recursos, para reducir los riesgos ambientales e incrementar las condiciones para el buen vivir de los habitantes más pobres de la sociedad y que pueden simultáneamente adelantar el desarrollo sostenible y la equidad, para de esta manera mejorar su capacidad de adaptación. Para Smit (2006), el análisis de la adaptación en el ámbito del cambio climático se combinó simultáneamente con la creciente toma de conciencia sobre las afectaciones del cambio climático.

III. METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se desarrolló para la Parroquia de Santa Rosa de Cusubamba que está ubicada en el Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha, con una superficie de la parroquia de 29.07 Km².

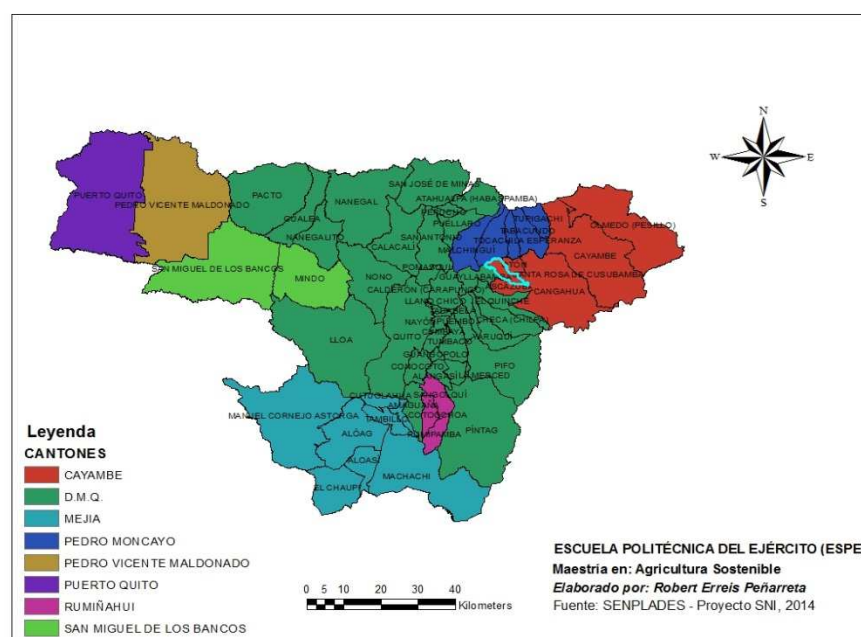


Figura 3. Ubicación de Santa Rosa de Cusubamba

Fuente: (SNI, 2012)

En relación a sus límites se establece los siguientes: **Norte:** La parroquia de Otón dividida por la quebrada el Censo, continuando los terrenos de Carlos Jiménez, Genaro Romero, los fundíos Chaupi estancia y Bellavista, las propiedades de segundo M. Rodríguez y los Imbas hasta la quebrada el Pio, que desemboca en el río pisque.

Sur: La quebrada Rosalía que divide a la parroquia Ascázubi.

Este: Terrenos de Monteserrin y Pambamarca y

Oeste: El Río Pisque.

La altitud va desde los 2000 hasta los 3800 metros. La posición geográfica del área va desde los 0° 0' 0'', hasta los 0° 0' 5'' de latitud sur, y desde los 78° 15' hasta los 78° 20' de Longitud Occidental.

El clima de la Parroquia es templado y su temperatura fluctúa entre los 10 ° C y 25 ° C, la humedad relativa se encuentra en un 30 %. Precipitaciones, hace algunos años existió una estación lluviosa marcada desde septiembre a mayo, con dos sub-períodos de lluvias máximas; octubre-noviembre y febrero-abril. El período más seco era junio-agosto, pero actualmente varía constantemente en cualquier fecha del año.

3.2 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

El cambio climático es una realidad (Adger, Arnell, & Tompkins, 2005) y está obligando a las comunidades de los países pobres a adaptarse a un impacto sin precedentes. Los países ricos, máximos responsables del problema, deben dejar de hacer daño reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y empezar con la ayuda, proporcionando fondos para la adaptación al cambio (OXFAM, 2007). En definitiva, el riesgo es vivido y enfrentado de manera distinta por las personas, debido a la construcción social diferenciada de la vulnerabilidad (Soares & Murillo, 2013).

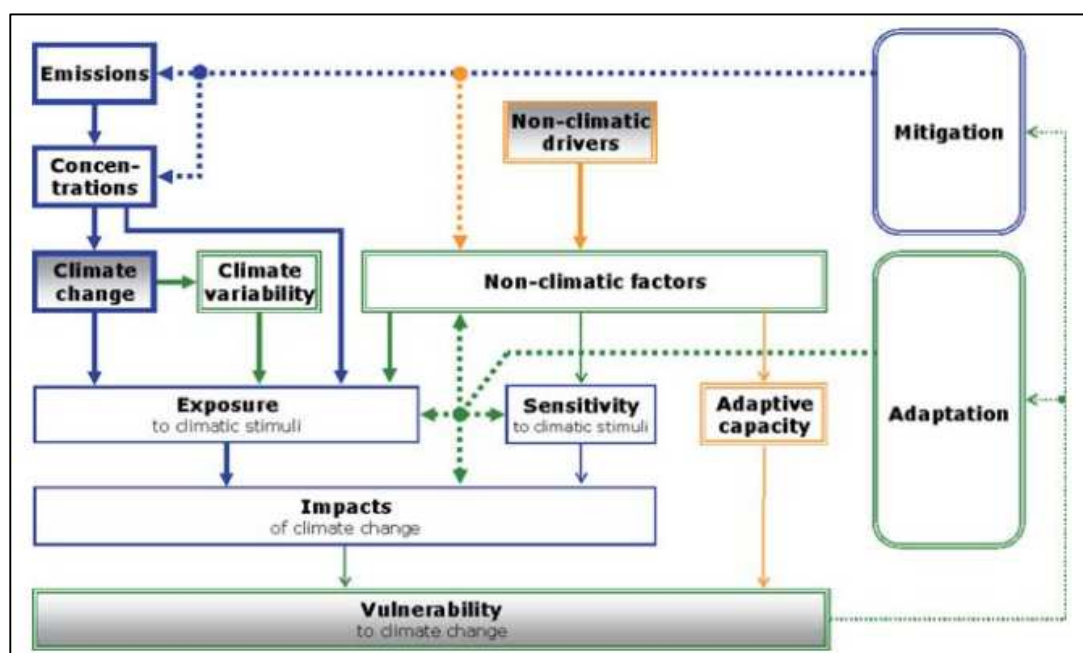
La importancia actual de la agricultura frente al cambio climático se sustenta en que ésta se vincula a la cantidad y calidad de los recursos naturales y a las variaciones en la temperatura, precipitación, vientos y a la disponibilidad de agua para el crecimiento y mantenimiento de los cultivos.

Las definiciones relacionadas a la vulnerabilidad, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación están interrelacionadas y tienen una amplia aplicación en la ciencia del cambio climático. Los análisis varían según la unidad (individuo, cultivo, hogar, recurso natural, etc.) de vulnerabilidad en relación a un estrés climático como puede ser el caso de la sequía, inundaciones, heladas entre otras. También varían según los fenómenos de interés (biológico, económico, social, etc.) y por la escala de tiempo (Smith & Wandel, 2006).

La presente investigación se realizó bajo las consideraciones de la segunda generación sobre la evaluación de la vulnerabilidad, y que según (Füssel & Klein, 2006), para estimar de mejor manera la vulnerabilidad de los cultivos en la parroquia rural de Santa Rosa de Cusubamba frente a los impactos del cambio climático y considerando el potencial de algunas medidas de adaptación para planificar a nivel de territorio la distribución de las zonas agrícolas con mayor riesgo a eventos climáticos.

Figura 4. Esquema de la Evaluación de la Vulnerabilidad, segunda generación

Fuente: (Füssel & Klein, 2006)



La principal diferencia en comparación con la primera generación, es la evaluación de la capacidad de adaptación (del sistema, población, área, cultivo, etc.), para responder efectivamente a los riesgos de manera anticipada a través de diversos tipos de adaptaciones (ver tabla 1). De esta manera se puede priorizar la asignación de recursos para el desarrollo e implementación de medidas de adaptación. Como se puede observar en la Figura 4, otro elemento importante en la segunda generación es la consideración de los controladores no climáticos (por ejemplo, demográficas, económicas, sociopolítica, tecnológica y biofísicos). Estos controladores afectan de manera relevante a los factores no climáticos (por ejemplo, el grado de diversificación económica, el nivel de educación y la fuerza de las redes sociales) que, a su vez, determinan la sensibilidad de un sistema, comunidad o cultivo frente al cambio climático (Adger, 2005; Füssel & Klein, 2006)

3.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

El objetivo primordial del análisis de vulnerabilidad es la identificación de las personas, lugares o recursos naturales que son más susceptibles al daño e identificar las acciones para reducir la vulnerabilidad. Las características de vulnerabilidad (es decir, la sensibilidad, la exposición y la capacidad de adaptación) no son nuevos. Han surgido del riesgo y de la literatura sobre la seguridad alimentaria, y en la última década han sido ampliado e integrado en el discurso de la comunidad de investigación del cambio ambiental global (Luers, 2005).

Vulnerabilidad es el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a efectos adversos del cambio climático, incluidas la variabilidad y los extremos del clima. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y de la variación a la que un sistema está expuesto, de su sensibilidad y de su capacidad de adaptación (IPCC, 2001; Monterroso, s/f; CIIFEN, 2011; CIAT, 2011 y 2012).

$$V = f(E; S; CA)$$

Dónde:

V = Vulnerabilidad, está en función de:

E = Exposición,

S = Sensibilidad, y

CA = Capacidad de Adaptación.

La vulnerabilidad se puede analizar desde varios puntos de vista, o dicho de otra manera existen varios elementos o factores que en conjunto componen cierto nivel de vulnerabilidad. Este nivel de vulnerabilidad, resulta de la interacción de las condiciones específicas de una zona y/o comunidad específica. Además, se agrega que la vulnerabilidad por sí misma constituye un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción entre las características internas y externas que convergen en un tiempo y espacio (Buch & Turcios, 2003).

3.4 EXPOSICIÓN

Se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis, puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, donde se incluye la magnitud y frecuencia de eventos extremos que afectan a la producción y fisiología en función del crecimiento y desarrollo de los cultivos (Monterroso, s/f; Basantes, 2010; Fussel, & Klein, 2006).

El cálculo de la distribución de la precipitación acumulada para los períodos *lluvioso* (octubre-mayo), *seco* (junio-septiembre) y la suma de estos dos períodos que comprende los meses de octubre a septiembre (Tabla 3), como se puede expresar en las siguientes fórmulas:

$$\text{Período lluvioso (octubre - mayo)} \quad \bar{X}_{ll} = \sum_{i=1}^8 \bar{X}_i; \quad i = 1 \dots \dots 8$$

$$\text{Período seco (junio - septiembre)} \quad \bar{X}_{sec} = \sum_{i=1}^4 \bar{X}_i; \quad i = 1 \dots 4$$

$$\text{Período octubre - septiembre} = \sum \text{período lluvioso} + \text{periodo seco}$$

Se analizó la base de datos mensuales de la temperatura media, máxima y mínima recopilada por el INAMHI (Tabla 4), mediante el promedio en los períodos *lluvioso* (octubre-mayo), *seco* (junio-septiembre) y el promedio de estos dos períodos que comprenden los meses de octubre a septiembre, como se puede expresar en las siguientes fórmulas:

$$\text{Período lluvioso (datos de octubre - mayo)} \quad \bar{X} = \text{oct} + \text{nov} + \text{dic} + \text{ene} + \text{feb} + \text{mar} + \text{abr} + \text{may}$$

$$\text{Período seco (junio - septiembre)} \quad \bar{X} = \text{jun} + \text{jul} + \text{ago} + \text{sep}$$

$$\text{Período octubre - septiembre; } \bar{X} = \text{periodo lluvioso} + \text{periodo seco}$$

3.5 SENSIBILIDAD

El IPCC (2001) define como el grado por el que está afectado un sistema, en sentido perjudicial o en sentido beneficioso, por razón de estímulos relacionados con el clima. Los estímulos relacionados con el clima abarcan todos los elementos del cambio climático, incluido el promedio de características del clima, la variabilidad

climática y la frecuencia y magnitud de casos extremos. El efecto puede ser directo (por ejemplo un cambio del rendimiento de cosechas en respuesta a un cambio del valor medio de la amplitud o de la variabilidad de la temperatura) o indirecto (p. ej., daños causados por un aumento de la frecuencia de inundaciones en la costa por un incremento en el nivel del mar).

DIVA-GIS es un software que puede emplearse para analizar la distribución de especies con el objeto de dilucidar patrones geográficos y ecológicos, así como extraer datos climáticos (proyecciones de clima presente y futuro). Dentro de este programase encuentra el módulo del ECOCROP, que contiene los requerimientos de los cultivos y que fue desarrollado por la FAO (ver anexo 1). Este puede ser usado para asistir en la identificación de especies para ambientes definidos. Además, se lo utiliza para predecir la adaptación de un cultivo en una áreas geográficas determinada (Hijmans, y otros, 2004).

3.6 CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Es la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad del clima y sus eventos extremos) para moderar daños posibles, aprovecharse de oportunidades o enfrentarse a las consecuencias (IPCC, 2001). Está relacionada con el potencial de adaptarse y reducir la vulnerabilidad del sistema, se constituye en un conjunto de acciones potenciales que contribuyen a minimizar la potencial vulnerabilidad pero no la vulnerabilidad existente (Luers, 2005).

En un contexto específico varía de una comunidad a otra, entre los grupos sociales y los individuos, así como en el tiempo, varía no sólo en términos de su valor, sino también en función de su naturaleza. Los aspectos de la capacidad de adaptación no son independientes: la capacidad de una familia para hacer frente a los riesgos climáticos depende en cierta medida de un entorno favorable de la comunidad y la capacidad de adaptación de la comunidad es reflexivo de los recursos y los procesos de su región (Smith & Wandel, 2006).

Para el análisis de esta variable se tomó en cuenta las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), que consisten en la insatisfacción real de las necesidades básicas

de la población. El indicador de las necesidades básicas insatisfechas requiere de datos a partir de la información censal que utiliza cinco dimensiones (características físicas de la vivienda, disponibilidad de servicios básicos de la vivienda, asistencia de los niños en edad escolar a un establecimiento educativo, dependencia económica del hogar, hacinamiento) para las zonas rurales (SENPLADES - Proyecto SNI, 2014).

Los factores de la vulnerabilidad correspondientes a la exposición y sensibilidad son directamente proporcionales, es decir, a mayor valor de estos coeficientes, mayor será la vulnerabilidad de los cultivos analizados. El índice de capacidad de adaptación se presenta de manera contraria (inversamente proporcional) a menor coeficiente, el índice de vulnerabilidad es mayor.

