



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**Tesis en opción al grado académico de magister en Gestión de la
producción**

TÍTULO:

Las Heladas como resultado del Cambio Climático y su consecuencia en la
Agricultura del Cantón Salcedo, Cotopaxi, período 1981-2010

Autor:

MORENO, Navarrete, Polivio Oswaldo

Tutor:

MSc. Vladimir Ortiz Bustamante

LATACUNGA – ECUADOR

Octubre - 2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de revisión de tesis de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Moreno Navarrete Polivio Oswaldo, con el título de tesis: Las Heladas como resultado del Cambio Climático y su consecuencia en la Agricultura del Cantón Salcedo, Cotopaxi, período 1981-2010 ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Octubre, 02, 2013.

Para constancia firman:

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
PRESIDENTE

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
MIEMBRO

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
PROFESIONAL EXTERNO

.....
NOMBRES Y APELLIDOS
OPOSITOR

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN O AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor Metodológico del Programa de Maestría en Gestión de la Producción, nombrado por el Consejo Académico de Posgrado.

CERTIFICO

Que he analizado el trabajo de grado presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el Grado Académico de Magister en Gestión de la Producción, el mismo que considero Aprobado.

El problema de la investigación se refiere a:

**LAS HELADAS COMO RESULTADO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU
CONSECUENCIA EN LA AGRICULTURA DEL CANTÓN SALCEDO,
COTOPAXI, PERÍODO 1981-2010**

Presentado por el Dr. Polivio Oswaldo Moreno Navarrete

Ing. Vladimir Ortiz Bustamante Mg.

050218845-1

Latacunga, Octubre, 2013

RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

Del contenido de la presente tesis, se responsabiliza el autor.

.....
Moreno Navarrete Polivio Oswaldo
C.C. N° 0501047641

AGRADECIMIENTO

De forma particular, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a sus autoridades y maestros, quienes hicieron posible mi formación; así como por la gentil colaboración de todos quienes apoyaron al desarrollo de la presente investigación.

De manera particular a mis familiares, a mis hijos, quienes son la razón fundamental, para que continuemos en nuestra vida y forjemos nuevos destinos, a todos y todas muchas gracias.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi querida institución, y a mis estudiantes de tercer nivel, ya que ella ha contribuido significativamente en mi desarrollo profesional.

El cual como su docente, gozo de la oportunidad, de transmitir esos conocimientos a nuevos profesionales.

INDICE

Contenido	Páginas
PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN O AVAL DEL TUTOR	iii
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE	vii
RESÚMEN	xi
SUMMARY	xii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1 PROBLEMATIZACIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3 JUSTIFICACIÓN Y SIGNIFICACIÓN	8
1.4 OBJETIVOS	10
1.4.1 Generales	10
1.4.2 Específicos	10
CAPÍTULO II	11
2 FUNDAMENTO TEÓRICO	11
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	11
2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	13
2.2.1 Atmósfera	13
2.2.2 Clima	15
2.2.3 Temperatura y Calor	17
2.2.4 Clases de temperatura utilizadas en meteorología	19
2.2.4.1 Temperatura del aire	19
2.2.4.2 Temperatura del suelo	20
2.2.5 Variabilidad climática	20
2.2.6 Cambio Climático: gravedad de la amenaza	22
2.2.6.1 Efectos	22
2.2.7 Cambio Climático en el Ecuador	24
2.2.7.1 Detección del cambio climático en el Ecuador	25
2.2.7.2 El cambio climático y las heladas	26
2.2.7.3 La helada	29
2.2.7.4 Origen y clases de heladas	31
2.2.8 Tipos de heladas	33
2.2.8.1 Heladas de advección	33
2.2.8.2 Heladas de radiación	34
2.2.8.3 Heladas blancas y negras	34
2.2.8.4 Caracterización agroclimática de las heladas	35
2.2.8.5 Daños ocasionados por las heladas	36
2.3 FUNDAMENTO LEGAL	37
CAPÍTULO III	39

3	METODOLOGÍA Y APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	39
3.1	CANTÓN SALCEDO.....	39
3.1.1	Ubicación Geográfica y posición astronómica.....	39
3.1.2	Aspecto Físico	39
3.1.3	Límites	41
3.1.4	Relieve	41
3.1.5	Hidrografía	42
3.1.6	Clima	42
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
3.2.1	Modalidad de la Investigación.....	45
3.2.1.1	Investigación bibliográfica	45
3.2.1.2	Investigación de campo	45
3.2.2	Forma.....	45
3.2.2.1	La investigación pura	45
3.2.2.2	Investigación Aplicada	46
3.2.3	Tipo de Investigación.....	46
3.2.3.1	Exploratoria.....	46
3.2.3.2	Descriptiva	47
3.2.4	Metodología	47
3.2.4.1	Cuasi Experimental.....	47
3.2.5	Unidad de Estudio (población y muestra).....	47
3.2.6	Métodos y técnicas.....	48
3.2.6.1	Método Deductivo	48
3.2.6.2	Método Inductivo.....	49
3.2.7	Técnicas	49
3.3	DESCRIPCIÓN	49
3.3.1	Temperatura	49
3.3.2	Unidades	50
3.3.3	Variables derivadas	50
3.3.4	Requisitos Operacionales	51
3.3.5	Instrumentos	52
3.3.6	Procedimientos	53
3.3.7	Condiciones de emplazamiento	54
3.4	APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	55
3.5	CARACTERIZACIÓN DE LAS HELADAS PRODUCIDAS EN LA ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN SALCEDO-COTOPAXI PERÍODO 1981-2010.....	57
3.5.1	Materiales y Métodos.....	58
3.6	RESULTADOS	59
3.6.1	Frecuencia de heladas	59
3.6.2	Fecha media de primera y última helada	63
3.6.3	Período medio con y sin heladas	65
3.6.4	Período Extremo con Heladas.....	65
3.6.5	Intensidad de las Heladas	65
3.6.5.1	Intensidad o rigor anual	65
3.6.5.2	Intensidad o rigor mensual.....	66
3.6.6	Variabilidad de Primera y Última Helada.....	67
3.6.7	Pérdidas económicas	68

CAPITULO IV	70
4 BOLETÍN AGROMETEOROLOGICO	70
4.1 INTRODUCCIÓN	70
Institución:	70
4.2 HELADAS PRODUCIDAS EN LA ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN SALCEDO- COTOPAXI PERÍODO 1981-2010.....	71
4.3 DESARROLLO.....	71
4.4 HELADA AGROMETEOROLÓGICA	72
4.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	72
4.6 RESULTADOS	73
4.6.1 Frecuencia de heladas	73
5 CONCLUSIONES	78
6 RECOMENDACIONES	79
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: RESULTADOS DE LOS TESTS DE TENDENCIA Y DE LOS VALORES DE "CAMBIO" PARA LAS 14 ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	25
TABLA N° 2: DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN SALCEDO	40
TABLA N° 3: USO DEL SUELO EN SALCEDO DE SUPERFICIE UTILIZADA.....	48
TABLA N° 4: HELADAS AGROMETEOROLÓGICA, FRECUENCIAS MENSUALES Y ANUALES – PERÍODO 1981 – 2010.....	60
TABLA N° 5: FECHAS DE LA PRIMERA Y ÚLTIMA HELADA PERÍODO 1981-2010.....	63
TABLA N° 6: INTENSIDAD DE LAS HELADAS DE LA ESTACION AGROMETEOROLÓGICA DE RUMIPAMBA-SALCEDO.....	66
TABLA N° 7: FRECUENCIAS Y PORCENTAJES DE LAS MÍNIMAS ABSOLUTAS MENSUALES POR INTERVALOS DE CLASES TÉRMICAS.....	66
TABLA N° 8: UPAS Y HAS DE CULTIVOS TRANSITORIOS Y BARBECHO DEL CANTÓN SALCEDO	69
TABLA N° 9: FRECUENCIAS MEDIAS MENSUALES	75
TABLA N° 10: INTENSIDAD DE LAS HELADAS DE LA ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA DE RUMIPAMBA-SALCEDO.....	77

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: DIVISIONES DE LA ATMOSFERA.....	14
GRÁFICO N° 2: HELADAS POR LLEGADA DE AIRE MUY FRÍO	30
GRÁFICO N° 3: MAPA DE UBICACIÓN.....	40
GRÁFICO N° 4: TOTAL DE HELADAS POR DECADAS.....	62
GRÁFICO N° 5: LAS HELADAS MENSUALES SE CLASIFICAN POR INTERVALOS DE CLASES TÉRMICAS: SUAVES (2.1 A 3.0°C),	

MODERADAS (1.1 A 2.0°C), FUERTES (0.1 A 1.0°C), MUY FUERTES (0.0 A -0.9°C), SEVERAS (\geq A -1.0°C).....	68
GRÁFICO N° 6: FRECUENCIAS MEDIAS MENSUALES	75
GRÁFICO N° 7: FECHAS DE INTENSIDAD Y RIGOR ANUAL DE HELADAS, DURANTE EL PERÍODO 1981-2010.....	77

INDICE DE FOTOS

FOTO N° 1: TERMÓMETROS METEOROLÓGICOS	53
---	----



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**LOS PROCESOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CANTÓN SALCEDO
Y LA PRESENCIA DE HELADAS, RESULTADO DE LAS VARIACIONES
DE TEMPERATURA EN EL PERFIODO 1981 – 2010.**

**Autor: MORENO, Navarrete, Polivio Oswaldo
Tutor: MSc. Vladimir Ortiz Bustamante**

RESÚMEN

La problemática del clima a nivel mundial fue evidenciada en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima de 1979. Es así que el cambio en la temperatura global produce un efecto en los eventos climáticos planetarios, con una mayor presencia y frecuencia a niveles extremos como heladas. Por ello, el Ecuador ha soportado históricamente este tipo de fenómenos que van desde el comportamiento de la atmosfera hasta el clima y modificaciones en la temperatura, cambio climático, altas y bajas temperaturas.

Es por ello que el presente estudio en el cantón Salcedo busca definir los procesos históricos del fenómeno meteorológico, a través de la descripción del entorno del cantón y el análisis de los registros meteorológicos del INAMHI en sus anuarios meteorológicos de treinta años en el periodo 1981 - 2010.

Observándose por cada década, una disminución del número de heladas en función del tiempo, considerando los períodos a partir de 1981-1990: se presentaron 9.3 heladas en promedio; así también en el lapso comprendido entre 1991 y 2000: ocurrieron 8.3 heladas en promedio. Mientras que en la década 2001-2010: se presentaron 7.0 heladas en promedio, datos que una vez analizados y confrontados con otras investigaciones científicas, concuerdan con los informes nacionales sobre cambio climático, con un incremento de la temperatura media de hasta 0.8°C, así como también disminuciones en la sierra centro y sur del Ecuador.