La metodología presentada estandarizó los factores de vulnerabilidad igual a 100, siendo este el *valor máximo de la vulnerabilidad*, la finalidad es obtener un índice de vulnerabilidad de los cultivos en función de las amenazas que afectan a las plantas. Una vez obtenidos los coeficientes de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, se procedió al cálculo del Índice de Vulnerabilidad de los cultivos, y luego se procedió a categorizarlo con base en los siguientes criterios:

Tabla 2.

Escala de Vulnerabilidad

CATEGORIZACIÓN DE VULNERABILIDAD	ÍNDICE
0-33	Baja
34-66	Media
67-100	Alta

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN – ACTUAL

El análisis de la exposición se realizó con los resultados mensuales de precipitación y temperatura desde el año 1990 hasta 2014, obtenidos de la estación

meteorológica del INHAMI - M1094Tomalón (Parroquia de Tabacundo), que fue la más cercana a la zona de estudio con información histórica disponible, como lo sugiere la OMM para este tipo de estudios. Los datos de manera general indicaron que la temperatura promedio fue de 14 °C y de la precipitación fue de 632.9 mm/ año, características propias de una zona templada, por otro lado, el suministro de agua para abastecer a los cultivos, estuvo por debajo de los requerimientos hídricos de la mayoría de cultivos, pero si se encontraron aptos para los cultivos de arveja, lenteja, fréjol entre otros cuyas necesidades están entre 300 a 600 mm/año. Para el caso de la papa es recomendable tecnificar el riego, con el fin de obtener una mejor producción.

4.1.1. Precipitación

Los datos de precipitación del período 1990-2014, presentados en la Tabla 3, indicaron que esta varió entre 358 mm que correspondió al año más seco (1990), seguido por el año 2001 con 440 mm., en tanto que los mayores valores de precipitación fueron para el año 2008 con 846 mm, seguido por el 2011 con 817 mm., mientras que el coeficiente de variación presentó valores que fluctuaron entre 32 y 106 % lo que indica una amplia variabilidad interanual.

La precipitación promedio mensual indicó que el año 2008 con 70.5 mm., fue el más lluvioso seguido del 2011 con 68 mm. Con menor precipitación fueron 1990 y 2001 con 35 y 36 mm respectivamente.

Con relación al análisis de la precipitación de los últimos años se encontraron meses que llueven desde 0.2 mm (agosto: 1993) hasta 198 mm (abril: 1994). Los resultados de la precipitación mensual ocurrida desde 1990 hasta 2014, se identificaron valores totales que fluctúan de 289 a 2200 mm., además se encontró al período seco que corresponde al mes de agosto (289 mm) seguido por julio (356 mm) y el mes más lluvioso fue abril (2200 mm) seguido por marzo (1883 mm).

Los valores promedio del período indica que es una zona de baja precipitación que fluctúa entre los 12 mm (agosto) seguido por julio (15 mm) y los más lluviosos con 88 mm (abril) seguido de 75 mm (marzo).

Si se divide el promedio mensual para 30 días, se obtiene que el mes más seco (agosto: 12/30) se obtuvo 0.4 mm/día y para el mes más lluvioso (abril: 88/30) con 2.9 mm/día, con esta lámina se puede abastecer el requerimiento de los cultivos de frejol, maíz y trigo, caso contrario en el mes más seco igual no cubre las necesidades de agua para el desarrollo de las plantas.

Los coeficientes de variación (CV) son altos para julio (109 %) y agosto (93 %) mientras que los meses de marzo (44 %) y octubre con el 47 %, con los más bajos, lo que indicó que existió variabilidad entre los meses analizados.

Tabla 3.

Datos mensuales de precipitación período 1990-2014. Estación Tomalón

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
1990			36.4	58.2	32.1	19.4	9.4	4.4	10.9	134.7	25.9	27.4	358.8	35.9	38.06	106.1
1991	99.4	15.5	111.3	56.6	88.3	14.3	18	10.4	46	38.3	82.7	69.4	650.2	54.2	35.87	66.2
1992	27.7	69.7	46.5	86.5	51.7	14.6	5.7	6.7	39.4	44.3	41.5	24.9	459.2	38.3	24.34	63.6
1993	35.3	96.2	108.6	81.5	59.8	6.9	8.7	0.2	29.8	14.2	93.5	53.85	588.55	49.0	38.73	79.0
1994	98.6	53.4	112.4	198.2	43.8	2.4	9.5	9.8	17.7	55.6	129	55.1	785.5	65.5	58.98	90.1
1995	18.8	27.3	85.4	62.2	49.4	24.5	30	41.8	11.7	76.7	153.1	57.3	638.2	53.2	39.02	73.4
1996	90.2	74	101	85.5	123.5	71.7	4.3	19.4	19.3	89.7	22	58.3	758.9	63.2	38.40	60.7
1997	116.5	31.6	106.4	70.4	35.1	27.8	26.3	0.3	52.3	36.7	88.3	46.6	638.3	53.2	35.22	66.2
1998	20.9	68.1	79.6	73	85.1	14.7	26.8	4.9	22.1	55.7	61.8	35.4	548.1	45.7	27.91	61.1
1999	76.4	116.9	68.1	84	56.5	34.3	8.9	9.6	79.6	55.3	32.8	102.1	724.5	60.4	34.23	56.7
2000	78.5	99	72	93.7	167.1	61.5	6.2	4.2	99.4	35.5	32.4	34.8	784.3	65.4	46.54	71.2
2001	50.1	37.8	59	43.4	33.6	13	25.1	30.55	36	28.8	45.3	37.4	440.05	36.7	12.08	32.9
2002	23.9	33.1	26.7	109.2	32.9	41.3	1.4	6.3	9.9	114.3	80.7	98.4	578.1	48.2	41.17	85.5
2003	38.8	54.3	32.5	75.7	14.4	35.3	24.6	22.55	20.5	83.7	63.4	38.7	504.45	42.0	22.45	53.4
2004	38.6	20.5	16.3	84.3	63.6	1.5	4.5	0.6	50.3	48	54.4	106.5	489.1	40.8	33.78	82.9
2005	38.3	63.2	68.2	54.8	30.2	21.8	7.6	6.6	40.3	45.1	33.6	169.1	578.8	48.2	42.71	88.6
2006	41.2	83.4	108.6	88.2	38.5	62.3	3.5	4.9	4.6	72.7	134.2	101.5	743.6	62.0	43.87	70.8
2007	18.8	18.5	84.8	140.1	41.6	31.8	5	12.3	8.6	102.7	81.5	72	617.7	51.5	43.78	85.1
2008	73.8	82	145.9	108.4	91.7	37.8	9.5	22.8	39.4	123	57.8	53.9	846	70.5	41.49	58.9
2009	75.2	43.5	105	37.7	26.5	48.5	1.7	1.3	14.6	42.6	31.4	67.4	495.4	41.3	30.39	73.6
2010	22.6	39.1	23.3	108.5	60.2	48.6	63.1	10.2	47.6	57.7	115.5	105.1	701.5	58.5	34.90	59.7
2011	56	109	88.4	170.8	39.7	26.2	58.8	31.4	14.9	77.1	59	86	817.3	68.1	42.73	62.7
2012	86	69.3	52.7	112.7	6.7	7.7	3.2	5.6	9.5	59.8	113.9	19.4	546.5	45.5	42.59	93.5
2013	31.7	99.6	69.2	75	124.5	2.5	3.8	22.9	4.8	82.3	23.5	42.4	582.2	48.5	40.77	84.0
2014	72.9	39.6	75.1	41.1	98.6	69.85							397.15	66.2	22.47	33.9
Total	1330.2	1445	1883	2200	1495.1	740.3	365.6	289.7	729.2	1575	1657	1563	610,896			
Promedio	55.4	60.2	75.3	88.0	59.8	29.6	15.2	12.1	30.4	65.6	69.1	65.1				
Desviación Estándar	29.81	30.27	33.18	38.15	38.20	21.29	16.68	11.22	23.97	30.86	38.36	34.98				
Coficiente de Variación	53.79	50.29	44.04	43.36	63.88	71.91	109.5	92.98	78.89	47.04	55.56	53.72				

Negrillas: valores altos
Subrayado: valores bajos

Fuente: INAMHI, 2014

En el análisis de la precipitación total anual dentro del período 1990-2014 representado en el gráfico 4, se observó que los años más secos fueron el 1990, 1992, 2001, 2004, 2009, 2012. Esta variación se repite casi cada 5 años, sin embargo, se apreció que la precipitación de los años más bajos, sufre un ligero aumento (106 mm) entre el 2001 (440 mm) y el 2012 (546 mm).

La variabilidad de la precipitación total anual dentro del periodo 1990-2014, se encuentra dentro del rango de 440 mm (2001) a 846 (2008), como el año más seco

y el año más lluvioso respectivamente. En la figura 5, se observó que los años más secos se presentaron en 1992 (459 mm), 2001 (440 mm), 2004 (489) y 2009 (495). Esta variación se presenta casi cada cinco años; sin embargo, se aprecia que la precipitación de los años más bajos⁵ sufren un ligero aumento (104.5 mm) en el 2001 (440.5) y al 2012 (546.5 mm).

En el misma figura se verifica que los años más lluviosos fueron 1994 (785.5), 1996 (758), 1999 (724.5), 2000 (784), 2006 (743.6), 2008 (846), 2010 (701.5) y 2011 (817). Esta secuencia no presentó algún patrón, sin embargo, se trata de dos sub-períodos de altas lluvias dentro de cada década, separado de un período seco de cinco años, que se dieron entre el 2001 y 2005 (se obtuvo un promedio de 518 mm/año).

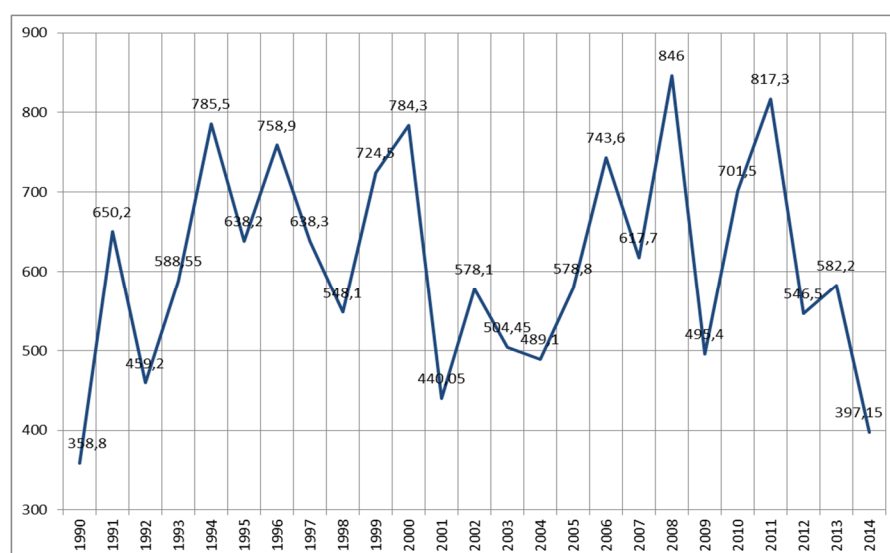


Figura 5. Distribución de la Precipitación. Estación Tomalón.

Fuente: (INAMHI, 2014)

El promedio para el período 1994-2000 fue de 763 mm., y para el período 2006-2011 fue de 777 mm., datos que se registraron para los años más lluviosos. Por lo tanto, los períodos más lluviosos tuvieron un promedio de 770 mm/año y los períodos más secos con 518 mm.

Estos promedios son característicos de las zonas templadas con un piso altitudinal montano bajo y sub-húmedo, óptimo para cultivo de maíz ya que requiere entre 500 – 700 mm para su ciclo vegetativo, para el fréjol y trigo con 550 mm, con estos valores se puede cubrir las necesidades, sin embargo para la papa se necesita:

⁵ Valores bajos considerados para el desarrollo de los cultivos.

700-1200 mm y no cubre las necesidades hídricas, por lo que habría que proceder con el riego (Basantes, 2014).

4.1.2. Temperatura

Los datos de temperatura promedio anual en el período 1990-2014, según la base datos del INMAHI (2014), indicaron que esta varió entre 14.18 °C que correspondió al año con menor temperatura (2000), seguido por el año 1999 con 14.16 °C, en tanto que los mayores valores de temperatura fueron para el año 1998 con 15.44 °C con una diferencia de 1.26 °C, seguido por el 1997 con 15.33 °C. Los coeficientes de variación de la temperatura promedio mensual se presentaron entre el 1.69 a 5.71 % lo que indica una baja variabilidad interanual (Tabla 4).

En la misma tabla, los valores promedio en el período analizado indicó que agosto es el mes más caluroso con 15.35 °C, seguido de septiembre con 15.27 °C, mientras que febrero y diciembre con 14.60 y 14.61 °C, son los meses con menor temperatura. En términos generales los meses más calurosos van desde junio a septiembre y los meses más frescos se presentaron de octubre a mayo. Los CV son los más altos para enero (6.16 %) y febrero (5.11 %), mientras que los CV más bajos se encontraron en los meses abril (3.41 %) y noviembre con el 3.27 %, lo que representa una baja variabilidad entre los meses.

Durante la época de lluvia, en la estación de Tomalón se reportó una tendencia negativa en la temperatura registrada en las noches con 9.1 °C (temperatura media mínima) y positiva al medio día con 21.6 °C (temperatura media máxima).

Tabla 4.

Datos mensuales acumulados de la temperatura media periodo 1990-2014. Estación Tomalón.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente Variación
1990			15.4	14.8	14.7	15.1	15.1	15.5	16.1	14.4	15.4	15	151.50	15.15	0.48	3.16
1991	15.1	15.6	15.3	14.9	15.4	15.3	15.1	15	15.3	15.2	14.6	15.2	182.00	15.17	0.26	1.69
1992	15.6	15.3	15.8	15.5	14.7	16.3	15	15.2	14.7	15	14.9	15.2	183.20	15.27	0.47	3.09
1993	14.3	14.1	14	14.5	14.6	16.3	15.3	15.5	15	15.8	14.8	14.6	178.80	14.90	0.70	4.73
1994	14.4	14.3	14.1	14.6	15.1	15.4	15.3	15.3	15.6	15	14.1	15	178.20	14.85	0.53	3.56
1995	15.4	15.2	15	15.5	14.9	15.5	15	15.3	15.8	15.1	14.2	14	180.90	15.08	0.52	3.48
1996	13.7	13.9	14.1	14.3	14.2	14.5	14.7	15.2	15.9	14.2	14.7	14.8	174.20	14.52	0.60	4.15
1997	13.9	14.7	15.3	14.8	15.5	14.8	15.8	16.4	16	15.9	14.8	16	183.90	15.33	0.73	4.78
1998	16.9	16.2	15.8	15.5	15.8	15.2	14.7	15.2	15.3	15.2	14.7	14.8	185.30	15.44	0.65	4.22
1999	14.2	13.5	14.1	14.4	14.1	13.7	14.9	14.9	13.7	14.3	14.5	13.6	169.90	14.16	0.47	3.35
2000	13.5	13.5	13.5	14	13.7	14.1	14.4	14.9	13.8	15.6	14.6	14.5	170.10	14.18	0.65	4.59
2001	13.8	14.8	14.3	14.9	14.9	15.1	15.1	16.1	14.6	16.3	14.9	15.3	180.10	15.01	0.69	4.57
2002	15.6	15	15	14.4	15.7	15	15.6	15.6	15.7	15.3	14.6	14.8	182.30	15.19	0.45	2.99
2003	15.1	15.4	14.4	14.9	14.8	14.3	15.1	15.7	15	14.5	14.6	14.5	178.30	14.86	0.43	2.86
2004	14.6	14.3	15.8	14.8	14.9	15.2	14.4	16	14.9	14.9	15.2	14.6	179.60	14.97	0.52	3.46
2005	14.7	15	14.4	14.9	15	15.1	15.5	16	15.7	14.8	15.1	13.8	180.00	15.00	0.58	3.87
2006	14.1	14.5	14.4	14.3	15.2	15	16.1	16.1	15.4	15	13.7	14.3	178.10	14.84	0.76	5.14
2007	15.6	14.9	14.6	13.9	14.9	14.8	15.5	15.1	15.6	14.5	14.2	13.3	176.90	14.74	0.70	4.75
2008	14.2	13.6	13.6	14	14.1	14.5	14.3	14.3	14.9	14	14.3	14.3	170.10	14.18	0.36	2.54
2009	13.7	13.6	14.4	14.6	14.4	14.8	15.1	15.2	16.2	15.8	15.9	15	178.70	14.89	0.82	5.50
2010	15.5	15.7	15.6	15	16.2	14.7	14.3	14.5	14.6	14.8	14.1	13.7	178.70	14.89	0.73	4.93
2011	13.9	14.3	13.9	13.8	15.2	14.6	14.3	14.8	15	14.4	14.8	14	173.00	14.42	0.47	3.24
2012	13.3	13.9	15.2	14.2	14.6	15.5	16.1	15.6	16.1	15.2	14.9	15.2	179.80	14.98	0.86	5.71
2013	15.9	14.3	15.3	15.3	14.1	15.6	14.8	14.9	15.6	14.5	15.3	15.1	180.70	15.06	0.55	3.68
2014	14.8	14.9	14.8													
Total	351.80	350.50	368.10	351.80	356.70	360.40	361.50	368.30	366.50	359.70	352.90	350.60				
Promedio	14.66	14.60	14.72	14.66	14.86	15.02	15.06	15.35	15.27	14.99	14.70	14.61				
Desviación Estándar	0.90	0.75	0.70	0.50	0.60	0.61	0.53	0.53	0.68	0.59	0.48	0.64				
Coficiente Variación	6.16	5.11	4.77	3.41	4.05	4.04	3.52	3.43	4.43	3.95	3.27	4.39				

Fuente: INAMHI, 2014

4.2 ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN – FUTURO

Con los datos analizados de los modelos de circulación global que sirven para determinar el comportamiento futuro de la temperatura y precipitación, y que son presentados en el Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC (2007). Se utilizaron los resultados del escenario A2, conocido como “Business as usual”, ya que las actividades observadas durante las últimas décadas continuará, puesto que no se visualiza una disminución del uso de fuentes fósiles, deforestación, cambio uso del suelo, entre otras, sin mayores esfuerzos para reducir las emisiones.

4.2.1 Precipitación

En la Figura 6 se observan tres rangos, el primero de color verde (alto) comprende de 89–85 %, segundo (color amarillo) de 84-73 y el tercero (color verde) de 72-69(valores expresados en porcentaje), lo que significa que para el área de estudio estará expuesta a la variación de la precipitación en los años 2020-2049.

En la figura 7, se presentó en el período entre el 2040-2069, valores entre el 169 y 176 % en el rango alto (color verde), mientras que para el rango medio comprendió entre 157 y 168 y para el rango bajo (rojo) existe la presencia de 157 – 149 %. Además, al momento de comparar los datos entre los dos periodos de tiempo, se mostró que el área que se encuentra expuesta a un mayor porcentaje (color verde) se incrementa en el segundo período en la zona de estudio.

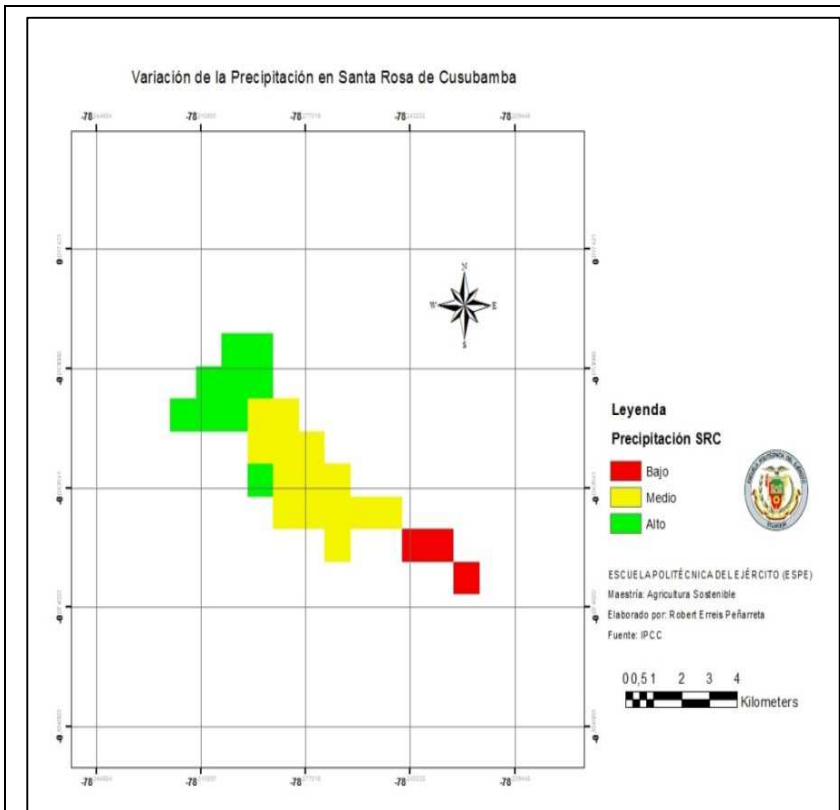


Figura 6. Variación de la precipitación en el período 2020-2049

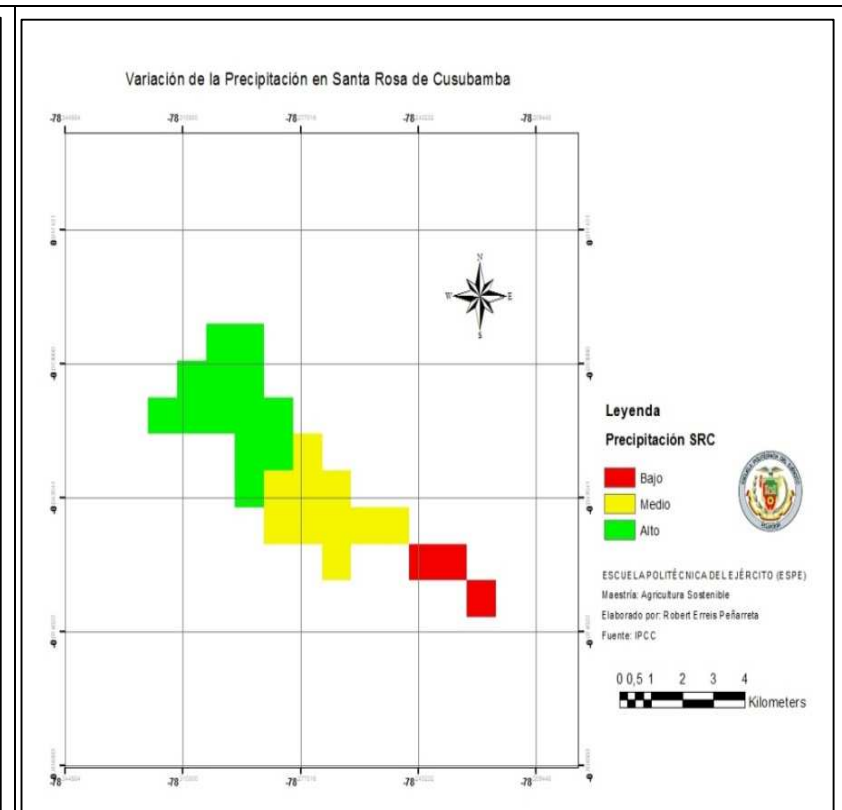


Figura 7. Variación de la precipitación en el período 2040-2069

4.2.2 Temperatura

Para el análisis de este parámetro se presentan tres rangos, el alto (color verde) 10.89-10.52, rango medio (color amarillo) 10.51-10.20 y el rango bajo (color rojo) 10.19-9.89 para de esa manera representar el incremento promedio de la temperatura. Para el 2020 – 2049, existen cambios a futuro en la parroquia de Santa Rosa de Cusubamba, con incrementos en el rango alto (color verde) de 0.4 °C y para el rango bajo (color rojo) de 0.3 °C (figura 8).

En la figura 9, se presentan tres rangos, el alto (color verde) 18.94-18.68, rango medio (color amarillo) 18.67-18.36 y el rango bajo (color rojo) 18.35-18 para de esa manera representar el incremento promedio de la temperatura en 0.3 °C para el rango alto y para el rango bajo 0.4 °C. Por lo que se determinó una ligera variación en la temperatura entre los períodos establecidos para la Parroquia de Santa Rosa de Cusubamba.

Además, se puede observar que las condiciones medias en la zona de estudio se incrementan en el territorio para el segundo período, por otro lado, para el rango alto se incrementan para el 2040-2069, mientras que para las condiciones bajas se reduce.

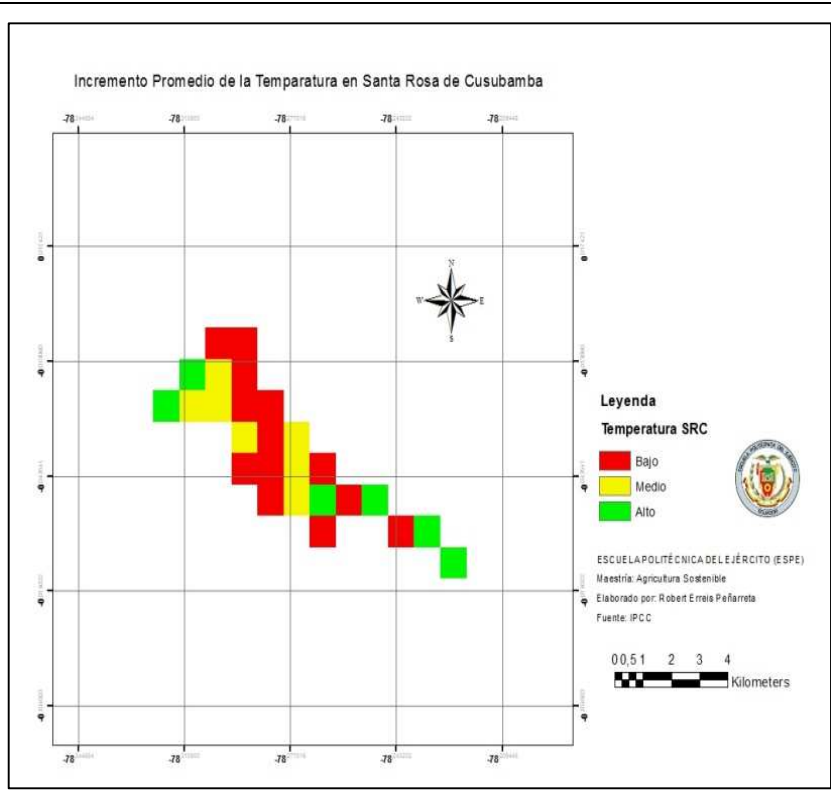


Figura 8. Aumento promedio de la temperatura en el período 2020-2049.

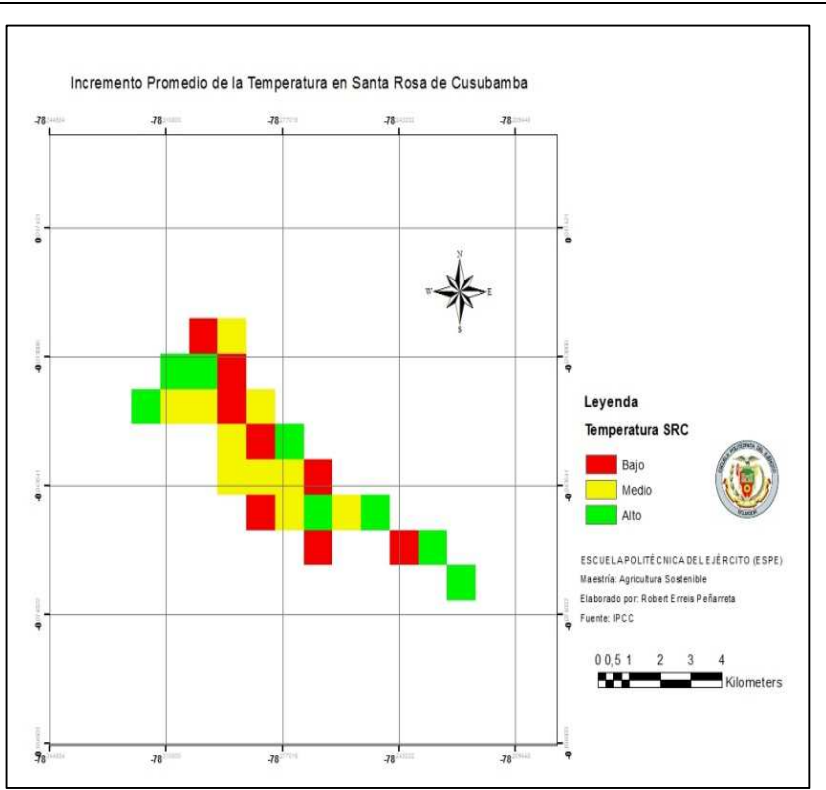


Figura 9. Aumento promedio de la temperatura en el período 2040-2069.

4.3 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Para la sensibilidad se utilizó la base datos del ECOCROP y mediante el DIVA-GIS la cual es una herramienta que permite modelar la aptitud climática de los cultivos mediante las proyecciones de temperatura y precipitación.