Siendo afectadas alrededor de 12.218 Has, de lo cual calculado en base a los subsidios entregados, existirían pérdidas económicas anuales de cerca de 2 419.164 USD.

Palabras clave: Atmosfera, cambio climático, heladas, meteorología.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

**DIRECTION OF GRADUATE PROGRAMS
THE PROCESSES OF CLIMATE CHANGE IN THE SALCEDO CANTON
AND THE PRESENCE OF FROST, RESULT FROM VARIATIONS IN
TEMPERATURE, PERIOD 1981-2010.**

Author: MORENO, Navarrete, Polivio Oswaldo

Advisor: MSc. Vladimir Ortiz Bustamante

Translator: MSc. Martha Cueva

SUMMARY

The problematic of climate worldwide was evidenced during the first World Conference the climate of 1979. So the change in global temperature effect on planetary climate events, with a greater presence and frequency to extreme levels as frost. For this reason, the Ecuador has historically supported this type of phenomena.

It ranging from the atmosphere behavior to the environment and changes in warmth, climate change, high and low temperatures.

Therefore, the present study in the Salcedo canton seeks to define the historical processes of the climate phenomenon, through the description of the environment of the canton and the analysis of the meteorological records of the INAMHI in their climatological yearbooks of thirty years in the period 1981-2010.

Observed for each decade, a decrease in the number of frost in function of time, whereas the periods from 1981-1990: there were 9.3 frost on average; well as in the period between 1991 and 2000: took place 8.3 frozen on average. While in the 2001-2010 Decade: arose 7.0 frost on average, analyzed and compared with other scientific research, data once match national reports on climate change, with an increase of the average temperature of up to 0.5 ° C, as well as decreases in the Central High land and South of the Ecuador.

Being affected around 12,218 hectares, of which calculated on the basis of the subsidies granted, there are annual economic losses of about 2419.164 USD.

Key words: atmosphere, climate, Frost, meteorology.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; yo MSc. Martha Cueva con C.C. 1705022448 en forma legal CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión de la Traducción del Abstract; con el tema: **LAS HELADAS COMO RESULTADO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU CONSECUENCIA EN LA AGRICULTURA DEL CANTÓN SALCEDO, COTOPAXI, PERÍODO 1981-2010**, cuyo autor es el Dr. Moreno Navarrete Polivio Oswaldo y Tutor de Tesis MSc. Vladimir Ortiz.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, octubre del 2013

Atentamente,

MSc. Martha Cueva
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS
C.C. 1705022448

INTRODUCCIÓN

Los procesos de cambio climático y variabilidad climática, han sido visualizados a través de la historia de la humanidad, por lo cual a medida de su evolución y desarrollo han incorporado a sus actividades tanto sociales como productivas, mecanismos para el monitoreo de parámetros meteorológicos.

Entre ellos se encuentra la temperatura; ya que es importante tener en cuenta que de esta depende de forma directa el desarrollo agrícola y sus sistemas productivos, pues a temperaturas bajas, el metabolismo celular es igualmente bajo y las células paran de crecer; pero no por eso, tienen que comenzar a morir.

Es así que desde el punto de vista agrícola, el concepto de bajas de temperatura sujeto del presente estudio se conoce como heladas, las cuales admiten una interpretación más biológica.

Este fenómeno meteorológico se considera como descenso térmico, mismo que es capaz de causar daños a los tejidos vegetales, los cuales resultarán diferentes según las especies y variedades, el estado fenológico, edad y fitosanitario,

Donde las heladas agrometeorológicas, ocurren a una temperatura mínima diaria no superior a 3°C a 2.00 m de altura, dentro del refugio meteorológico. Este tipo de helada es de interés para ciertos cultivos de porte bajo como los hortícolas pues equivale a 0°C o menos a la intemperie en superficie; según el rango o amplitud que se registra entre el termómetro de mínima de la Garita meteorológica a 2m del suelo y el otro a 5 cm de la superficie del suelo.

Así también la inversión térmica nocturna, puede incidir en las heladas a nivel del suelo o en cultivos de poca altura, aunque, no se registren en el abrigo meteorológico. Por ello un estudio agroclimático de las heladas debe determinar su régimen en función de los valores medios, extremos y de variabilidad, con

relación a la duración, la intensidad, época de ocurrencia, frecuencia y la peligrosidad que esta conlleva.

Asimismo debe integrar no sólo los parámetros antes mencionados, sino también aquellos índices que permitan cuantificar, o al menos cualificar, el probable daño a los distintos cultivos agrícolas.

CAPITULO I

1 PROBLEMATIZACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática del clima a nivel mundial no es nada nuevo, tanto así que la comunidad científica mundial tenía conocimiento y pruebas sobre el calentamiento global desde décadas atrás, hasta que fue evidenciado en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima de 1979.

Es así que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático desde 1988, (IPCC por sus siglas en inglés) concluyó que el cambio climático global es un hecho y que su causa es debida a las actividades humanas. Las cuales generan gases resultantes de la combustión de madera, combustibles fósiles, carbón y otros, que a nivel global se han incrementado significativamente.

La responsabilidad histórica por las emisiones de estos gases corresponde en más de 80% a los países industrializados. Sin embargo, países en vías de desarrollo como India y China contribuyen de manera creciente al aumento de las emisiones planetarias. Tanto así que un solo estadounidense produce en promedio 19,7 toneladas de CO₂ al año, un alemán 9,9 toneladas, un francés 6,1 toneladas, un venezolano 6 toneladas, un chileno 4,4 toneladas. Mientras que Ecuador emite 30 millones de toneladas de CO₂ al año y es responsable del 0,10% de las emisiones; el total de las emisiones de CO₂ en el planeta es de 33.535 millones de toneladas. En cuanto al total de emisiones por país Ecuador ocupa el lugar 73 y de acuerdo con el número de habitantes por país, los ecuatorianos ocupan la posición 99, considerando que un Ecuatoriano produce 2,2 toneladas de CO₂ al año. Así pues, estas tendencias de contaminación continúan y los impactos negativos del cambio climático se evidencian cada día. Available at: <http://www.worldbank.org/wdr>. © 2010 The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.

Es así que la superficie total del planeta se calentó 0.74°C durante el siglo XX, cantidad que puede parecer irrelevante frente a las oscilaciones diarias de la temperatura. Este cambio en la temperatura global produce un efecto en cascada en los eventos climáticos planetarios, por ejemplo, una mayor presencia y frecuencia de eventos extremos: ondas de calor, heladas, incendios, inundaciones y sequías.

Por ello, en el Ecuador, como resultado de la variabilidad climática ha soportado (eventos El Niño, inundaciones no relacionadas con El Niño, sequías, heladas, precipitaciones intensas, etc.), y resultante de estas graves consecuencias sociales, ambientales y económicas. El costo de los impactos del evento El Niño 1997 – 1998 fue de alrededor de 3 mil millones de dólares, sin considerar la pérdida de vidas humanas, ecosistemas y en general daños al ambiente. INAMHI, 1998

Mientras que en el año 2006 se decretaron estados de emergencia por falta de lluvia y a pocos días por escasez de precipitaciones; varias regiones del país han soportado inusuales olas de calor y de frío, desfases importantes en la época lluviosa y precipitaciones intensas en períodos cortos seguidos de días sin precipitaciones.

Es así que en el Ecuador, uno de los principales problemas para los agricultores han sido las heladas, ocasionando cuantiosas pérdidas que según el III Censo Agropecuario realizado por el INEC-MAG-SICA se perdieron 15 182 Has., siendo la papa el producto de mayor pérdida con 2 787Has. El año 2009 por heladas en Cotopaxi según fuentes del INEC, se perdió 1247 Has.

Por ello se puede deducir que el sector agrícola nacional enfrenta una delicada crisis por la ausencia de lluvias y las heladas, que dejan pérdidas por US\$ 29 millones. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) existen 111.394 hectáreas cuyos cultivos se han arruinado por esta causa. Las provincias mas afectadas son: Guayas, Los Ríos y Manabí, en la Costa; Cañar, Azuay, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Carchi, en la Sierra, y a

nivel nacional los cultivos que mayormente están afectados por las heladas son: la papa, maíz suave, pastos, fríjol, cebada, frutales, arvejas, habas y otros.

Todos estos cambios climáticos fueron visualizados estos últimos años en Cotopaxi, afectando cultivos de maíz, cebada, chochos, fríjol, arveja, quinua, papas y zanahoria. Los dos primeros productos se cosecharon en julio; en Zumbahua, cantón Pujilí; Cochapamba en Saquisilí, Palopo en Latacunga, Cumbijín y Cusubamba en Salcedo.

Según declaraciones en medios de prensa locales, Augusto Durán, técnico del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Cotopaxi, manifestó que 7.700 hectáreas fueron afectadas de un total de 38.691 sembradas. A lo que el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) registró la temperatura más baja en Latacunga, con 9 grados. En Ambato y Riobamba la temperatura mínima fue de 11 grados.

a. Análisis crítico

Como punto inicial para ésta investigación tomaremos en cuenta que el comportamiento del clima a nivel nacional ha cambiado drásticamente, por ciertos procesos de contaminación ambiental y por procesos de variabilidad climática, sin embargo el desconocimiento del comportamiento del clima en la población en general y particularmente en los campesinos y agricultores del cantón Salcedo

Es así que pese a no poseer un desarrollo tecnológico avanzado en lo referente al comportamiento del clima y a los fenómenos meteorológicos es indispensable el desarrollo de un análisis histórico de variables ambientales, para así alcanzar una frecuencia de la presencia de las heladas, mediante el análisis e interpretación de las temperaturas mínimas diarias de la estación Agrometeorológica de Rumipamba-Salcedo, durante el período 1981-2010, para proponer la elaboración de un boletín Agrometeorológico.

b. Prognosis

Este emergente cambio en el clima, impulsada por un acelerado proceso de contaminación caracterizado por la emisión permanente de gases de efecto invernadero a la atmosfera y la degradación de los recursos naturales, conllevará a que la falta de conciencia y conocimiento pleno de la problemática ambiental ecuatoriana afecte a todos los ámbitos de la actividad social, económica y ambiental. Sus consecuencias se manifestarán de manera irreversible a nivel ecológico y productivo y sobre todo en las actividades diarias del ser humano, cuyas necesidades eminentemente sociales y de subsistencia no se lograrán frente a la baja calidad ambiental y cambios en el clima.

c. Control de la prognosis

La siguiente investigación se realizara con el objeto de ofrecer a la comunidad y a los agricultores un diagnóstico con la frecuencia de la presencia de las heladas, mediante el análisis e interpretación de las temperaturas mínimas diarias de la estación Agrometeorológica de Rumipamba-Salcedo, durante el período 1981-2010, para proponer la elaboración de un boletín Agrometeorológico, y precautelar sus sistemas agro productivos.

d. Delimitación (temporal, espacial y contenido)

TEMPORAL: Treinta años, periodo 1981-2010

ESPACIAL: Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi

CONTENIDO: Ambiental y productivo

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la aplicación de técnicas de monitoreo meteorológico en la determinación de heladas como resultado del cambio climático y su consecuencia en la agricultura del cantón Salcedo, Cotopaxi, periodo 1981 - 2010?