4.3.1. Maíz (*Zea mays*)

En las proyecciones para el cultivo se puede identificar en la figura 10, como la aptitud mejora en 4 puntos porcentuales para el periodo de 2050 en relación al 2030, por lo que se mejoran las condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo en la zona de estudio. Mientras que para el rango medio se mantendrán las mismas condiciones.

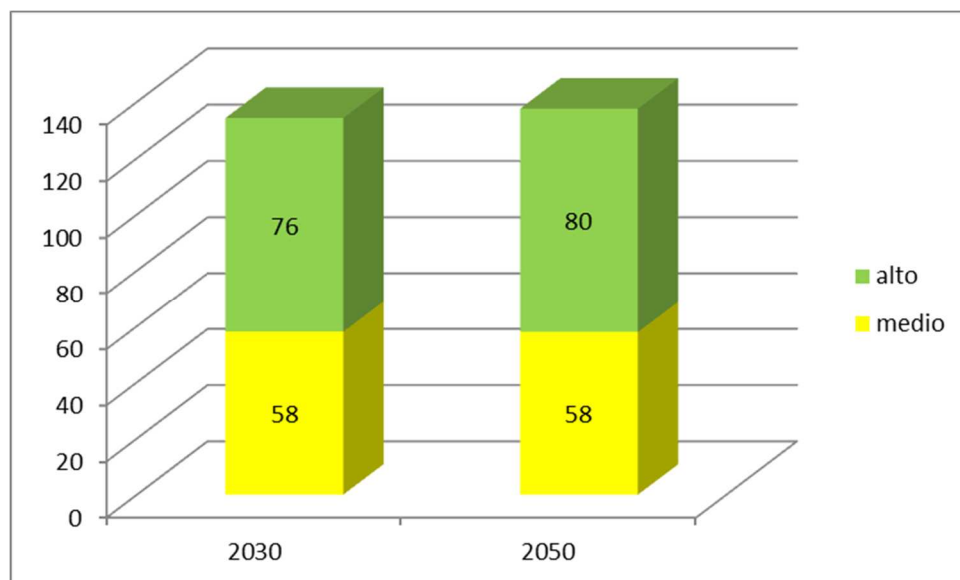


Figura 10. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de maíz.

Los resultados de la aptitud climática presentados en la figura 11, indican que en el área de estudio se presentan condiciones favorables para el cultivo de maíz, para la proyección del 2030 con el 27 % del territorio. Mientras que el 20 % está dentro de las condiciones medias para el cultivo (color amarillo).

En la figura 12, presenta la proyección de la aptitud climática para el año 2050, la misma que es alentadora para el cultivo, ya que los factores de precipitación y temperatura son más favorables, por ejemplo habrá mayor cantidad de lluvias, lo que significa que las necesidades hídricas serán cubiertas y se podrían adaptar nuevos cultivos. Las necesidades actuales de los cultivos son de 500 a 700 mm, por lo que la producción de maíz en la zona no se vería afectada.

La parte blanca (sin aptitud climática) en la figura, indica que no existen datos debido a la falta de información climática en la zona, lo cual podría ser cubierto con la incorporación de estaciones meteorológicas para determinar de mejor manera los impactos del clima sobre los cultivos.

En la misma figura, se pudo observar que las condiciones altas para el cultivo se desplazaron (en relación a las condiciones al año 2030) hacia la parte central de la parroquia en un 47 %, mientras que las condiciones medias para el cultivo indican un 26 %.

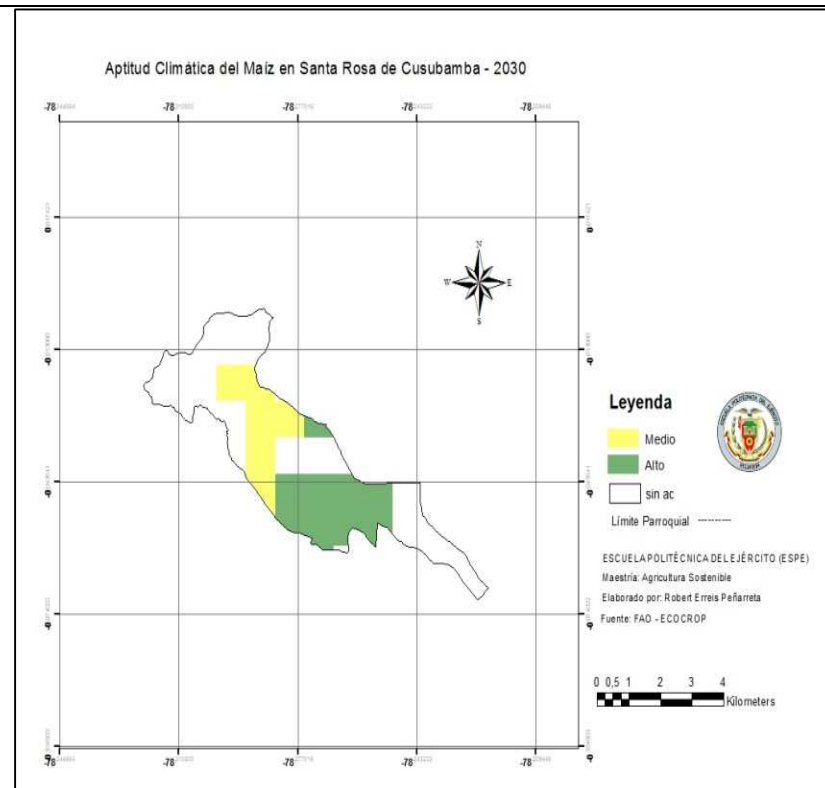


Figura 11. Aptitud climática del cultivo de maíz - 2030. Santa Rosa de Cusubamba

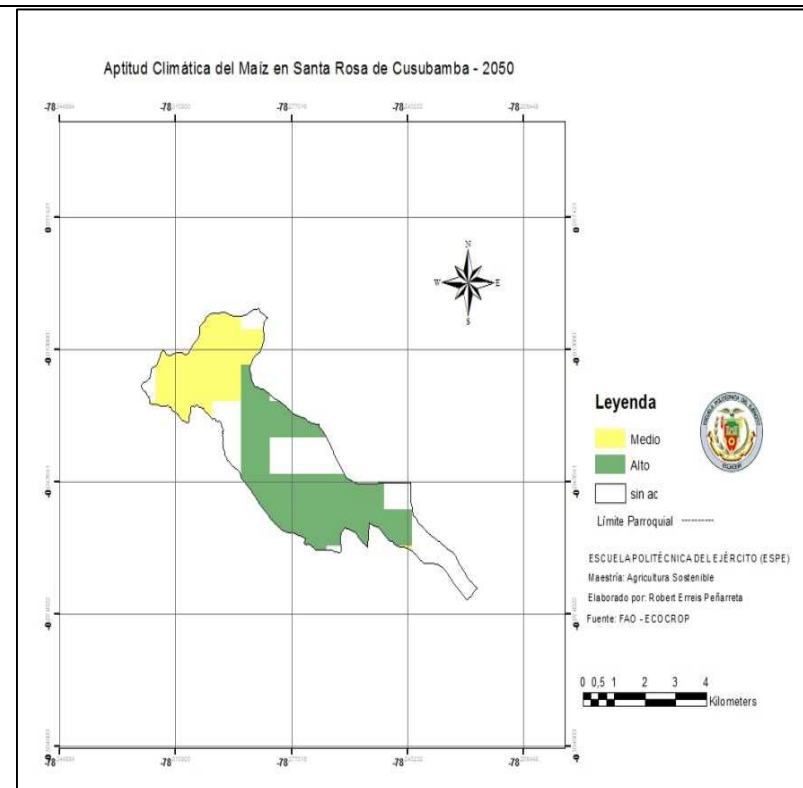


Figura 12. Aptitud climática del cultivo de maíz - 2050. Santa Rosa de Cusubamba

4.3.2. Papa (*Solanum tuberosum*)

En las proyecciones para el cultivo se puede identificar en la figura 13, como la aptitud se reduce en 13 puntos porcentuales para el período de 2050 en relación al 2030, en este sentido las condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo son menos favorables.

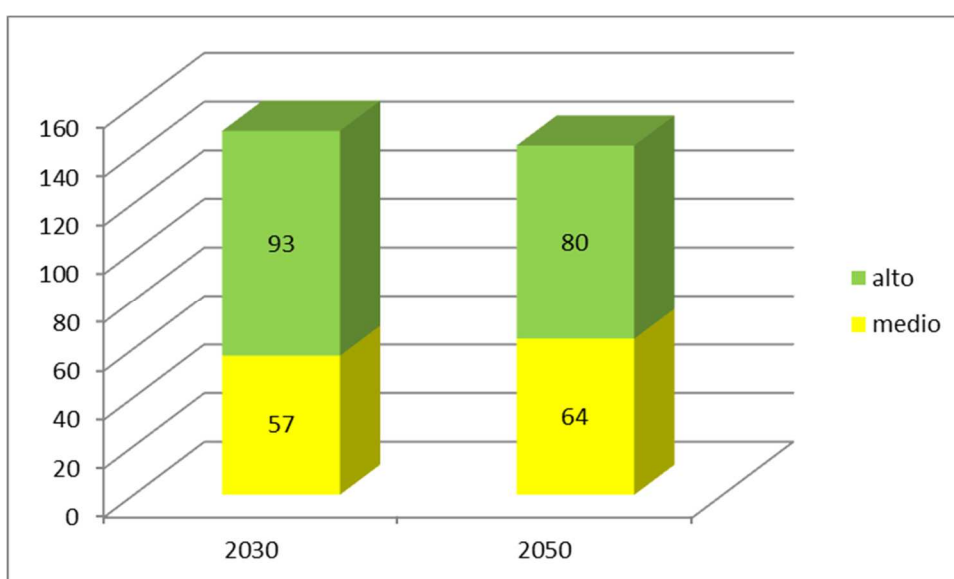


Figura 13. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de papa.

En la figura 14, se puede observar la aptitud climática para el año 2030 y de acuerdo a los resultados para el 73 % del territorio, se presentarán condiciones altas para el cultivo.

La aptitud climática para el cultivo de papa proyectó al 2050, por lo que se mantendrán las mismas condiciones en un 73 % del territorio (figura 15), con relación al año 2030. Lo que se traduce en un mejoramiento de los parámetros abióticos para el desarrollo del cultivo, considerando que las necesidades hídricas se encuentran entre los 700 y 1200 mm.

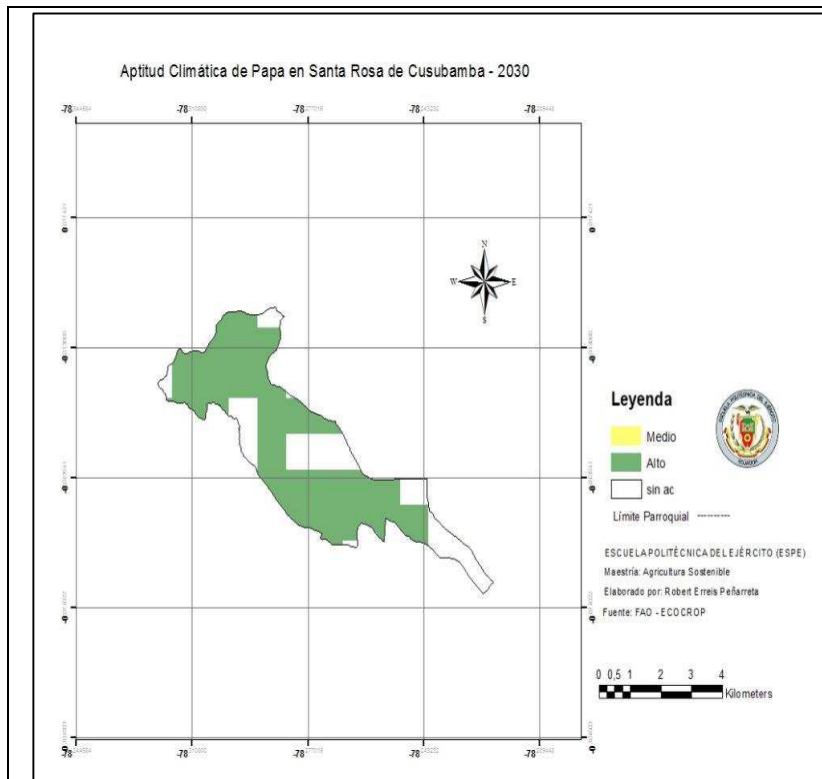


Figura 14. Aptitud climática del cultivo de papa - 2030. Santa Rosa de Cusubamba

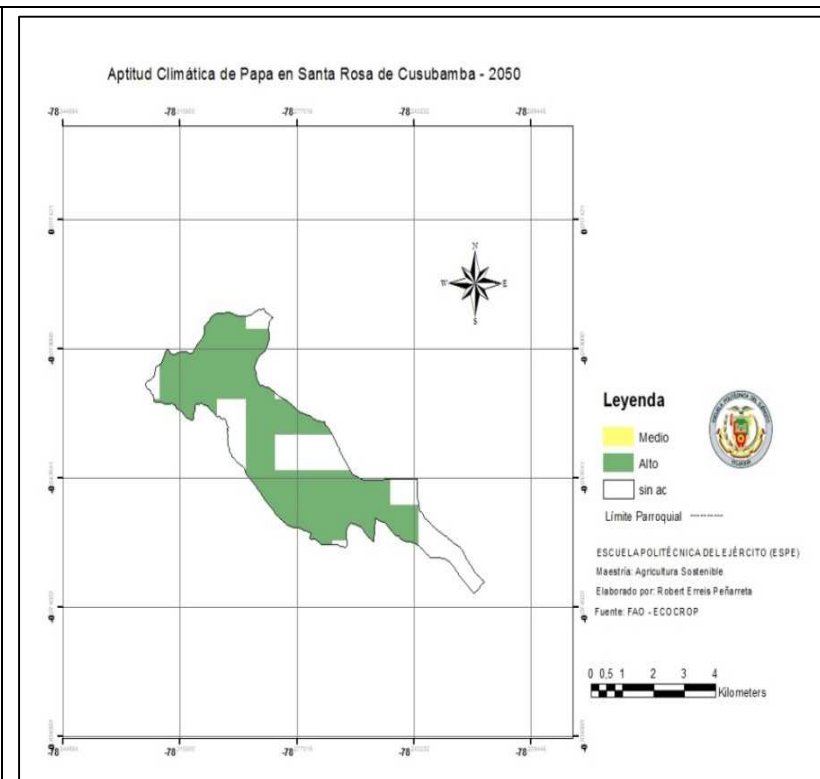


Figura 15. Aptitud climática del cultivo de papa - 2050. Santa Rosa de Cusubamba

4.3.3. Trigo (*Triticum vulgare*)

En las proyecciones para el cultivo se puede identificar en la figura 16, como la aptitud se incrementa en 2 puntos porcentuales para el periodo de 2050 en relación al 2030, en este sentido las condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo se ven beneficiadas en la zona de estudio.