1.3 JUSTIFICACIÓN Y SIGNIFICACIÓN

El cantón Salcedo, es una de las zonas más productivas de la provincia de Cotopaxi, gran parte de su territorio está destinado a la producción agropecuaria de productos tanto de consumo interno como de exportación como el brócoli, las flores y otros.

Es entonces de vital importancia, sea sujeto de estudio y análisis de las alteraciones del clima, ya sea por procesos naturales o antropogénicos, para lo cual se analice estadísticas meteorológicas en lo referente a la temperatura, generadas por la Estación meteorológica Rumipamba, para así identificar “LOS PROCESOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CANTÓN SALCEDO Y LA PRESENCIA DE HELADAS, RESULTADO DE LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA, PERIODO 1981 - 2010”

Estudio que brindara un aporte indiscutible en el espectro local, nacional e internacional, pues se constituirá en un avance científico – técnico que arroje resultados reales sobre la base histórica del monitoreo y comportamiento climático, el cual refleje la variabilidad del clima y el cambio climático, en el territorio del cantón Salcedo.

Es por ello que al ser un estudio teórico – práctico, permitirá sobre la base de experiencias en campo y gabinete, describir procesos de monitoreo, registro y análisis de datos climáticos, los que evidencien las alteraciones, frecuencias y variables en la temperatura de la zona de estudio.

Siendo los métodos utilizados, propios de una estación meteorológica, en el manejo de instrumentación, toma de datos, registro y reporte de los mismos; para posteriormente someterlos a un análisis histórico y comparativo en un lapso de treinta años.

Hecho que refleja un aporte científico de gran novedad, pues su significancia histórica y técnica, permitirá que agricultores, exportadores, autoridades, estudiantes e investigadores, tomen decisiones ante el estado actual del clima.

Entonces esta investigación contiene niveles de alta factibilidad, tanto por mi experiencia en el área de meteorología, como por la base científica generada a través de varios años.

Por ello la sociedad Salcedense y de la provincia de Cotopaxi, se verán beneficiados de gozar de una investigación de alto valor social y productivo, con relación al ambiente y las actividades que en él se desarrollan diariamente, facilitando procesos y garantizando conocimientos técnicos, los cuales generen en la sociedad experiencias de aplicación directa en sus actividades diarias.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Generales

Determinar los procesos de cambio climático y la presencia de heladas, mediante el monitoreo de las variaciones de la temperatura mínima ambiental en la Estación meteorológica de Rumipamba del cantón Salcedo

1.4.2 Específicos

- Establecer los procesos de cambio climático, mediante registros meteorológicos y evidencias, del periodo 1981 - 2010.
- Caracterizar el régimen de heladas, con el análisis e interpretación de los datos meteorológicos de la estación de Rumipamba
- Elaborar un boletín meteorológico con los datos obtenidos de la caracterización para el sector campesino del cantón Salcedo, del periodo 1981 - 2010

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los procesos de cambio en el clima y las variaciones de temperaturas tanto altas como bajas, poseen una historia de más de cuatro mil millones de años, pues nuestro planeta ha sufrido alteraciones climáticas significativas como glaciaciones y épocas de clima cálido (aproximadamente el 90% de la historia del planeta a sido de un clima tropical), generando así grandes cambios y la desaparición de especies y ecosistemas

Es así que variados investigadores y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, exponen que el cambio de temperatura durante la última glaciación con respecto a la temperatura actual, por ejemplo, fue de 5 °C, y fue una era en la cual gran parte de Europa y Norteamérica se encontraban cubiertas por más de un kilómetro de hielo (PNUD, 2007).

Esto dataría desde hace ya 13 500 años atrás, donde se produjo un cambio climático e incidió en el nivel del mar, provocando inundaciones. En cientos de años.

En la primera conferencia mundial sobre el clima, desarrollada en 1979 en Ginebra, se expusieron algunas de las primeras alteraciones climáticas por causas humanas. A partir de estas surge la preocupación por temas ambientales, aprobando la asamblea general de las Naciones Unidas, en 1988, la resolución 43/53, propuesta por el gobierno de Malta, que abogaba por la protección climática para las generaciones actuales y futuras.

Mientras que en 1988, la Organización Meteorológica Mundial (ONM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en el cual se incluye el Ecuador, para trabajar conjuntamente sobre cambio climático.

En 1990, el IPCC presentó un primer informe de evaluación, que, sumado a la segunda conferencia mundial sobre el clima, derivaron en la necesidad de establecer una convención sobre cambio climático, adoptándose en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC o UNFCCC, por sus siglas en inglés), la cual se planteó reducir el calentamiento global y el aumento de la temperatura.

A todo ello se suman el protocolo de Kioto, Copenhague, cumbre de la tierra en Bolivia y otros. Ante el calentamiento global, la emisión de Gases de Efecto Invernadero, deforestación y malos manejos agrícolas del último siglo.

La misma página del Ministerio del Ambiente del Ecuador, a modo de resumen evidencia, la modificación de todos los componentes del sistema climático (temperatura, precipitación, entre otros) en comparación con los cambios históricos atribuidos a causas antropogénicas que han generado un incremento de gases de efecto invernadero. Tiene efectos de diversa naturaleza sobre las poblaciones humanas y ecosistemas del planeta (IPCC 2007).

A lo que añade la dificultad de pronosticar los efectos que traerá el cambio climático. Siendo los países en vías de desarrollo como el Ecuador los que concentran la mayor diversidad biológica, poseen un alto índice de pobreza, y por ende vulnerables frente al cambio climático (IPCC 2007)

2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

CLIMA:

1. Atmósfera
2. Clima
3. Temperatura
4. Cambio climático
5. Variabilidad climática
6. Incremento de temperatura (calor)
7. Baja de temperatura (heladas)

2.2.1 Atmósfera

Partiendo de que la meteorología se encarga del estudio científico de la atmósfera de la Tierra, y de las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas; el estudio del clima, las condiciones medias y extremas durante largos períodos de tiempo, la variación de los elementos meteorológicos cerca del suelo en un área pequeña y muchos otros fenómenos.

Se puede definir entonces como atmósfera, a la mezcla de gases que rodea la Tierra, cuando éste cuenta con un campo gravitatorio suficiente para impedir que escapen. Zitnik, 2010

La atmósfera terrestre está constituida principalmente por gas Porcentaje

Nitrógeno 78

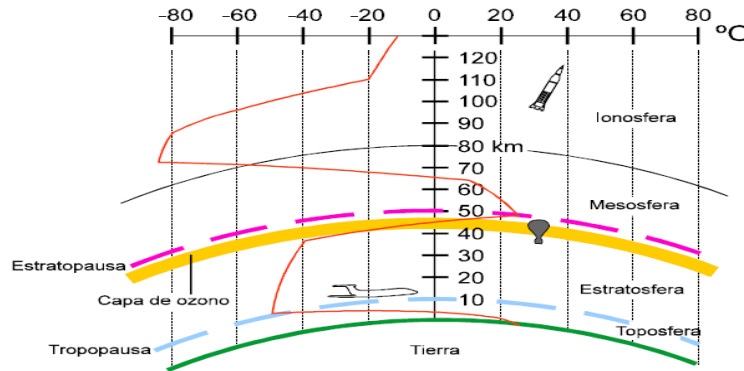
Oxígeno 21

Argón 0,9

Dióxido de carbono 0,03

Vapor de agua, hidrógeno, ozono, metano, monóxido de carbono, helio, neón, kriptón y xenón 0,07

GRÁFICO N° 1: DIVISIONES DE LA ATMOSFERA



FUENTE: Zitnik, 2010

La atmósfera se divide en varios niveles. En la capa inferior, la troposfera, la temperatura suele bajar 5,5 °C por cada 1.000 metros. Es la capa en la que se forman la mayor parte de las nubes.

La tropósfera se extiende hasta unos 18 km en las regiones tropicales y hasta unos 10 km en latitudes templadas. El límite entre la Tropósfera y la Estratósfera se llama Tropopausa y es la zona de transición entre estas dos. No es de mucho espesor y en algunas zonas está discontinuada.

En la estratósfera la temperatura es prácticamente constante, o bien aumenta ligeramente con la altitud, especialmente en las regiones tropicales. Dentro de la capa de ozono, aumenta más rápidamente, con lo que, en los límites superiores de la estratosfera, casi a 50 km sobre el nivel del mar, es casi igual a la de la superficie terrestre. El límite entre la Estratosfera y la Mesosfera se denomina Estratopausa. Zitnik, 2010

La mesosfera, que va desde los 50 a los 80 km, se caracteriza por un marcado descenso de la temperatura al ir aumentando la altura.

La Ionosfera abarca desde los 80 km hasta los 640 Km. También se la conoce como termosfera, a causa de las altas temperaturas (en torno a los 400 km se alcanzan unos 1.200 °C). La región que hay más allá de la ionosfera recibe el nombre de exosfera y se extiende hasta los 9.600 km, lo que constituye el límite exterior de la atmósfera. Zitnik, 2010

Como se puede observar y analizar la atmósfera está compuesta por 4/5 partes de Nitrógeno y 1/5 parte de Oxígeno y aproximadamente el 1% de otros gases mezclados con estos. Se puede observar que a los 5,6 km la presión es la mitad y por lo tanto el oxígeno que se respira es la mitad que en el ámbito de mar, esto trae perturbaciones en los elementos motrices y decisivos del cuerpo humano pudiendo llegar a la inconsciencia. Debe tomarse muy en cuenta los cambios de altitud al iniciar un vuelo ya que a los 3000 m aproximadamente se comienza a reaccionar en forma subnormal. Zitnik, 2010

2.2.2 Clima

Se denomina clima al conjunto de situaciones que determinan el estado medio atmosférico en una determinada zona, y durante un período de tiempo preestablecido. La altura sobre el nivel del mar, la latitud, las lluvias y corrientes marinas son algunos de los factores que inciden en el clima de una región durante un lapso aproximado de 30 años. Zitnik, 2010

Por otra parte, es necesario diferenciar clima de tiempo atmosférico. El primero se deduce luego de largos períodos de observación, el segundo es pasajero y está determinado por la conjunción temporal de algunos factores que posee el clima. Por ejemplo, en las Sierras Pampeanas de la República Argentina, el clima es árido con lluvias insuficientes, pero, ocasionalmente, y por la combinación ocasional de ciertos factores climáticos, se pueden registrar intensas precipitaciones que no son usuales en esa región. Zitnik, 2010

Muchas veces, debido a la estabilidad, el clima de una región puede estudiarse a través de sus características permanentes, por lo que el pronóstico del tiempo puede darse a conocer con una antelación de dos o tres días. De este estudio se encarga la meteorología, ciencia que se ocupa de conocer los fenómenos climáticos.

Para definir las características del clima se deben tener en cuenta elementos tales como: la temperatura, la presión atmosférica, los vientos y las precipitaciones.

Entre los elementos que caracterizan a un determinado clima se encuentra la temperatura, que está dada por el grado de frío o de calor que tiene una región determinada, y se encuentra relacionada con la zona desde donde proviene el aire, y la aparición o el ocultamiento del sol determinado por la nubosidad. Si el aire proviene del trópico es caliente y las temperaturas se elevan. En cambio, si procede del polo, el aire es frío y la temperatura baja. Zitnik, 2010

Las temperaturas medias son la resultante de la suma de las diarias dividido por la cantidad de días considerados. Para conocer, por ejemplo, la media de un mes, se suman las de todos los días y se las divide por 30.

Se puede mostrar, gráficamente, las zonas térmicas de todo el planeta. Para esto se utilizan las isotermas, líneas mediante las cuales se unen los puntos de la Tierra que tienen la misma temperatura

Por ello el clima dependerá directamente de la región, a esto se denomina clima regional. Esto es el patrón promedio del clima de un lugar durante más de treinta años, incluyendo las variaciones de las estaciones del año. Para describir el clima regional de un lugar, generalmente se describen cómo son las temperaturas, cuánto viento hay y cuánta lluvia o nieve cae. Zitnik, 2010

Es así que del clima de una región depende de muchos factores, incluyendo la cantidad de luz solar que recibe, su altitud, topografía y cuán cerca se encuentra

de los océanos. Debido a que las regiones del Ecuador reciben mayor cantidad de luz solar que los polos, el clima varía con la latitud.

Sin embargo, también podemos ver al clima en la escala global de un planeta. El clima global es la descripción del clima de todo un planeta, con todas las variaciones regionales promediadas.

En general, el clima global depende de la cantidad de energía solar recibida, así como de la cantidad de energía que queda en el sistema. Estas cantidades son diferentes en diferentes planetas. Los científicos que estudian el clima de la Tierra y los cambios de clima, estudian los factores que afectan al clima de todo nuestro planeta.

Mientras el estado del tiempo puede cambiar en un par de horas, los cambios climáticos ocurren en lapsos de tiempo mucho más largos. Eventos climáticos, como El Niño, ocurren durante varios años, fluctuaciones en pequeña escala ocurren a lo largo de décadas, y cambios climáticos mayores ocurren a lo largo de cientos de miles de años. Hoy, los climas están cambiando. De acuerdo a las investigaciones científicas, nuestra Tierra se está calentando más rápidamente que en el pasado. Los cálidos días de verano pueden ser climas típicos alrededor de muchas regiones del mundo, pero el calentamiento global está haciendo que aumenten las temperaturas globales promedio la Tierra.

El clima de la Tierra es afectado por la cantidad de radiación solar, la química de la atmósfera las nubes y la biosfera. Zitnik, 2010

2.2.3 Temperatura y Calor

De los elementos del tiempo y el clima, la temperatura es uno de los más conocidos, tanto por su efecto sobre los seres vivos, como por la facilidad de su medición, que se remonta a 1714 cuando Fahrenheit inventa el termómetro.

Todo cuerpo posee energía en forma de calor y éste es un estado de energía inherente a la materia. Esa energía calórica o calor, se expresa en calorías (cal) o en otra unidad de energía tal como los Joules (J). Sin embargo, la incomodidad de esta unidad hizo necesario contar con un índice más práctico. Este índice es la temperatura, definida como un valor numérico que es solamente un indicativo del estado de calor de un cuerpo, expresado en grados. La temperatura no representa una medida del calor de un cuerpo. Trezza, R, 2010

Para diferenciar los términos temperatura y calor es necesario considerar la constitución molecular de los cuerpos. Es la energía cinética de las moléculas la que produce el calor; por consiguiente el calor de un cuerpo será proporcional a la suma total de la energía cinética de sus moléculas. Esto significa que un cuerpo tendrá más calor cuanta más energía cinética tengan sus moléculas y cuanto mayor sea su masa.

En cambio la temperatura no es energía, sino una manera de caracterizarla, no dependiendo del tamaño del cuerpo. Lo mencionado se representa en la Figura 1, donde se comparan 4 recipientes con agua. En general, dado un cuerpo de masa M , a mayor temperatura, mayor será la cantidad de calor que el cuerpo posee.

Se utilizan unidades relativas y absolutas de temperatura. Las unidades relativas son las que caracterizan la temperatura en grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) y Centígrados ($^{\circ}\text{C}$). Trezza, R, 2010

Las absolutas son las escalas Kelvin y Rankine. El punto de fusión o formación del hielo marca el 0°C ; el punto de ebullición marca los 100°C . A una temperatura de -273°C , las moléculas de un cuerpo cesan completamente de moverse, por lo que se pierde todo el calor; este punto marca el cero en las escalas absolutas, es decir: $-273^{\circ}\text{C} = 0\text{ K} = 0\text{ R}$. En este curso consideraremos las temperaturas expresadas en grados centígrados o en Kelvin. Trezza, R, 2010

2.2.4 Clases de temperatura utilizadas en meteorología

2.2.4.1 Temperatura del aire

a) Temperatura actual: es la lectura obtenida en un instante cualquiera a través de un termómetro normal de mercurio u otro tipo de termómetro. Para el registro de la temperatura actual se utiliza asimismo el termógrafo que permite obtener una gráfica de temperatura vs. tiempo. En las estaciones automáticas, la temperatura se registra a través de sensores denominados termopares; estos registros son acumulados continuamente en un almacenador de datos (micro-computadora ó dataloger). Trezza, R, 2010

b) Temperatura del termómetro húmedo: es la temperatura medida con un termómetro normal cuyo bulbo ha sido cubierto con una muselina humedecida. La diferencia entre la temperatura del termómetro normal (seco) y el húmedo se denomina depresión del bulbo húmedo, valor útil para estimar la humedad relativa del aire. Trezza, R, 2010

c) Temperatura máxima: es la máxima temperatura registrada en un período de tiempo determinado, registrada a través del termómetro de máxima. El termómetro de máxima es de mercurio y tiene un estrechamiento cerca del depósito, a semejanza de un termómetro clínico. Cuando la temperatura sube, el mercurio se dilata y vence la resistencia que opone el estrechamiento, en cambio cuando la temperatura baja, el mercurio se contrae y la columna se rompe en el estrechamiento, quedando el extremo de dicha columna marcando la temperatura máxima alcanzada. Trezza, R, 2010

d) Temperatura mínima: es la mínima temperatura registrada en determinado intervalo de tiempo. Esta temperatura es registrada por el termómetro de mínima, que lleva alcohol en vez de mercurio y va provisto de un índice de hierro que permanece sumergido en el alcohol; cuando éste desciende, el borde del líquido arrastra consigo el índice, pero cuando se dilata no se mueve, lo que permite

registrar la temperatura mínima. Los termómetros de máxima y mínima se colocan horizontales. Trezza, R, 2010

Los termómetros se colocan dentro de una caseta meteorológica, ventilada y de color blanco. Es común además utilizar un aparato denominado psicrómetro, el cual posee dos o más termómetros.

El psicrómetro tipo August consiste en un arreglo de 4 termómetros: termómetro seco y húmedo, termómetros de máxima y mínima. El tipo Assmann posee sólo termómetros seco y húmedo.

2.2.4.2 Temperatura del suelo

La temperatura del suelo se mide mediante termómetros enterrados a distintas profundidades ; es común el uso de la llamada “Caja Lamont”, compuesta de geotermómetros que miden la temperatura del suelo a 25 , 50, 75 y 100 cm. de profundidad. La temperatura a estas profundidades, afecta el desarrollo de las raíces de las plantas por lo que es de utilidad en estudios agrometeorológicos.

Por la mala conductividad del suelo, el calor se concentra en su parte más superficial, decreciendo con la profundidad hasta un metro y medio cuando la temperatura se hace aproximadamente constante. Posteriormente, a partir de cierta profundidad, influye el calor interno de la tierra, que eleva la temperatura 1 °C por cada 33 metros de profundidad. Trezza, R, 2010

2.2.5 Variabilidad climática

El término "Variabilidad Climática" se utiliza para destacar variabilidad dentro del clima, o sea fluctuaciones en las propiedades estadísticas sobre períodos de semanas, meses o años. De esta manera se determinan límites dentro de los cuales

los valores medios, variancias o frecuencias de valores entre los límites establecidos puede ser aceptada como normal. Los eventos fuera de estos límites pueden ser vistos como anómalos a un cierto nivel de significación. Y si las propiedades estadísticas de una secuencia de años, décadas, etc., difieren considerablemente respecto de otra secuencia de años, décadas, etc. de referencia, podemos hablar de "Cambio Climático" sobre una escala de tiempo adecuada. INAMHI, 2006

Como ejemplo el evento el "Niño" o la "Niña", apartan los valores de los parámetros meteorológicos (precipitación, temperatura, humedad, viento) de sus normales estadísticas mientras dura el fenómeno. Esto no implica un "cambio climático", sino una de las fluctuaciones o anomalías dentro de la variabilidad del clima.

La ciencia confirma, hoy que el decenio que va desde 1990 hasta 1999 fue el más caliente de los últimos 1000 años. El verano europeo del año 2003 supero todo record, FAO, 2003.

La contaminación de ozono se está convirtiendo en un problema mundial. Sobre todo, en algunas zonas de África, los valores de ozono se han duplicado en dos años. El consumo de energía que aumenta mundialmente conduce a un aumento en gran medida de la cantidad del mismo, y con ello disminuye globalmente la calidad del aire. FAO, 2003.

El hielo de la Antártida occidental se derrite con más rapidez de lo supuesto hasta ahora. La capa de hielo pierde en el año 250 Km³ de agua congelada. Algunos cálculos han demostrado que las placas tectónicas bajo el territorio de Alaska se mueven más libre y rápidamente cuando disminuye el peso de los glaciares.

Según la OMM desde el año 1991 hasta el año 2000, 210 millones de personas estuvieron afectadas por catástrofes naturales relacionadas con el agua y el clima. La Cruz Roja y la Media Luna Roja calculan que sólo por catástrofes de las aguas

mueren anualmente 3,4 millones de personas. Ámbitos como el área mediterránea se secarán cada vez más a causa del cambio del clima. La elevación de la temperatura continuará evaporando las aguas que se encuentran en terrenos que ya de por sí son secos.