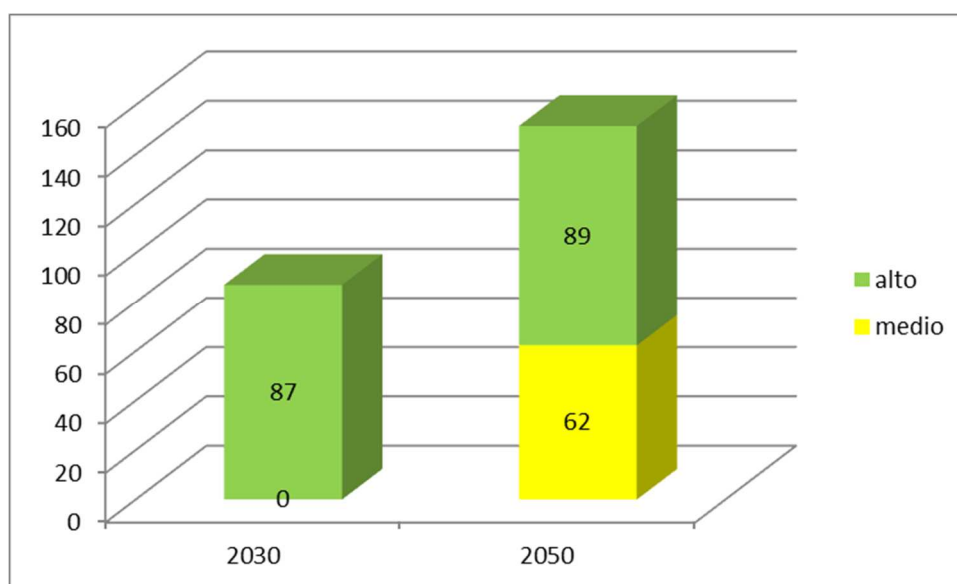


Figura 16. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de trigo.

En la aptitud climática que se presenta en la figura 17, se observa que el cultivo de trigo para el año 2030, presentó condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de la planta en el 57 % del territorio.

Para el año 2050 se proyectó un incremento en el área óptima para el cultivo de trigo (con relación al año 2030) representando el 62 %, además, se presentaron condiciones medias en un 11 % para la parroquia (figura 18).

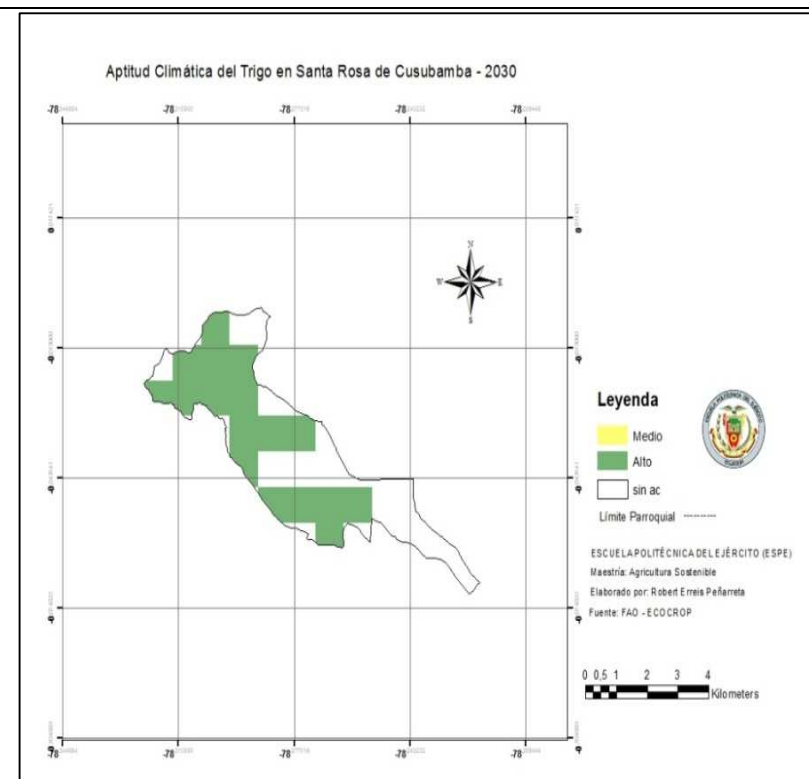


Figura 17. Aptitud climática del cultivo de trigo - 2030. Santa Rosa de Cusubamba

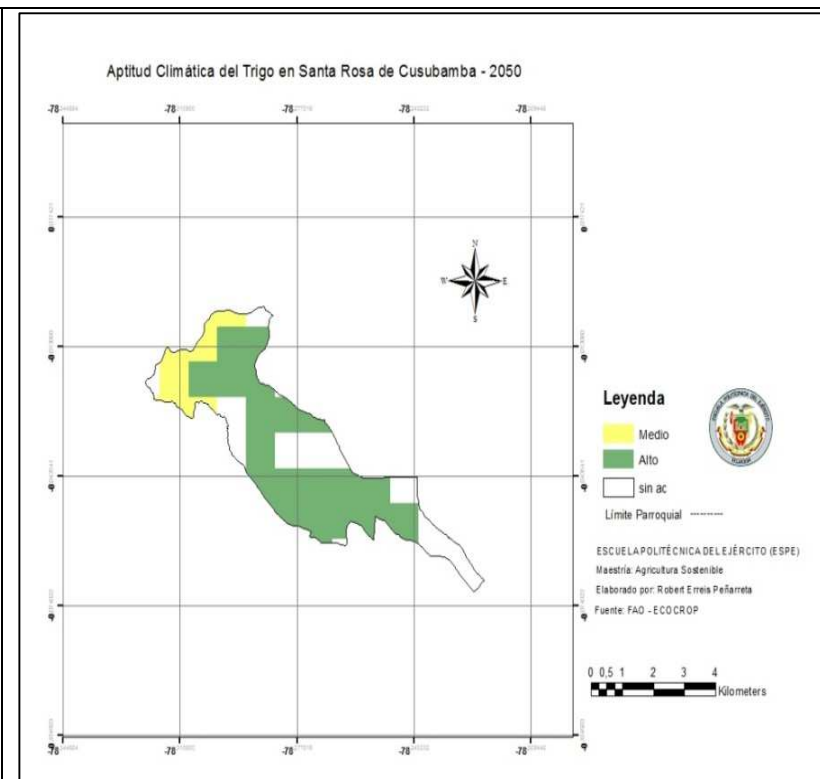


Figura 18. Aptitud climática del cultivo de trigo - 2050. Santa Rosa de Cusubamba.

4.3.4. Fréjol (*Phaseolus vulgaris*)

En las proyecciones para el cultivo se puede identificar en la figura 19, como la aptitud se incrementa en 2 puntos porcentuales para el periodo de 2050 en relación al 2030, en este sentido las condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo se ven beneficiadas en la zona de estudio, de la misma manera para el rango medio se incrementan los porcentajes.

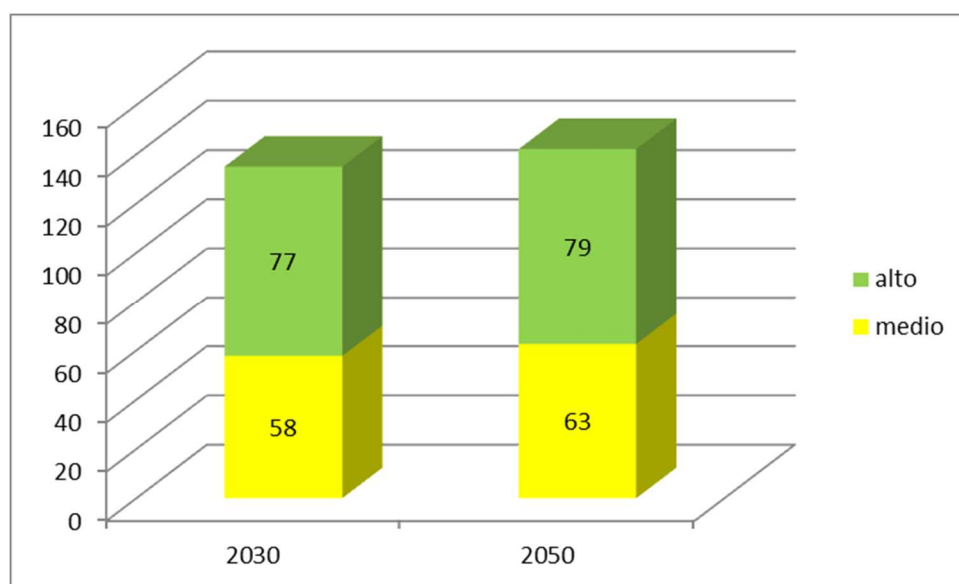


Figura 19. Datos sobre la aptitud climática en el cultivo de fréjol.

Para el 2030 (figura 16), se presentará el 34 % del territorio en condiciones altas y en un 39 % en condiciones medias para el cultivo.

En la figura 17, se indicó que el 51 % del territorio contó con las condiciones climáticas altas para la planta y el 22 % del territorio en condiciones medias.

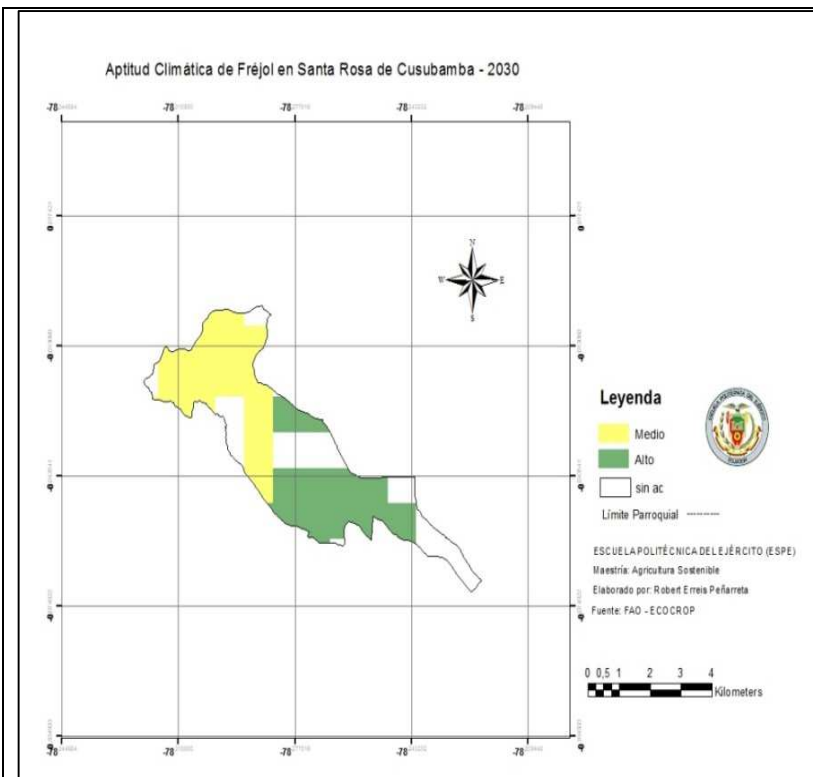


Figura 20. Aptitud climática del cultivo de fréjol - 2030. Santa Rosa de Cusubamba

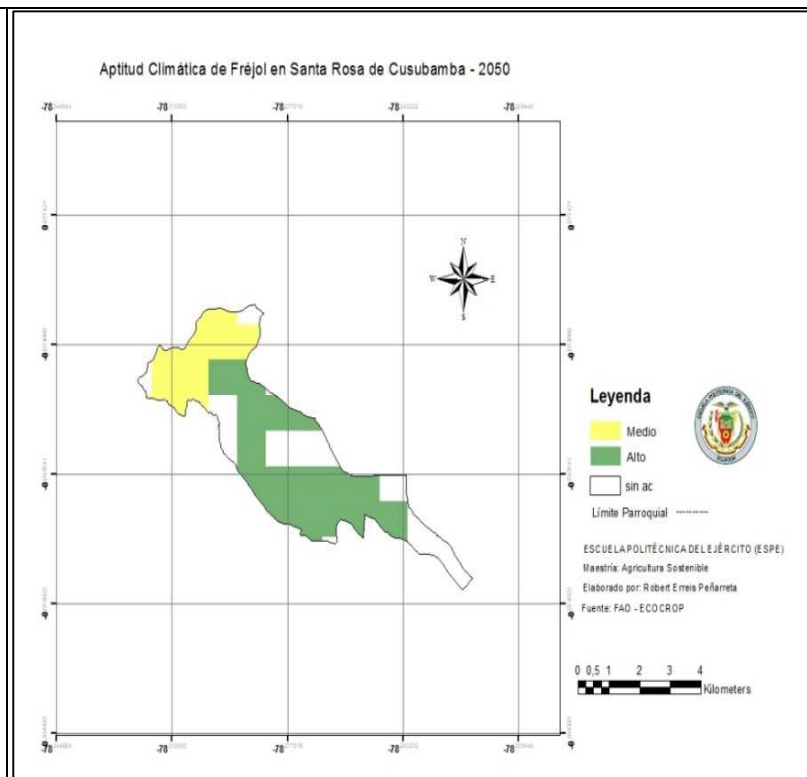


Figura 21. Aptitud climática del cultivo de fréjol - 2050. Santa Rosa de Cusubamba.

Como se puede observar en la Figura 22, los cultivos analizados se determina que para el 2030, la papa y el trigo son las especies que contarán con un rango alto de aptitud climática, mientras que en el rango medio se presentarán en todos los cultivos a excepción del trigo.

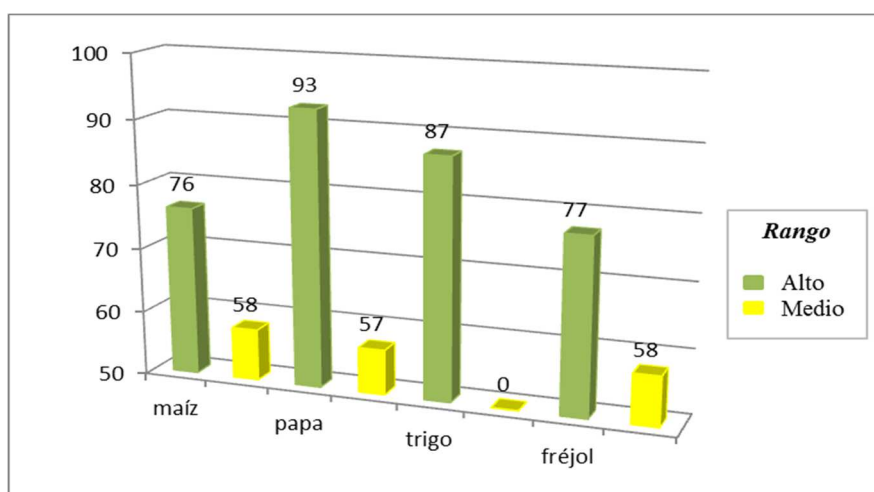


Figura 22. Datos sobre la aptitud climática de los cultivos 2040.

Para el 2050, los cultivos que se encontrarán en el rango alto de aptitud climática son la papa y el trigo, aunque, con una ligera reducción de la aptitud con relación al año 2030 (ver figura 23).

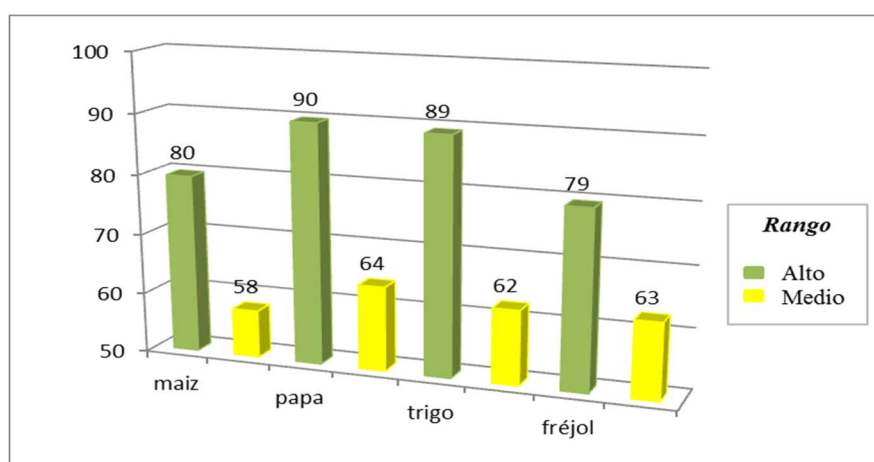


Figura 23. Datos sobre la aptitud climática de los cultivos 2050.

4.4 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

La información del porcentaje de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) por hogares y la Población ocupada en agricultura, silvicultura, caza y pesca en la parte rural de la Provincia de Pichincha es de 29.98 % y 17.60 % respectivamente. De la misma forma se tiene los datos a nivel del Cantón Cayambe con el 63.20 % y 54.75 %.

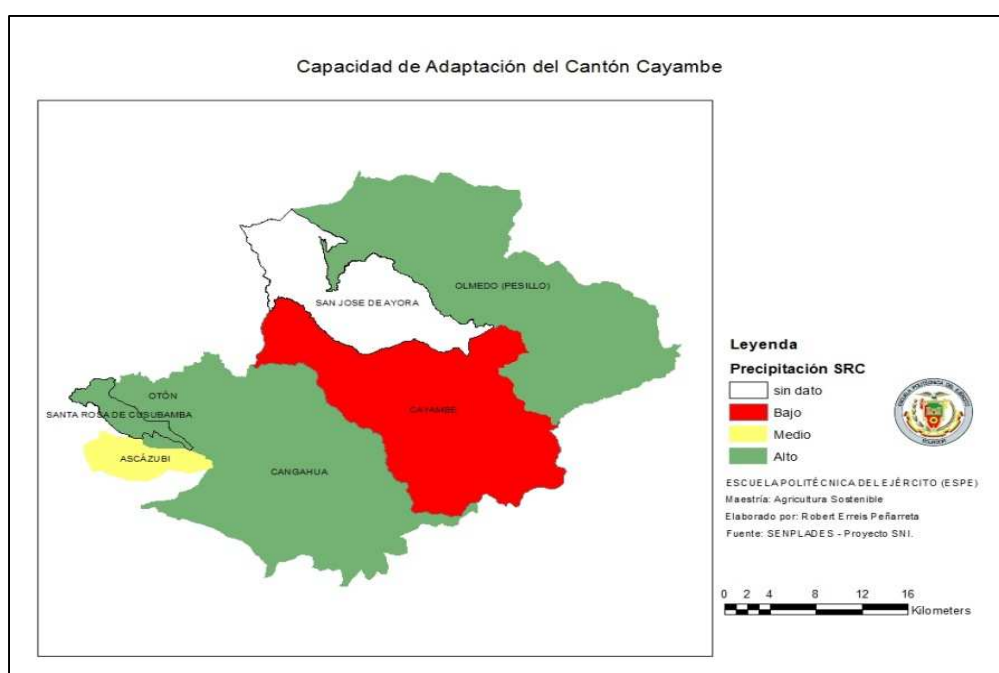


Figura 24. Capacidad de Adaptación en la Parroquia de Santa Rosa de Cusubamba.

Fuente: (SNI, 2012)

Mientras que para la parroquia rural de Santa Rosa de Cusubamba el 80,55 % de los hogares se encuentran en esta situación de pobreza por necesidades básicas insatisfechas, lo que representa a un rango alto (figura 24), mientras que en la cabecera cantonal de Cayambe se encontró en el rango bajo, ya que la mayoría de su población no cuenta con los servicios básicos y por ende no cubre sus necesidades básicas.

4.5 ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IV)

Mediante el cálculo de las variables de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación de la fórmula desarrollada en el capítulo anterior, se obtiene el Índice de Vulnerabilidad para cada uno de los cultivos, su resultado indica que los cultivos estarán más afectados por la temperatura al 2050.

El IV se encuentra bajo una escala de alto (color rojo) 100-67; medio (color amarillo) 66-34 y bajo (color verde) 0-33 según la revisión bibliográfica (Pantoja, 2012 y Bouroncle et al., 2014). En la Tabla 5, se presentó el Índice de Vulnerabilidad de los cultivos de maíz, papa, trigo y fréjol con las proyecciones al 2030 y 2050 de la temperatura, donde se determinó que los cultivos tuvieron una vulnerabilidad alta entre 89 % y 91 % en el segundo período de análisis en relación con la amenaza climática, mientras que todos los cultivos obtuvieron una vulnerabilidad media para el 2050.

Tabla 5.

Índice de Vulnerabilidad de los cultivos, considerando la temperatura.

CULTIVO	EXPOSICIÓN	SENSIBILIDAD	CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	IV %	AÑO
MAIZ	50	67	80	37	2030
	100	69	80	89	2050
PAPA	50	75	80	45	2030
	100	77	80	97	2050
TRIGO	50	87	80	57	2030
	100	76	80	96	2050
FREJOL	50	68	80	38	2030
	100	71	80	91	2050

En relación a la precipitación la vulnerabilidad de los cultivos presentó una dinámica diferente, ya que los cultivos obtuvieron un rango medio en el segundo período de referencia y los cultivos son menos vulnerables para el primer período. En vista que las proyecciones indican un incremento de lluvia, los cultivos se verán

beneficiados bajo estas características ya que se verían cubiertas sus necesidades de agua durante el ciclo vegetativo.

Tabla 6.

Índice de Vulnerabilidad de los cultivos, considerando la precipitación.

CULTIVO	EXPOSICIÓN	SENSIBILIDAD	CAPADICAD DE ADAPTACIÓN	IV %	AÑO
MAIZ	23	67	80	10	2030
	66	69	80	55	2050
PAPA	23	75	80	18	2030
	66	77	80	63	2050
TRIGO	23	87	80	30	2030
	66	76	80	62	2050
FREJOL	23	68	80	11	2030
	66	71	80	57	2050

Además, se realizó el cálculo de la correlación entre la producción de los cultivos con los datos de precipitación y temperatura, presentando que el trigo cuenta con una mejor correlación con el 0.49, seguido del fréjol con 0.47, el maíz con 0.35 y la papa con 0.12. En definitiva la producción no guarda relación con los datos del clima, posiblemente por la falta de información histórica sobre la producción ya que el respectivo organismo rector del tema, solo cuenta con datos desde el año 2000 y esto es a nivel de la provincia, ya que los análisis de series de tiempo se lo debe hacer mínimo con base de datos alimentada durante los últimos 30 años.

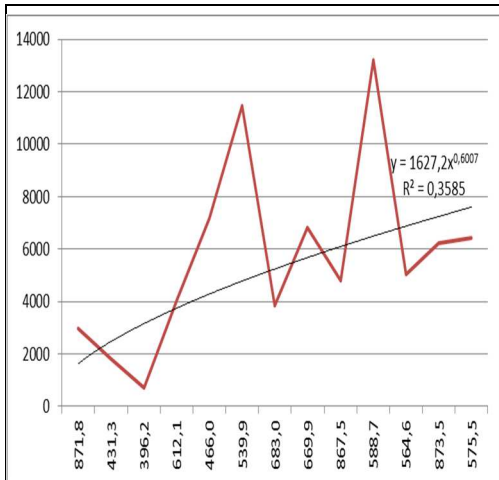


Figura 25. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de maíz y la precipitación.

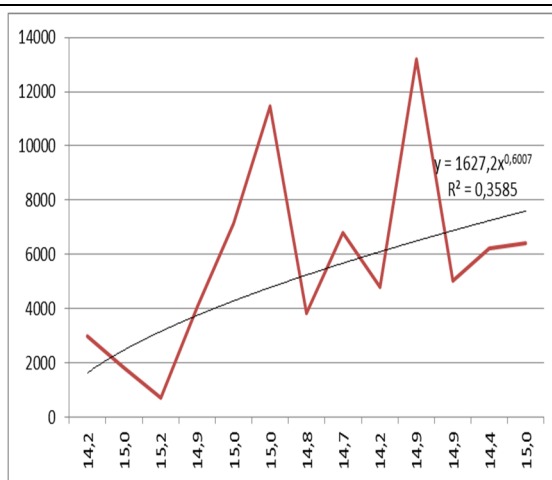


Figura 26. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de maíz y la temperatura.

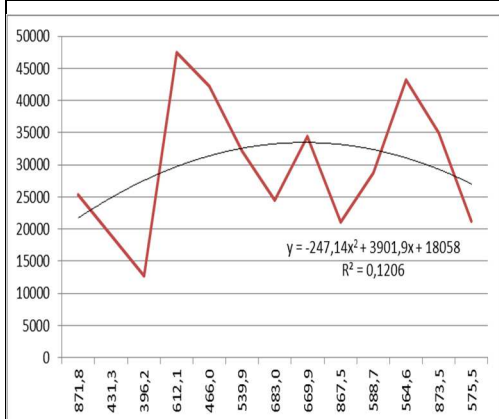


Figura 27. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de papa y la precipitación.

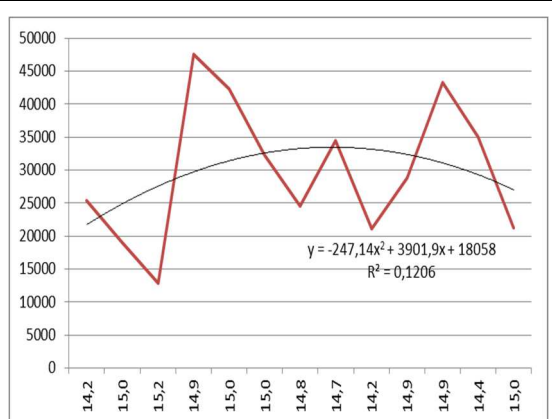


Figura 28. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de papa y la temperatura.

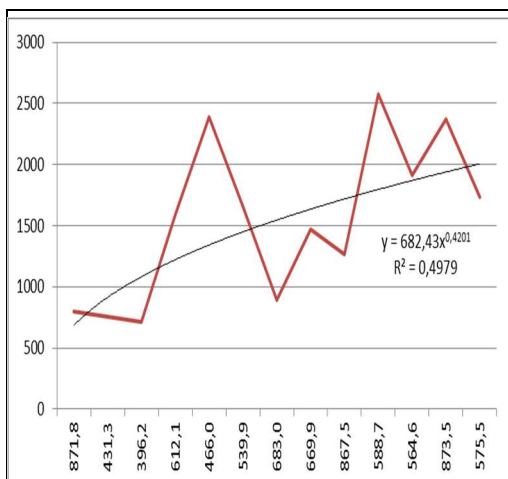


Figura 29. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de trigo y la precipitación.

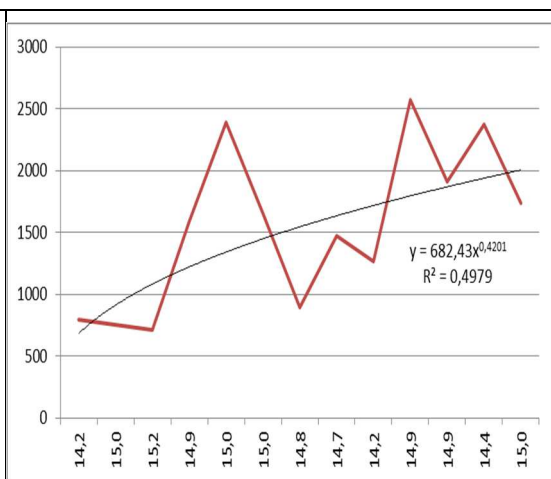


Figura 30. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de trigo y la temperatura.

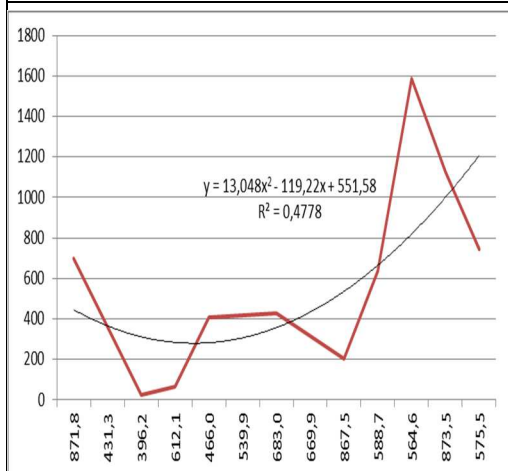


Figura 31. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de fréjol y la precipitación.

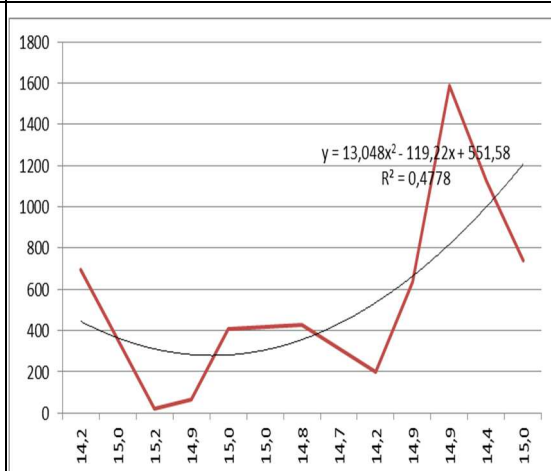


Figura 32. Correlación y ecuación de regresión para de la producción de fréjol y la temperatura.

V. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Luego del análisis de vulnerabilidad se puede definir algunas medidas de adaptación frente al cambio climático para la Parroquia de Santa Rosa de Cusubamba.