2.2.6 Cambio Climático: gravedad de la amenaza

En la actualidad, la mayoría de los científicos del mundo están de acuerdo en que la Tierra ya está experimentando los efectos del cambio climático ocasionado por el hombre.

2.2.6.1 Efectos

En todo el mundo la tierra se calentará más que los océanos y las latitudes septentrionales serán las que registren el mayor aumento de temperatura. Las precipitaciones aumentarán alrededor de un 2% por cada grado de temperatura, pero las pautas en cada región son complejas y aún no se conocen bien. En muchas zonas el clima se volverá más seco, mientras que en otras se incrementarán las precipitaciones.

Una de las consecuencias más importantes del cambio climático será la continua subida del nivel del mar, que vendrá acompañada de un aumento del riesgo de tormentas de extrema virulencia. Muchos millones de personas habitan zonas que corren el riesgo de quedar inundadas. Los cambios en las precipitaciones aumentarán la erosión y el hundimiento del suelo, y tendrán un efecto profundo en la disponibilidad y calidad del agua. Los suelos más secos, a su vez, ocasionarán cambios en el tipo y el rendimiento de las cosechas, desencadenando mayores riesgos de hambruna en algunas zonas. La salud también se verá afectada, tanto directamente –los veranos calurosos harán mayores estragos, pero habrá menos muertes por el frío en invierno – como indirectamente, al producirse cambios en las enfermedades más frecuentes. Por ejemplo, serán más comunes las

intoxicaciones alimenticias y se prevé la propagación de enfermedades infecciosas como la malaria.

Por lo tanto, se acumulan pruebas de que el cambio climático está aconteciendo y que, si queremos mitigar sus efectos en el futuro, debemos tomar medidas ahora. Sin embargo, el dióxido de carbono permanece durante mucho tiempo en la atmósfera y el nivel de gases de efecto invernadero en la atmósfera ya se sitúa por encima de los niveles preindustriales.

Sabemos que se producirá un cierto grado de cambio climático a lo largo de los próximos 100 años, y tendremos que saber enfrentarnos a unos efectos que aún están por manifestarse: es preciso que estemos preparados para adaptarnos, además de tomar medidas para mitigar su impacto. (<http://ecoloquia.com>), 02-05-2010.

Entre los posibles impactos negativos, previsto sobre la base de modelos y otros estudios, se incluyen los siguientes:

- Una reducción general del rendimiento posible de las cosechas en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales por razón de la mayoría de los aumentos previstos de la temperatura.
- Una disminución general, con algunas variaciones, del rendimiento posible de las cosechas en la mayoría de las regiones de latitud media por razón de aumentos del promedio anual de temperatura de más de unos pocos °C.
- Disponibilidad menor de aguas para poblaciones en muchas regiones con escasez de agua, particularmente en las regiones subtropicales.
- Un aumento del número de personas expuestas a enfermedades transmitidas por vectores (p.ej., paludismo) y en aguas pantanosas (p.ej., cólera), y un aumento de la mortalidad por la tensión del calor.

- Un aumento extendido del riesgo de inundaciones para muchos asentamientos humanos (decenas de millones de habitantes en los asentamientos estudiados) como consecuencia de sucesos crecientes de precipitación fuerte y subida del nivel del mar.

Aumento de la demanda de energía para acondicionamiento de locales debido a mayores temperaturas estivales. <http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/sres-s.pdf> (28/11/2010)

2.2.7 Cambio Climático en el Ecuador

La temperatura media global de la superficie ha aumentado entre 0.4° C y 0.8° C desde 1860. Durante este período, por lo menos en el Hemisferio Norte, la década de los noventa, fue sin lugar a dudas la más calurosa.

Los datos de medida del nivel del mar, muestran un levantamiento en el nivel del mar durante el siglo 20 de entre 10 y 20 centímetros, y la proporción del levantamiento del nivel del mar puede haber sido el más rápido que en cualquier momento durante los últimos 6.000 años.

El Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos (IPCC), recientemente en el Proyecto de Valoración del Tercer Informe que se publicó en el año 2001, basado en los últimos datos disponibles, señala entre otras las siguientes previsiones:

- Incremento de la temperatura media global de la superficie de la tierra entre 1.4° C a 5.8° C, durante el período comprendido entre 1990 y 2100.
- Incremento del nivel del mar medio global de 9 a 88 centímetros. INAMHI, 2010

En el año de 1997, bajo el auspicio de los Proyectos Ecuador Climate Change Country Study (ECCCS) y CC: Train, se realizó el estudio “ Evidencia del Cambio Climático en el Ecuador”, el mismo que presentó evidencias que corroboraron en parte las teorías existentes a nivel mundial.

2.2.7.1 Detección del cambio climático en el Ecuador

Para los fines de la investigación se denomina cambio, a la diferencia entre los valores inicial y final de la línea de tendencia en los diferentes gráficos que presentan la serie temporal original desde el inicio de las observaciones, las medias móviles de 5 períodos, es decir una serie suavizada o filtrada y la línea de tendencia.

El análisis se efectúa por estación y por parámetro, para luego integrar los resultados por zonas, intentando determinar evidencias comunes para el país.

También se presentan Tablas de resumen de los resultados de los tests de tendencia y de los valores de "Cambio" para las 14 estaciones meteorológicas utilizadas en la investigación.

TABLA N° 1: RESULTADOS DE LOS TESTS DE TENDENCIA Y DE LOS VALORES DE "CAMBIO" PARA LAS 14 ESTACIONES METEOROLÓGICAS

ESTACION	“VALOR DEL "CAMBIO”			
	TEMPERATURA			PRECIPITACION %
	MEDIA	MINIMA	MAXIMA	
QUITO	+1.5	2.4	1.3	-1.3
TULCAN	1.6	0.9	1.9	+9
IBARRA	1.6	1.2	1.1	-1.8
COTOPAXI	1.5	0.8	0.0	-15
AMBATO	0.5	2.8	2.3	-8

BAÑOS	1.0	2.3	0.0	18
RIOBAMBA	1.5	1.7	1.3	25
LOJA	0.7	1.3	1.3	24
PORTOVIEJO	0.5	0.8	1.0	-36
ANCON	0.1			-50
GUAYAQUIL	1.0	2.0	1.3	-37
MILAGRO	0.8	0.6	-0.2	-46
BABAHOYO	0.6	+0.2	+0.2	-2
MACHALA	0.8			-24 </

FUENTE: INAMHI, 2006

2.2.7.2 El cambio climático y las heladas

La estimación anticipada de la producción agrícola constituye una herramienta de vital importancia para todos los sectores de la economía de un país. Esta estimación depende, entre otros factores, del ambiente. La variabilidad climática genera la mayor parte de las fluctuaciones interanuales en los rendimientos de cultivos anuales que representan una proporción importante de la alimentación básica de la humanidad (FAO, 1974).

En este contexto, conocer las fechas medias de primera y última helada así como la duración del período con heladas y sus corrimientos a través del tiempo es de fundamental importancia al momento de tomar decisiones respecto de los calendarios agrícolas de una región.

Mucho se ha dicho sobre el cambio climático y su consecuencia sobre el aumento de la temperatura global del planeta (IPCC, 2007) y también sobre América Latina (Jones y otros 1986, Camilioni y Barros 1995, Vincent y otros 2005), pero este aumento en la temperatura no es el mismo para las distintas regiones, ni es constante a lo largo del año.

El aumento en las temperaturas medias hizo pensar que las heladas dejaban de ser un riesgo, por ejemplo algunos productores de frutas de carozo, con la necesidad de ingresar al mercado con fruta de primicia, y apoyados en la divulgación del cambio climático, el calentamiento global, comenzaron a introducir variedades de ciclo más corto con floración en los meses de julio-agosto; registrando luego graves pérdidas por heladas (Fernández Long, 2005)

Dado que la atmósfera no se comporta en forma lineal, no se pueden extrapolar tan fácilmente los resultados, es por esto que muchos científicos han estudiado los cambios producidos en los regímenes de heladas. En Nueva Zelanda, Salinger y Griffiths (2001) encontraron una disminución significativa del número de días con heladas en los últimos 20 años; en Canadá. En Estados Unidos, Easterling (2002) encontró disminución en la frecuencia anual de heladas con excepción de la región Sudeste donde se registró un aumento no significativo.

En Argentina, Fernández Long y otros (2005, 2006) estudiaron el comportamiento de las heladas observando una gran variabilidad zonal. El estudio se realizó comparando los últimos diez años con los 30 años previos. La región oeste de la llanura pampeana, comprendida por el sur de Córdoba y La Pampa presentó una clara disminución en el período con heladas, con retrasos en las fechas de primeras heladas y adelantos en las fechas de últimas heladas. En General Pico, se registró una disminución en el período con heladas de 29 días. En contraposición la región sur de Buenos Aires, comprendida por los partidos que van desde Coronel Suarez hasta Tandil, presentó un aumento en el período con heladas con un máximo de 23 días en Tandil; en respuesta tanto al adelanto de las primeras heladas, como de un retraso en las últimas. En toda esta región también se incrementó la frecuencia de días con heladas (Fernández Long y Müller, 2006).

Un comportamiento diferente a los dos expuestos, se presentó en una vasta región que abarca desde el noreste de Buenos Aires, la provincia de Entre Ríos, centro y norte de Santa Fe y centro y norte de Córdoba; presentando un retraso en el período con heladas. Si bien en varias de las estaciones analizadas el período con

heladas disminuyó, este resultado se debió fundamentalmente a un retraso en las primeras heladas, mientras que la fecha de últimas heladas también se retrasó aumentando el riesgo para la mayoría de los cultivos de granos y un gran número de frutales que se ven perjudicados por heladas tardías (Fernández Long y otros 2005)

En los últimos años, en la región frutihortícola y forestal de Entre Ríos también aumentó el porcentaje de años con heladas tardías y disminuyó el de las tempranas. Si bien el cambio climático produjo aumentos en la temperatura, el riesgo por heladas no ha disminuido en toda la región pampeana, incluso es mayor en algunas zonas. (Fernández Long y otros 2005; Fernández y Müller 2006; Fernández Long y otros 2007).

Desde otro punto de vista, tomando a las heladas de acuerdo a su distribución espacial con un criterio que las agrupa en las categorías: aislada, parcial y generalizada (Müller y otros, 2000), se encuentra que la frecuencia de ocurrencia de heladas presenta en general una gran variabilidad intermensual e interanual en las tres categorías. Un resultado interesante en este análisis es que los únicos años que no registraron eventos de heladas generalizadas coinciden con eventos El Niño.

El Niño/Oscilación Sur (ENOS) es reconocido como la principal fuente de variabilidad climática interanual y está demostrado su impacto en el centro-sur de América del Sur. En relación a este fenómeno y las heladas, se encontró que la variabilidad interanual en la frecuencia de ocurrencia de heladas en la Pampa Húmeda está explicada en parte por la ocurrencia de las fases cálida y fría del ENOS, siendo inversa durante las mismas (Müller 2006). En los años El Niño (La Niña) el número de heladas anual es en general inferior (superior) al promedio, lo mismo que en el invierno; en cambio en el otoño y la primavera el número de heladas está condicionado por la etapa de desarrollo del fenómeno, particularmente en El Niño (Müller y otros, 2000).

En relación a este fenómeno y las fechas de primera y última helada de la región de la Pampa Húmeda, Müller y otros (2000) muestran que en los años El Niño existe un retraso mientras que en los años La Niña se observa un adelanto. Este hecho, sumado a la relación hallada en las diferentes estaciones del año, indica una asociación entre la ocurrencia de heladas y el estado de desarrollo del evento cálido, con un impacto mayor en los meses de otoño e invierno, para los que también parece tener influencia el evento frío. En cambio para la última helada en primavera no se encontró influencia por la presencia de un evento ENOS en ambas fases (fría y cálida).

La modulación que ejerce el ENOS en la variabilidad de gran escala se ve reflejada en la frecuencia con que ocurren los sistemas sinópticos que causan el descenso de temperatura en superficie. Este resultado se obtuvo en un estudio de Müller y otros (2003) a partir de un análisis que identifica los tipos sinópticos que afectan el cono sur de Sudamérica empleando la presión en superficie de los días en que se registraron heladas. En ese estudio se obtuvo una clasificación climática sinóptica de los patrones de circulación atmosférica y la frecuencia de los mismos, asociados a la ocurrencia de heladas durante los eventos El Niño y la Niña del Pacífico ecuatorial además de los años Neutros.

2.2.7.3 La helada

Todos los cuerpos por muy fríos que nos parezcan están irradiando energía constantemente. La Tierra no es una excepción y en las noches despejadas sin nubes su pérdida de calor es continua.

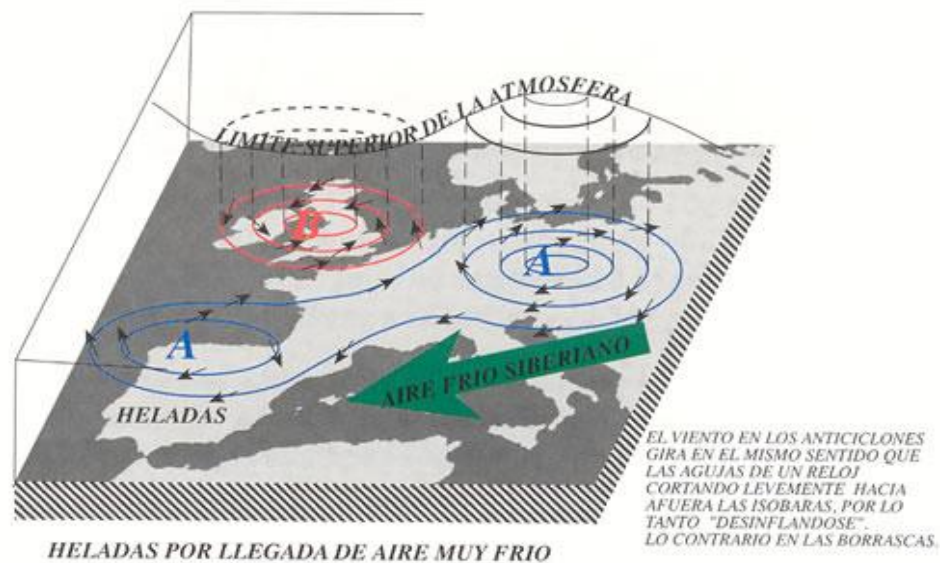
Otras veces, su enfriamiento es debido a que lenguas de aire gélido, se mueven sobre las tierras, procedentes de otras más frías.

En la mayoría de los cultivos, los efectos nocivos comienzan a ponerse de manifiesto a temperaturas próximas a los -2°C ., a causa del agua, que todos los vegetales contienen en grandes cantidades. Entre las células del vegetal existe

agua casi pura, que se congela a los cero grados, formándose cristales de hielo, que al aumentar de volumen, desgarran todos los tejidos que encuentra al paso.

El agua de un vaso, puesta en el congelador, se helaría a los 0°C; bastaría que disolviéramos un poco de sal para observar que ya no se congela a 0°C, sino a temperaturas más bajas.

GRÁFICO N° 2: HELADAS POR LLEGADA DE AIRE MUY FRÍO



Fuente: Ingeniero ambiental Argentina, 2010

Dentro de las células, el agua contiene solutos, lo cual hace que su punto de congelación esté por debajo de este trágico límite de los 0°C. Las plantas para defenderse, aumentan la concentración de sales en su interior, tanto, que a veces les produce un efecto tóxico. A pesar de todo, en muchas ocasiones, este intento de defensa resulta inútil y los líquidos y savias del interior se congelan, rompiendo membranas y vasos.

Al salir el sol, se produce una rápida fusión del hielo, lo cual ocasiona en la planta una serie de manchas o quemaduras, y pudiera pensarse que los males han terminado, pero no es así; al volver a la temperatura normal, el líquido del interior celular, que como hemos visto se ha desecado, se hidrata rápidamente, pudiendo

estas bruscas entradas de agua originar de nuevo roturas internas y también de la membrana celular.

Por si esto fuera poco, si el período de heladas es lo suficientemente largo, puede producirle a la planta la muerte por deshidratación.

El fenómeno de helada como contingencia agrícola ocurre cuando la temperatura del aire desciende a temperatura tan bajas que producen la muerte de las plantas, es decir, cuando se produce la muerte de tejidos vegetales por efecto del aire.

Se considera como helada la ocurrencia de temperatura igual o menor a 0 grados centígrados, en el abrigo meteorológico a 1,50m de altura sobre el suelo independientemente de su duración e intensidad. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

2.2.7.4 Origen y clases de heladas

Se dice que se ha producido una helada cuando la temperatura del aire disminuye por debajo de 0 ° C. Esta será más intensa cuanto mayor sea el descenso térmico y su duración, las consecuencias del daño dependerá también de la especie o variedad cultivada, y del estado fenológico. Además de la resistencia mayor o menor de una planta determinada al frío, existen niveles muy diferentes de sensibilidad en función de su estado de desarrollo. La mayor resistencia al frío se alcanza durante la parada invernal, la sensibilidad comienza con el inicio de la vegetación en primavera y pasa por su punto más sensible en la floración y cuajado de los frutos. Son así las heladas tardías las más peligrosas, y las que más daños causan.

Es frecuente hablar en Agroclimatología de heladas blancas y negras. Si el contenido de humedad atmosférica es tal que a medida que se reducen las temperaturas se alcanza el nivel de condensación (temperatura del punto de rocío),

comenzará a producirse una condensación sobre las plantas y objetos situados sobre la superficie. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

Si la temperatura desciende por debajo de cero, el rocío depositado pasa a formar cristales de hielo y da lugar a la escarcha, produciéndose lo que se denomina helada blanca. Si la humedad atmosférica es baja, el punto de rocío puede hallarse por debajo de 0 ° C, por lo que aunque se alcancen temperaturas negativas no se produce la condensación. Este tipo de helada se conoce como helada negra, puesto que los vegetales afectados muestran un ennegrecimiento de los órganos afectados. En el caso de las heladas blancas en las que ha ocurrido formación de hielo, este tiene un efecto favorable al ceder a la planta el calor latente de fusión en el cambio de estado de agua a hielo, ochenta calorías por gramo. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

La clásica división de los tipos de heladas en heladas de advección, irradiación y evaporación es muy útil para fijar las ideas con fines didácticos, pero si se analiza los grandes episodios de helada ocurridos en España se observa que las dos secuencias atmosféricas (advección-irradiación) están estrechamente unidas (Olcina, 1994) de forma que es habitual que las heladas de advección se refuercen con heladas nocturnas por irradiación. Aquí se sigue la tradicional y repetida división en los tratados de Agroclimatología con fines didácticos.

Heladas de advección, asociadas a la presencia de ondas árticas en la troposfera. Estas olas de frío provocan unos descensos muy acusados de las temperaturas heladas. Aunque las plantas suelen estar en fases fenológicas más tolerables al frío, las bajadas pueden ser tan severas que provocan daños sobre las plantas. Muchas de las heladas más dañinas son fruto de la ocurrencia de heladas de irradiación precedidas de procesos advectivos a los que se asocian las heladas de advección. Ingeniero ambiental Argentina, 2010.

Heladas de irradiación, en situación anticiclónica, sobre todo los días sin nubes y con viento en calma, la pérdida de irradiación infrarroja nocturna provoca una

pérdida de calor que se traduce en un enfriamiento del suelo y de las capas de aire en contacto con éste. La intensidad del enfriamiento puede ser elevada, si bien la capa de aire fría suele ser de poco espesor. Lo normal es que la inversión se sitúe a menos de 10 m de altura, aunque hay casos en los que no supera el metro, dañando a los cultivos herbáceos y dejando sin daños a los árboles. La mayor o menor intensidad de la helada dependerá de los siguientes factores: Viento: Cuando existe viento no hay inversión de temperaturas. Atmósfera: el vapor de agua, humo o polvo atmosférico actúan devolviendo parte de la radiación emitida y reduciendo la bajada de temperaturas. Cuando el cielo está nublado la helada no se produce. Relieve: En zonas de pendiente, el aire frío se desplaza hacia las partes bajas donde se acumula y se producen las condiciones más favorables a la helada. La orientación también es importante siendo la orientación sudoeste la más favorable para evitar la helada, al recibir las horas de sol por la tarde, y las más desfavorables las orientaciones norte. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

Heladas de evaporación. Si por descenso de las temperaturas se ha originado condensación sobre las plantas y en consecuencia se ha reducido el contenido de humedad en el aire, al salir el sol al día siguiente, el incremento de temperatura puede en ocasiones dar lugar a una vaporización muy rápida del rocío o humedad depositada sobre la planta, con el consiguiente enfriamiento, debido a la cesión de calor latente de vaporización. La intensidad de la helada dependerá de la temperatura del aire y de la cantidad de agua evaporada. La existencia de corrientes de aire aumentará la evaporación y por tanto el riesgo de helada. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

2.2.8 Tipos de heladas

2.2.8.1 Heladas de advección

Son las provocadas por una invasión de aire a temperaturas muy frías, lo que es frecuente en las regiones continentales o en zonas marítimas del Hemisferio

Norte. Allí se originan las masas de aire muy frío que incursionan regiones de más bajas latitudes, con la hipoisoterma de 0°C por debajo de los 1500m sobre el nivel del mar, ocasionan este tipo de heladas en el territorio que alcanzan.