La falta de información climática no solo de la parroquia sino también del Cantón Cayambe, la cual es necesaria para determinar la influencia de la precipitación y temperatura en los cultivos, evidencia la necesidad de mejorar la red de estaciones meteorológicas para el monitoreo del clima en todo el territorio y de esta manera tomar las mejores decisiones en torno a la planificación territorial relacionadas al mejoramiento de la productividad de los cultivos y la reducción de las pérdidas.



Figura 33. Ubicación Actual de las Estaciones del INAMHI

Fuente: (INAMHI, 2014)

En las zonas media y baja de la parroquia se podría considerar la construcción de reservorios para el almacenamiento de agua en épocas secas, en vista de los cambios que se han presentado en los últimos años en cuanto a la cantidad de agua de lluvia, según los productores locales.

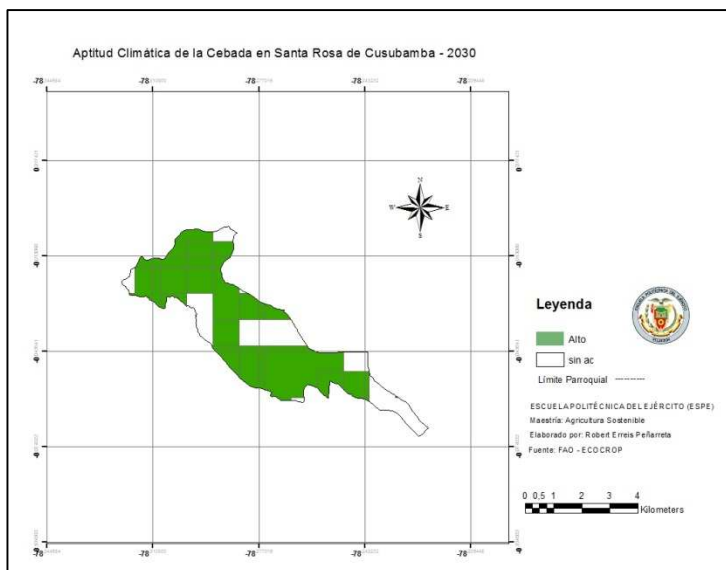


Figura 34. Aptitud climática del cultivo de cebada - 2030. Santa Rosa de Cusubamba.

En relación a la producción de alimentos mediante el uso de las proyecciones identificaron una buena aptitud climática para el desarrollo del cultivo de cebada en la zona de estudio y como resultado se obtuvo un 86 % (rango alto) y 52 % de aptitud para el año 2030 (figura 28). Mientras que para el año 2050 se presentaron datos con el 83 % y 53 % de aptitud climática, como se puede observar en el figura 29.

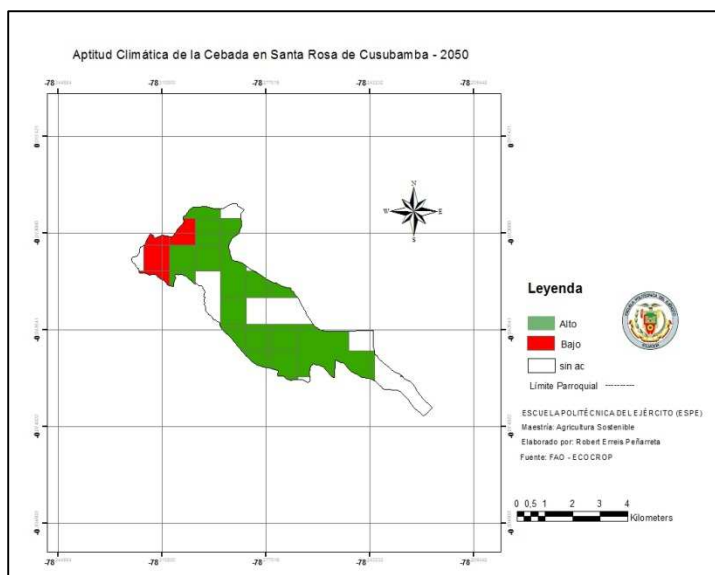


Figura 35. Aptitud climática del cultivo de cebada - 2050. Santa Rosa de Cusubamba.

Por otro lado y según las proyecciones desarrolladas en el presente estudio, los incrementos de agua tendrían consecuencias graves para la producción de alimentos, en este sentido se implementaría capacitaciones a los agricultores para fomentar una cultura de prevención frente a los potenciales riesgos climáticos a través de las escuelas de campo (ECA) y los comités de investigación agrícola local (CIAL) con la característica de revalorizar las prácticas ancestrales.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. Con los datos históricos de precipitación analizados se determinó que las necesidades hídricas para el cultivo maíz, fréjol y trigo están cubiertas en los períodos de estudio; mientras que para la papa habría la necesidad de incorporar riego para mejorar las condiciones de producción.

Los resultados muestran que en promedio la temperatura tendrá un aumento de 0.4 °C para el período 2020 – 2049 y 0.3 en el período de 2040 – 2069. Estos escenarios no benefician a la papa ya que en la fase fenológica correspondiente a la tuberización se necesita más horas de frío y por ende se vería afectada en su producción.

La precipitación presentó un incremento del 79 % en el primer período y 164 % para el segundo, lo que en términos generales beneficiará a los cultivos. Sin embargo, esto indica la presencia de posibles inundaciones en las zonas donde predominan los suelos con textura Franco-limosa, a la vez implica un fuerte lavado de bases, incremento de la acidez del suelo y mineralización de la materia orgánica con la consecuente pérdida de agregados.

2. En el caso de la sensibilidad de los cultivos, se tiene que el maíz presentó una aptitud climática de 67 % en el primer período (2020-2049) y para el segundo (2040-2069) de 69 %, con lo cual se identificó que se incrementará las condiciones favorables según las necesidades hídricas. Para la papa se encontró el 75 % y 77 % de aptitud para los respectivos períodos y se considera que las condiciones mejorarán para el cultivo sin la necesidad de riego. En cuanto al trigo se obtuvo una aptitud de 87 % y 76 % para los períodos establecidos en el análisis. Por último se tiene que el fréjol obtuvo una aptitud de 68 % y 71 % en los años definidos para el presente estudio.
3. Para determinar la capacidad de adaptación se consideró los valores del indicador de necesidades básicas insatisfechas (NBI) por hogar que para la Parroquia rural de Santa Rosa de Cusubamba, es del 80 %, para el Cantón Cayambe 63 % para Provincia de Pichincha de 29 %.

4. Los resultados del Índice de vulnerabilidad (IV) de los cultivos se presentó en general en el rango medio, para el caso del maíz se determinó un IV de 66 % para la temperatura, mientras que para la precipitación el IV fue de 60 %. En el cultivo de la papa se estableció un IV de 71 lo que representó a un rango alto, en el caso de la temperatura, mientras que para la precipitación el IV fue de 66 %, valor que corresponde al rango medio. En el cultivo de trigo se determinó que la vulnerabilidad está en el orden del 71 % para la temperatura y de 65 % para la precipitación. Por último, al considera la temperatura se obtuvo una vulnerabilidad de 65 % y para la precipitación 59 % en el cultivo de fréjol.
5. En vista de que las alteraciones climáticas están afectando a los cultivos, el desarrollo de medidas de adaptación a partir del Índice de Vulnerabilidad, propuesto en este estudio, constituye un aporte a la planificación a nivel de territorio del sector agrícola debido a que se incorpora variables como la temperatura y precipitación en el análisis.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Las proyecciones al ser elaboradas en base a los datos de estaciones locales, resultan proyecciones con un alto grado de incertidumbre, pues las condiciones orográficas del país requieren de un monitoreo del clima en espacios reducidos, por los que se debe fortalecer la red meteorológica a nivel nacional.
2. Para profundizar el impacto de la temperatura en los cultivos se debe definir como las variaciones de esta, afectan a cada fase fenológica, incluyendo a el análisis pruebas de campo con las concentraciones de CO₂, para determinar cómo afecta este gas a la producción de biomasa y por ende a la producción.
3. Al profundizar el tema de la capacidad de adaptación se debe identificar las prácticas agrícolas ancestrales que se implementan en la zona, como el uso de semillas nativas, uso de agrobiodiversidad, prácticas ecológicas, entre otros., con lo cual se puede incrementar la adaptación de las comunidades más vulnerables.
4. Al considerar las variables con mayor grado de profundidad se puede considerar en la fórmula del índice la capacidad de afrontamiento, esto significa que la información sobre los cultivos se obtenga a nivel de finca.
5. Las medidas de adaptación deben estar encaminadas a mitigar de alguna manera los impactos del clima en la producción, se presentan en el caso de variaciones de temperatura la implementación de huertos con alta diversidad, cercas vivas y bancos forrajeros, en si tratar de establecer prácticas agroecológicas. En el caso de la precipitación, cuando existe escasas temas relacionados con el uso eficiente del agua, almacenamiento y cosecha de agua, protección de fuentes de agua, así como el uso y protección de las aguas subterráneas.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, L. & Poveda, G. (2008). Comparación de series de precipitación con los GCM CCSM3, ECHAM5, HADGEM1 Y MIROC 3.2 HIRES, para el siglo XX en Colombia. En C. L. hidráulica, *XXIII Congreso Latinoamericano de hidráulica Cartagena de Indias Colombia* (págs. 1-12). Cartagena.
- Adger, N., Arnell, N., & Tompkins, E. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 77-86.
- Barton, J. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de geografía Norte Grande*, 5-30.
- Basantes, E. (2010). *Producción y fisiología de cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo*. Quito: La Unión.
- Basantes, E. (2014). *Manejo de Cultivos Andinos*. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército.
- BCE. (2012). *Base de datos nacionales*. Quito: Banco Central de Ecuador.
- BID. (2010). *La ciencia del cambio climático. Manual práctico para tomadores de decisiones en Mesoamérica*. Nueva York: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bouroncle, C., Imbach, P., Laderach, P., Rodriguez, B., Medellín, C., & Fung, E. (2014). *Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de <http://www.sirih.org/uploaded/content/article/652077355.pdf>
- Buch, M., & Turcios, M. (2003). *Vulnerabilidad Socioambiental: Aplicación para Guatemala*. Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
- Cabezas, J. (2008). Convivir con el cambio climático. *Ecosistemas*, 76-82.
- CAN. (2008). *El Cambio Climático no tiene fronteras*. Lima: SECRETARÍA GENERAL DE LA COMUNIDAD ANDINA.
- CIAT. (2011). *Vulnerabilidad y estrategias de adaptación al cambio climático en los medios de vida en las familias cafetaleras de Nicaragua*. Cali, Colombia y Managua, Nicaragua: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- CIAT. (2012). *CIAT - Decision and Policy Analysis Program – DAPA*. Recuperado el 11 de 11 de 2014, de <http://dapa.ciat.cgiar.org/vulnerabilidad-al-cambioclimatico-en-la-region-andina-de-colombia-ecuador-y-peru/>
- CIIFEN. (2011). *Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño*. Recuperado el 13 de 11 de 2014, de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=83&Itemid=112&lang=es
- Cline, W. (2008). Global Warming and Agriculture. *Finance & Development*, 23-27.
- CMCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ginebra: ONU.
- CMCC. (2014). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2014, de http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1349.php
- CMIP Coupled Model Intercomparison Project - World Climate Research Programme. (1995). *World Climate Research Programme*. Recuperado el 20 de 11 de 2014, de <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/index.html?submenuheader=0>

- Corcega, E. &. (2007). Consecuencias agrícolas y ambientales del cambio climático, en las condiciones de confort humano y animal, de las estaciones experimentales de la Facultad de Agronomía. *Scielo Venezuela*, 1-10.
- Díaz, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, 227-240.
- FIDA. (2010). *Cambio Climático: Estrategia*. Roma: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola.
- Füssel, H., & Klein, R. (2006). Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, 301-329.
- Hijmans, R., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrantes, I., y otros. (2004). *DIVA-GIS. Sistemas de información geográfica para el análisis de datos de distribución de especies*. California: Universidad de California.
- INAMHI. (25 de Junio de 2014). Base de datos precipitación y temperatura-Estación Tomalón. *Estadísticas*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- INEC. (2010). *Censo de Población*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INEC. (2014). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Recuperado el 17 de 12 de 2014, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/pobreza/>
- IPCC. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación*. Ginebra: GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.
- IPCC. (1997). *Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe de evaluación del IPCC*. Ginebra: Panel Intergubernamental de cambio climático.
- IPCC. (2000). *Informe especial del IPCC: Escenarios de emisiones*. Ginebra: Panel Intergubernamental de cambio climático.
- IPCC. (2001). *Tercer Informe de Evaluación, Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2001). *Tercer informe de evaluación: cambio climático, mitigación*. Ginebra: Panel Intergubernamental de cambio climático.
- IPCC. (2007). *Fourth Assessment Report: Climate Change*. Ginebra: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2013). Resumen Técnico. En T. Stocker, G. Qin, L. Plattner, S. Alexander, N. Allen, F. Bindoff, y otros, *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (págs. 33-109). Nueva York: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Technical Summary. Working Group III-Mitigation of Climate Change*. Berlin: Cambridge University Press.
- Jauregui, E. (2003). Algunos conceptos modernos sobre la circulación general de la atmósfera. *Scielo*, 121-143.
- Lampis, A. (2013). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía- Revista Colombiana de Geografía*, 17-33.
- Loik, M. (2000). Photosynthetic responses to a climate-warming manipulation for contrasting meadow species in the Rocky Mountains, Colorado, USA. *Functional Ecology*, 166-175.