Por tal condición, que parte de la superficie del suelo, sobre todo las regiones a cierta altura, quedan con temperaturas congelantes por 1 ó varios días consecutivos, provocando serios daños a la agricultura. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

2.2.8.2 Heladas de radiación

En este tipo de heladas, la hipoisoterma de 0°C se halla generalmente por encima de los 1500m de altura y afecta exclusivamente al microclima ya que queda limitada, en su expresión, a la capa de aire adyacente al suelo. La inversión de temperatura en el aire cercano al suelo, es otra característica esencial de estas heladas. Por encima de la capa invertida recupera la temperatura su distribución normal.

Los mayores daños en estos casos se registran en las partes bajas del relieve del suelo; en las altas los daños resultan menores o nulos. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

2.2.8.3 Heladas blancas y negras

Las heladas blancas o “escarchas” ocurren cuando se forma hielo cristalino sobre la superficie de las plantas y objetos expuestos libremente a la radiación nocturna, si la temperatura desciende por debajo de 0°C . La helada negra es una adversidad agrícola y ocurre cuando el descenso térmico por debajo de 0°C no va acompañado de formación de hielo. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

La diferencia física entre estos dos tipos de heladas radica en los efectos de una distinta combinación entre el estado higrométrico de la masa de aire, presente en la región afectada, y la temperatura mínima registrada inferior a 0°C.

Las masas de aire húmedo producen generalmente heladas blancas y las de aire seco, heladas negras.

La helada blanca ocurre cuando la temperatura mínima de los objetos expuestos a la radiación nocturna es menor que la del punto de rocío.

La helada negra, en cambio, tiene lugar cuando el punto de saturación, con respecto al hielo, de la masa de aire queda todavía por debajo de la temperatura mínima de los mismos.

Los estados de tiempo que se caracterizan por aire calmo y cielo despejado son, en cierto modo, favorables para la formación de helada blanca. Por el contrario, el cielo cubierto o semicubierto o la turbulencia en la capa baja de la atmósfera favorece la formación de heladas negras. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

2.2.8.4 Caracterización agroclimática de las heladas

El estudio agroclimático de las heladas se enfoca en función de:

- 1) época de ocurrencia
- 2) intensidad
- 3) duración
- 4) tipo genético
- 5) diferentes modalidades de frecuencia de las características antes mencionadas

Considerando la época en que ocurren fríos dañinos para la vegetación, se pueden diferenciar las heladas en primaverales y otoñales, y estivales e invernales.

Las heladas primaverales y otoñales deben caracterizarse más por la época o fecha en que se producen que por su intensidad. No porque esta última condición carezca de importancia en la expresión de los daños, sino debido a que pequeñas diferencias en la fecha de la ocurrencia de una misma temperatura bajo 0 °C puede sorprender a las plantas en sus momentos de mayor o de menor sensibilidad a aquellas y, por lo tanto, ocasionar o no perjuicios.

En las heladas invernales interesa más la intensidad que la fecha del fenómeno. En este caso, las diferencias de fecha en la ocurrencia de fríos dañinos no tienen mayores consecuencias, porque la resistencia a los fríos durante la estación es muy estable en cada especie vegetal.

Las heladas estivales son aquellas que, en regiones libre de heladas amplio, ocurren en los meses del verano, suficientemente alejadas de las últimas y primeras heladas.

2.2.8.5 Daños ocasionados por las heladas

Los daños por bajas temperaturas (e.g. frío y congelación) pueden producirse en todas las plantas, pero los mecanismos y la tipología del daño varían considerablemente. Algunos cultivos frutales, hortícolas y ornamentales de origen tropical experimentan daños fisiológicos cuando están sometidos a temperaturas por debajo de +12,5 °C, bastante por encima de las temperaturas de congelación.

Sin embargo, el daño por encima de 0 °C es más por enfriamiento que por helada. Ésta ocurre en todas las plantas debido a la formación de hielo. Las plantas cultivadas que se desarrollan en climas tropicales, a menudo experimentan daños importantes por heladas cuando se exponen a temperaturas ligeramente por debajo de cero, mientras que muchos cultivos que se desarrollan en climas más fríos, a menudo, sobreviven con pocos daños si la congelación no es muy severa. Algunas excepciones son las lechugas, que se han originado en climas templados, pero

pueden dañarse a temperaturas cercanas a 0 °C y algunos frutos subtropicales, que a pesar de tener un origen tropical pueden permanecer a temperaturas de -5 a -8 °C. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

Las especies o las variedades de cultivos exhiben distintos daños por heladas a la misma temperatura y en el mismo estadio fenológico, dependiendo de las condiciones meteorológicas previas. Su adaptación a las temperaturas frías antes de una helada nocturna se denomina “endurecimiento”. Durante los periodos fríos, las plantas tienden a endurecerse contra el daño por congelación, y pierden el endurecimiento después de un período de calentamiento. El endurecimiento está relacionado, probablemente, con el aumento del contenido de solutos en el tejido de las plantas o con la disminución de la concentración de bacterias activas en la nucleación de hielo (INA) durante los períodos fríos, o una combinación de ambos. Durante los períodos cálidos, las plantas exhiben crecimiento, el cual reduce la concentración de solutos, y aumenta la concentración de bacterias INA, haciendo las plantas menos resistentes. Ingeniero ambiental Argentina, 2010

El daño por heladas ocurre cuando se forma hielo dentro del tejido de las plantas, dañando sus células. Puede ocurrir en las plantas anuales (cultivos para ensilado o forrajes de gramíneas y leguminosas; cereales; cultivos para aceite o de raíces; hortalizas; y cultivos ornamentales) multi-anuales y perennes (árboles frutales

2.3 FUNDAMENTO LEGAL

Entre los aspectos legales de mayor trascendencia mundial debido a los efectos del cambio climático, durante el último tercio del siglo XX, se encuentra el Protocolo de Kioto, alcanzado en el seno de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1997, a través del cual los países industrializados se comprometían a reducir sus emisiones, dicho Protocolo finalizaría en 2013, por lo que desde la 13ª Conferencia de las Partes (COP 13) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático,

celebrada en Bali en 2007, se ha estado trabajando para alcanzar un acuerdo internacional que fijara un marco que sustituyera al Protocolo de Kioto.

En diciembre de 2009, en la decimoquinta (COP 15) celebrada en Copenhague, un ambicioso acuerdo internacional de lucha contra el cambio climático, destaca el reconocimiento de la necesidad de limitar el incremento en la temperatura global a 2°C y de alcanzar un techo de emisiones global y por países lo antes posible.

Así también el Consejo Europeo de marzo de 2007, se constituyó como un avance respecto a los compromisos asumidos por la UE en el Protocolo de Kioto, fijando el objetivo unilateral de reducir sus emisiones en un 20% en 2020 respecto a las de 1990.

En lo referente al Ecuador, basa su normativa en relación a acuerdos internacionales, por lo que dentro de la Constitución establece derechos sobre la naturaleza y protección del ambiente con equilibrio ecológico. Además de la actual Ley de gestión ambiental, la que establece un capítulo de la calidad ambiental y sus diferentes anexos para el control de emisiones de gases de efecto invernadero, calidad del aire y cambio climático. MAE, 2010

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA Y APLICACIÓN METODOLÓGICA

3.1 CANTÓN SALCEDO

3.1.1 Ubicación Geográfica y posición astronómica

El cantón Salcedo se ubica hacia el costado sur oriental de la provincia de Cotopaxi, en el sector centro norte del Callejón Interandino (Hoya del Patate); extendiéndose desde los 78° 22' en su extremo oriental, hasta los 78° 49' en su extremo occidental, en la longitud de Greenwich.

Y, sus puntos extremos: al sur la cumbre del Sagatoa, a 1° y 9' de latitud sur; al norte la cumbre del cerro Paso del Cóndor, a 0° 56' 7" segundos de latitud sur.

La ciudad de San Miguel de Salcedo toma ubicación a los 78° 35' 4" de longitud occidental y 1° 2' 4" de latitud sur.

3.1.2 Aspecto Físico

El territorio del Cantón Salcedo, está constituido por la franja que se extiende en sentido de los paralelos, es decir de occidente a oriente, desde la cima de la cordillera Occidental, hasta los páramos de la cordillera central, con un largo de 50 kilómetros, mientras que su ancho apenas tiene un promedio de diez kilómetros.

GRÁFICO N° 3: MAPA DE UBICACIÓN



FUENTE: El autor, 2012.

Su extensión total se calcula en quinientos treinta y tres kilómetros cuadrados, esta área distribuida por parroquias daría lugar a la siguiente tabla.

TABLA N° 2: DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN SALCEDO

CANTÓN	PARROQUIÁS	Kilómetros cuadrados
Salcedo	San Miguel	225
	Cusubamba	192
	Mulliquindil	49
	Mulalillo	42
	Panzaleo	17
	A. José Holguín	8
TOTAL		533

FUENTE: El autor, 2012.

3.1.3 Límites

Al norte: los cantones de Pujilí y Latacunga, con su parroquia Belisario Quevedo

Al sur: los cantones de Ambato y Píllaro (Provincia del Tungurahua).

Al este: la Cordillera Central de los Andes (Provincia del Napo).

Al oeste: el cantón Pujilí con su parroquia de Angamarca (Provincia de Cotopaxi).

3.1.4 Relieve

El área geográfica de nuestro Cantón es muy irregular en lo que a su relieve se refiere, va desde las profundas cañadas de Yacchil, Yanayacu y Tigualó (2.592 metros de altitud), hasta los altos picachos de las cordilleras Central y Occidental, más de 30 de ellos rebasan los 4.000 metros de altitud, naturalmente pasando por alargados valles como los del Nagsichi, Cutuchi, Yanayacu y Salachi; mesetas a diferentes alturas y cortadas por profundas quebradas en cuyo fondo muchas veces corre cantarino un hilo de agua cristalina, producto de pequeñas vertientes, se podría decir que nuestra área geográfica es un conjunto de mesetas a diverso nivel, lomas tendidas y altos picachos.

Quizá se pueda calificar de llanura al sector en que se ubica la ciudad de San Miguel y toda el área conocida con el nombre de Rumipamba y Pungahua; entre las mesetas en orden a su altura podríamos citar: Achilguango, Tigualó, San Isidro, Santa Ana, Anchiliví, Pataín, Santa Lucía, Cunchibamba, Unalagua, Cobos, Iimpucho, Bellavista, Palama, Chanchalito, Chanchaló, Papahurco, Toaelín, Galpón, Cumbijín, Atocha, Rumiquincha, Yanahurco, Llactaurco; el resto de tierras tiene un relieve de lomas y laderas en diversidad de inclinaciones y constitución de su suelo, generalmente las tierras altas son gredas de color negro e impermeables, las laderas cangahuosas, los valles y mesetas bajas granillosas o arenosas sedientas de agua por su gran permeabilidad.