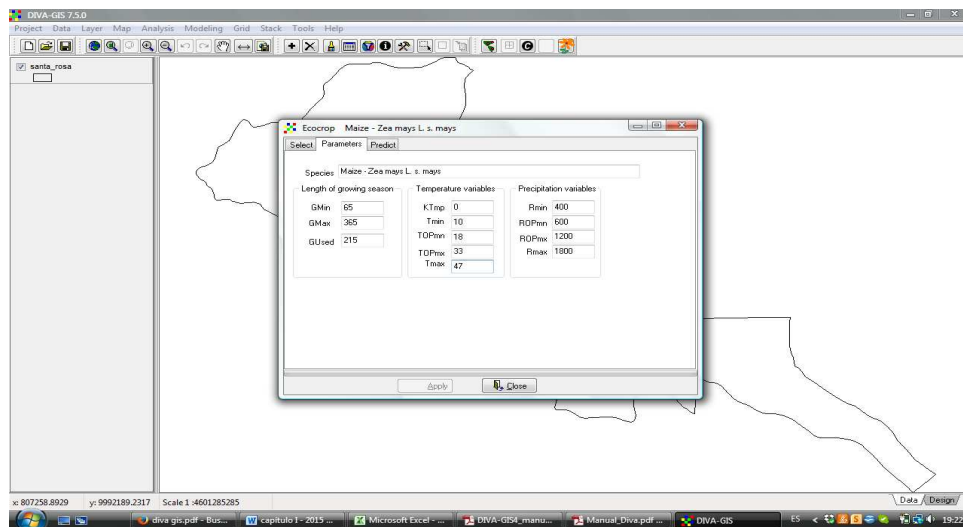
- Luers, A. (2005). The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*, 214-223.
- Lugo, D., & Rey, J. (2009). Evaluación de la vulnerabilidad a la degradación agroambiental a través del uso del sistema MicroLEIS en los suelos de los llanos centrales de Venezuela. *Revista Int. Contam. Ambiental*, 43-60.
- MAE. (2011). *Segunda Comunicació NAcional sobre Cambio Climático*. Quito: Ministerio de Ambiente.
- MAE. (2011). *Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Quito: Ministerio del Ambiente.
- MAE-INAMHI. (2010). *Análisis Estadístico con FClimdex para Ecuador*. Quito: Ministerio del Ambiente-Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- MAE-INAMHI. (2010). *Validación y Análisis de Consenso de Modelos de Escenarios de Cambio Climático para Ecuador*. Quito: Ministerio del Ambiente-Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Magaña, V. (2004). El cambio climático global: comprender el problema. En J. Martínez, & A. Fernández, *Cambio Climático: una visión desde México* (págs. 17-27). México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología.
- MAGAP. (2012). *Base de datos emergencia agrícola en la costa ecuatoriana*. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca .
- Marin, F., Delgado, E., & Pilau, F. (2008). *Clima e Ambiente: Introdução à Climatologia para Ciências Ambientais*. Campinas: Embrapa.
- Martens, R., & Slooff, R. y. (1998). El cambio climático, la salud humana y el desarrollo sostenible. *Rev Panam Salud Publica*, 100-105.
- MIES-INEPS. (2009). *Marco Conceptual y Lineamientos de acción para el Instituto de Economía popular y Solidaria*. Quito: Ministerio de de Inclusión Económica Social-Instituto Nacionanl para la Economía Popular y Solidaria. .
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, J., & López, J. (s.f.). Indicadores de Vulnerabilidad y Cambio Climático en la agricultura de México. *Research Gate*, 881-890.
- NASA. (2014). *NASA Global Climate Change-Vital Signs of the planet*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2014, de <http://climate.nasa.gov/>
- Navarreta, C., Nowak, A., Lavado, A., & Bustillos, C. (2013). *Agricultura; Vulnerabilidad y Adaptación: Desarrollo copatible con el clima en el sector agrícola del Alto Cauca colombiano* . Cali: Proyecto AVA: CDKN, Universidad de Caldas, Cenicafé, Universidad del Cauca y CIAT.
- NOAA. (23 de Septiembre de 2014). *Science & Information for a climate-smart nation*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2014, de <http://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- OMM. (2013). *EL ESTADO DEL CLIMA MUNDIAL 2001-2010: Un decénio de fenómenos climáticos extremos. Informe Resumido*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorología Mundial.
- OXFAM. (2007). *Adaptarse al cambio climático: Qué necesitan los países pobres y quién debería pagarlo* . México: OXFAM.
- Pantoja, A. (2012). Zonas idóneas para los cultivos de brócoli y arveja dulce en el altiplano de Guatemala bajo escenarios de Cambio Climático . Calí: Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería.

- PCMDI. (2013). *Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2014, de <http://www-pcmdi.llnl.gov/projects/pcmdi/index.php>
- Petersson, M., Marrero, M., & Taboada, C. (2010). Cambio Climático y salud humana. *Revista Médica*, vol 34, n4.
- Prowse, M. (2003). *Towards a clearer understanding of "vulnerability" in relation to chronic poverty*. Manchester: Chronic Poverty Research Centre.
- RCP. (2009). *RCP Data base version 2.0.5*. Recuperado el 22 de 11 de 2014, de <http://tntcat.iiasa.ac.at:8787/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>
- Ruiz, A. (2007). Cambio Climático. *Quórum*, 87-96.
- Sanchez, D., & Egea, C. (2011). Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socioambientales: Su aplicación en el estudio de los adultos mayores. *Papeles de Población*, 151-185.
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (2011). *Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático para la gestión y planificación local*. Buenos Aires.
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (s/f). *Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2014, de <http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/unfccc/cccomite.htm>
- SENPLADES - Proyecto SNI. (12 de 2014). *Sistema Nacional de Información*. Recuperado el 17 de 12 de 2014, de <http://app.sni.gob.ec/web/menu/>
- Smith, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* , 282-292.
- SNI. (2012). *Base de Datos Estadísticos del Ecuador*. Quito: Sistema Nacional de Información.
- Soares, D., & Murillo, D. (2013). Gestión de riesgo de desastres, género y cambio climático. Percepciones sociales en Yucatán, México. *Cuad. Desarrollo Rural* , 181-199.
- Torres, P., Cruz, J., & Acosta, R. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agenda de adaptación y sistemas institucionales. *Política y Cultura* , 205-232.
- UNISDR. (2009). *UNISDR Terminología sobre Reducción de riesgos de Desastres*. Ginebra: La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.
- WMO. (22 de 11 de 2014). *World Meteorological Organization*. Obtenido de http://www.wmo.int/pages/themes/climate/emission_scenarios.php

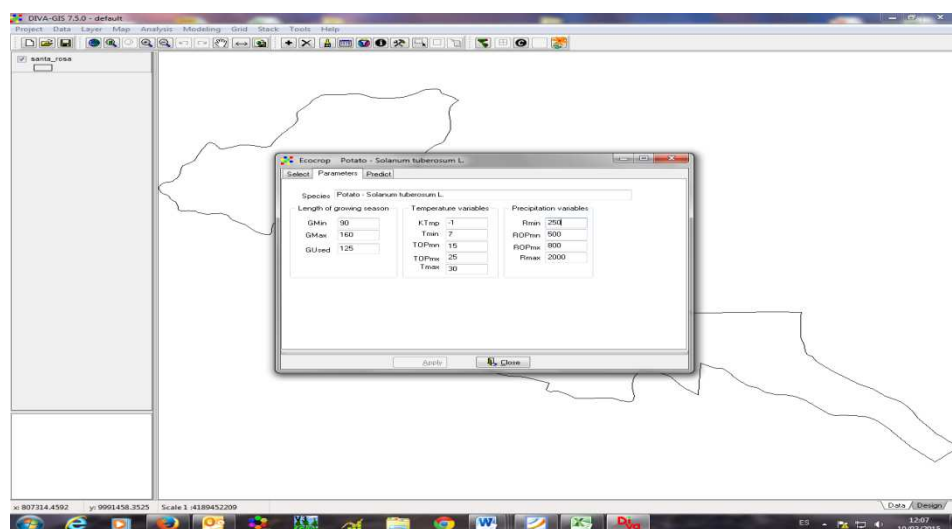
ANEXOS

ANEXO 1. Datos de cultivos en base al ECOCROP

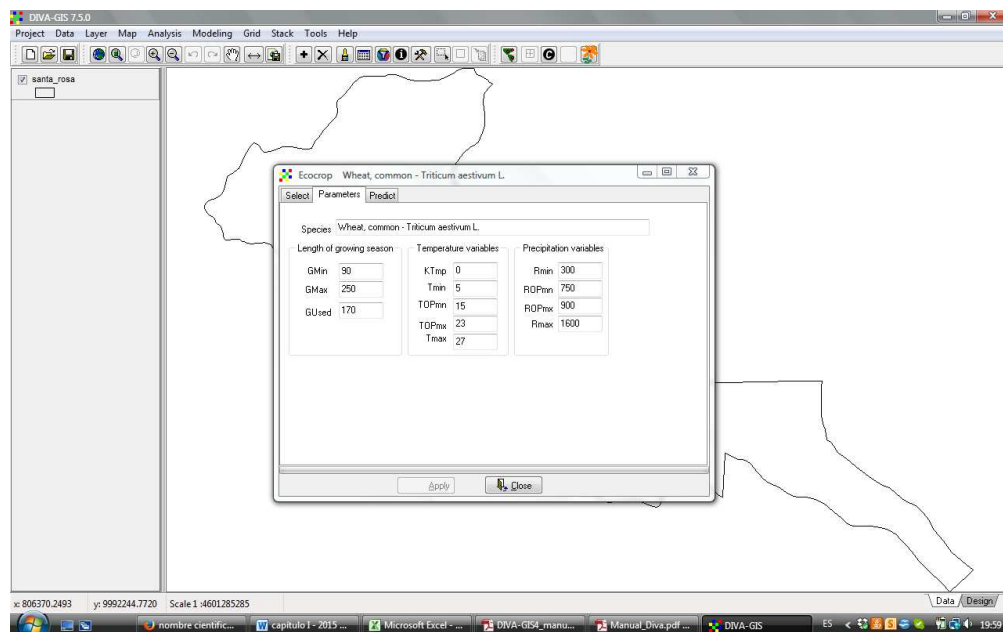
Maíz



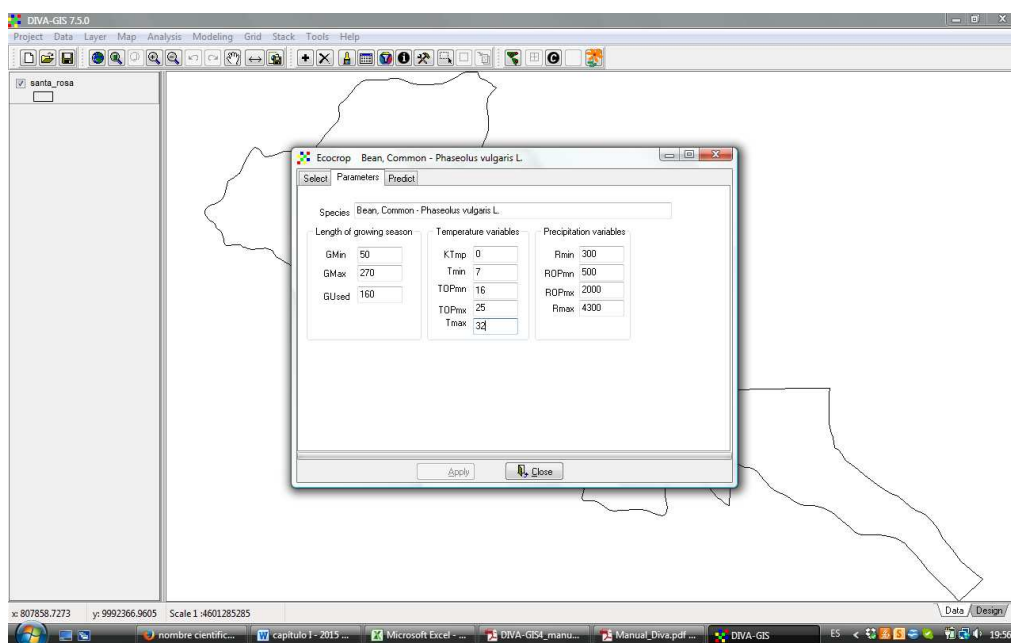
Papa



Trigo



Fréjol



ANEXO 2. Costos de instalación de una estación de 12 metros de diámetro y de 2.0 metros de altura⁶.

Instrumental para una estación climatológica principal.

INSTRUMENTAL	DOLARES
Psicrómetro Completo	2213.64
Termómetro de Máxima	199.63
Termómetro de Mínima	199.63
Pluviómetro	459.14
Probeta	58.00
Heliógrafo	2351.16
Termohigrógrafo	1765.00
Pluviógrafo	3991.40
Anemómetro	1526.03
Tanque de Evaporación	850.00
Veleta	500.00
COSTO INSTRUMENTAL	14113.63

Costos de adecuaciones internas de una estación.

CANTIDAD	MATERIALES	VALOR	VALOR
		UNITARIO	DOLARES
2	Tubos galvanizados de 2" para mástil de la veleta	72.00	144.00
2	Tubos galvanizados de 1 1/2" para caballete	52.90	105.80
1	Angulo de 1 1/2 x 3/16" para base de caseta	19.00	19.00
1	Platina de 1 1/2 x 1/8" para gradilla	7.66	7.66
2	Ángulos de 1 x 1/8" para gradilla (40 x 4 mm)	8.50	17.00
1	Angulo de 1/4 x 3" para araña (75x6 mm)	68.50	68.50
30	Metros de Cable de acero de 1/4" con alma de nylon	3.10	93.00
1	Varilla de 1/2" para anclajes	7.00	7.00
3	Templadores M12	2.60	7.80
12	Grilletes de 5/16"	0.40	4.80

⁶Lista de precios ajustada con los personeros del INAMHI.

2	Pernos de 4 x 5/8"	0.50	1.00
6	Pernos de 1 x 3/8"	0.25	1.50
1	Unión de 2" y reducción de 2 x 1"	2.50	2.50
1	Un galón de pintura de aluminio	26.50	26.50
1	Un galón de pintura blanca de caucho	6.00	6.00
1	Tubo galvanizado de 1/2"	17.00	17.00
1	Tarima de tanque de evaporación (9 listones de madera colorado de 1,30 m x10 x 7 cm)	90.00	90.00
1	Tubo galvanizado de 1 1/2" para mástiles de instrumentos	12.00	12.00
1	Tool galvanizado de 3.0 mm " (1/4 de plancha) para base de instrumentos	34.44	34.44
1	Caseta Meteorológica	280.00	280.00
COSTO DE ADECUACIONES			945.50

Costo aproximado del cerramiento para una estación

CANTIDA D	MATERIALES	VALOR	VALOR
		UNITARI O	DOLARE S
6	Tubos galvanizados de 1 1/2" para postes de cerramiento	52.90	317.40
1	Puerta metálica de 2,20 m x 1.10 m	150.00	150.00
40	metros Malla galvanizada de 2 metros " 50/11"	8.50	340.00
3	Tubos galvanizados de 1" para contravientos	32.80	98.40
2	Angulo de 3/4 x 3	4.00	8.00
3	Platina de 3/4 x 1/4" para templar malla	8.20	24.60
40	Pernos bastón 4"	0.45	18.00
40	Pernos de 1/4" X 1	0.20	8.00
3	Kilos de varilla para suelda eléctrica 6011 1/8	2.40	7.20
3	Sierras metálicas	1.00	3.00
Costo del Cerramiento			974.60
CANTIDA D	MATERIALES	VALOR UNITARI O	VALOR DOLARE S
1	Tubo galvanizado de 1 1/2 (roscados)	52.90	52.90
2	Tubos galvanizados de 1"	32.80	65.60
3	bisagras de 3 partes	20.00	60.00
1	ángulo de 3/4 x 3 mm	4.00	4.00
2	platinas de 3/4 x 1/4	8.20	16.40
1	metro de malla galvanizada de 2 metros de altura (50/11)	8.50	8.50
COSTO			207.40

Con un total de \$ 16.241,13 dólares por cada estación.