3.1.5 Hidrografía

La hidrografía de nuestro Cantón está constituida por cuatro ríos, sus arroyos tributarios y las lagunas que lo originan.

Río Cutuchi. es el principal que cruza por el Cantón, así también existe el Río Nagsichi. Mismo que recorre en un 90% de su extensión y sirve de límite con el Cantón Pujilí., este se forma por la unión de los riachuelos salcedences; Tororrumi, Gradaspungo y Quispicacha; mientras que el Río Yanayacu., toma este nombre en la unión de los ríos Chagrasacha y Taláttag, pero actualmente se ha modificado el curso inferior de estos dos ríos, confluyéndolos a la laguna Pisayambo.

El río Salachi, se forma por la unión de los riachuelos pujilineses Patoa e Isinche, desde el desagüe de la quebrada Cutuchi, sirve en parte de límite norte de nuestro Cantón y sus aguas han sido captadas por algunos pequeños canales que riegan las riberas occidentales del río Cutuchi.

En el sector occidental, el cantón posee tres lagunas, Cóndor, Cocha y Yanacocha que se ubican junto a las cimas de la cordillera Occidental y sirve de orígenes al Nagsiche. Más hacia abajo tenemos la laguna Cochaurco que da origen al río Atocha. En el sector central tenemos la histórica laguna de Yambo.

3.1.6 Clima

Debido a su accidentado relieve, en nuestro Cantón podemos hablar de pisos climáticos, con temperaturas medias que van desde los 14° en sus profundos valles, hasta los 7° en sus altos páramos.

Donde se presentan temporadas lluviosas en los meses de octubre y noviembre, en diciembre las precipitaciones se atenúan en el llamado Veranillo del Niño; en enero nuevamente aparecen escasas precipitaciones, se intensifican en los meses de febrero y marzo, en abril, amengua en mayo y junio; en julio aparecen los días fríos y los vientos helados, nevadas, agosto es un mes particularmente frío pero seco, tempestades de granizo y vientos cambiantes muchas veces huracanados, en septiembre el viento disminuye y el intenso frío.

Este recibe la influencia directa de los rayos solares, durante el equinoccio de marzo el sol por el cénit, al paso de los días va alejándose hacia el norte (la proyección de la sombra aparece hacia el costado sur), y día a día se va ensanchando hasta el solsticio de junio máxima inclinación del sol hacia el norte; luego el sol comienza a regresar hacia el cénit, llega a él durante el equinoccio de septiembre, y, pasándolo empieza la inclinación solar hacia el sur, (la sombra se proyecta hacia el norte), alcanzando su máxima proyección durante el solsticio de diciembre; luego el sol lentamente regresará hacia el cénit al cual llega en el equinoccio de marzo.

El fenómeno descrito se debe al movimiento de la tierra, rotación sobre un eje inclinado con relación a la posición del sol.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Partiendo de la hipótesis:

¿Será necesaria la determinación de las variaciones de temperatura para evidenciar los procesos de cambio climático y la presencia de heladas, en la Estación Agrometeorológica de Rumipamba del cantón Salcedo?

Se han definido variables tanto dependiente (temperatura) como independiente (cambio climático – heladas).

A nivel dependiente se consideran indicadores como temperaturas tanto altas como bajas, mientras que a nivel independiente se consideran aspectos como cambio climático, variabilidad y frecuencia.

En términos generales el proceso de la investigación de tipo cuali – cuantitativo, que en si constituye desde la caracterización del fenómeno meteorológico de las heladas hasta la cuantificación de estas en función de la temperatura y el tiempo, a su vez comprende:

A) Una fase teórica, referente al planteamiento del problema, descripción y delimitación y el enfoque teórico, para el área específica de estudio antes citada, fundamentado en las categorías fundamentales del documento, con relación a la atmosfera, el clima la temperatura, variabilidad climática, cambio climático y las heladas.

B) Fases metodológicas que comprende sistema de hipótesis, indicadores y su proceso de monitoreo, registro y análisis de la información generada en función de principios meteorológicos y agrometeorológicos con relación a las heladas,

C) Fase de validación empírica, referida a la comprobación, fue en base a la selección del universo con relación a los años de registro, de las técnicas de monitoreo meteorológico y las técnicas de análisis e interpretación de resultados, para la diferenciación de una helada meteorológica y una helada agrometeorológica.

D) La fase analítica del presente documento implicó el análisis e interpretación de los resultados para posteriormente elaborar un pronóstico meteorológico, las conclusiones y recomendaciones.

3.2.1 Modalidad de la Investigación.

3.2.1.1 Investigación bibliográfica

En primera instancia se partió de estudios desarrollados y se consideró como la etapa de la investigación científica que exploró lo escrito en registros de la estación meteorológica Rumipamba, anuarios meteorológicos del INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Y en segunda instancia, se procedió a la revisión de datos de la comunidad científica sobre el cambio climático y las heladas.

3.2.1.2 Investigación de campo

Es el proceso utilizado fue el método científico, el cual permitió obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social, frente al cambio climático y las heladas (Investigación pura), la cual generó los conocimientos necesarios a través de un pronóstico meteorológico con fines prácticos en el cantón Salcedo (investigación aplicada).

Los cuales son el resultado directo de un seguimiento meteorológico continuo en un lapso del tiempo a diversas horas, lo que se expresa mediante el registro de temperaturas máximas y mínimas.

3.2.2 Forma

3.2.2.1 La investigación pura

Busca el conocimiento por el conocimiento mismo, más allá de sus posibles aplicaciones prácticas. Su objetivo consiste en ampliar y profundizar cada vez nuestro saber de la realidad en este caso los procesos de cambio climático y la presencia de heladas en el cantón Salcedo basado en el monitoreo meteorológico sobre todo de la temperatura en archivos de treinta años de la Estación Rumipamba, a fin de que este sea un saber científico, ya que su propósito será el de obtener generalizaciones cada vez mayores (hipótesis, leyes, teorías).

3.2.2.2 Investigación Aplicada

Sobre los registros meteorológicos tomados durante el tiempo establecido en la investigación, a través de la investigación aplicada, desarrollo un análisis real que partió de la toma de lecturas y registros del Tesista como funcionario del INAMHI.

Lo que conllevo a la producción del pronóstico, al servicio del desarrollo integral del cantón Salcedo, el cual salvaguarde los procesos de producción agrícola y desarrollo de sus habitantes.

3.2.3 Tipo de Investigación

3.2.3.1 Exploratoria

Busco fundamentalmente a través de los registros existentes definir los procesos y tiempos en los cuales se evidenciaron heladas.

3.2.3.2 Descriptiva

Se constituyó en una investigación diagnóstica, que fundamentalmente, sustentó su proceso en la caracterización y cuantificación del fenómeno climático o heladas, con lo que concretamente se indicó sus rasgos más peculiares o diferenciadores como el proceso de cambio y variabilidad climática.

3.2.4 Metodología

3.2.4.1 Cuasi Experimental

Al igual que en los modelos experimentales, en los cuasi-experimentales buscamos relaciones causales entre variables, si la temperatura es evidencia de cambio en el clima, si la temperatura ocasiona las heladas, con la sola diferencia de que en estos modelos no hay aleatorización de los sujetos a los diferentes grupos, motivo por el cual no podemos estar seguros de que el reparto de la varianza error este equilibrado en ambos grupos. Considerando la causa y el efecto.

3.2.5 Unidad de Estudio (población y muestra)

El presente estudio por su naturaleza no requiere de una determinada población o muestra, por ello considero como:

Unidad: al cantón Salcedo

Muestra: Anuarios meteorológicos de treinta años y áreas de producción.

TABLA N° 3: USO DEL SUELO EN SALCEDO DE SUPERFICIE UTILIZADA

Uso del suelo	SALCEDO		
	Upas	Has	%
Cultivos transitorios y barbecho	12.199	12.218	30
Pastos cultivados	7.978	5.454	13
Montes y bosques	824	3.004	7
Otros usos	12.081	2.344	6
Descanso	3.406	2.172	5
Cultivos permanentes	1.145	600	1
Pastos naturales	1.483	4.236	10
Páramos	422	10.985	27
TOTAL		41.013	100

FUENTE: Censo Agropecuario 2001, INEC

Los cuales se sometieron a procedimientos estadísticos e informáticos para el tratamiento de la base de datos generada.

3.2.6 Métodos y técnicas

3.2.6.1 Método Deductivo

Conocer la atmosfera, el clima y la temperatura no es sino decir que la investigación va de lo universal a lo particular del todo a sus partes, llegando a la temperatura y por ende aterrizar en las heladas.

3.2.6.2 Método Inductivo

El método inductivo, es inverso al deductivo. En este se partió en cambio de los fenómenos particulares cuya incidencia forma la ley de lo particular a lo general. En la investigación de la temperatura a las heladas y al cambio climático.

3.2.7 Técnicas

En la presente investigación se consideró las siguientes técnicas, de las cuales se seleccionan las más idóneas a medida del avance investigativo. Entre ellas tenemos:

a.- Revisión documental, considera como fuentes o materiales de consulta a las fuentes bibliográficas, iconográficas, fonográficas y algunos medios magnéticos.

b.- Entre las herramientas de apoyo a nivel de investigación de campo, considerare de ser necesario:

· La observación.

3.3 DESCRIPCIÓN

3.3.1 Temperatura

a. Nomenclatura de la variable:

Nombre general: Temperatura es también el nombre requerido por la OMM. 20

b. Definición:

La temperatura es la condición que determina la dirección del flujo neto de calor entre dos cuerpos. OMM NO. 8, 1996, 2.1.1. Esta magnitud nos permite expresar el grado de calentamiento o enfriamiento de los cuerpos. La temperatura describe un estado y es en ese modo una variable un poco inusual, dado que no puede ser directamente derivada de variables tangibles tales como masa o longitud. En general, la temperatura de un gas es directamente proporcional al promedio de energía cinética de sus moléculas.

3.3.2 Unidades

La temperatura termodinámica (T) expresada en grados Kelvin es la temperatura básica. En meteorología se utiliza casi siempre la temperatura (t) expresada en grados Celsius definida por la ecuación: $t = T - 273,16$ Una diferencia de temperatura de un grado Celsius ($^{\circ}\text{C}$) es igual a un grado Kelvin (K).

En la escala termodinámica de temperaturas, las mediciones se expresan como diferencias respecto al cero absoluto (0 K), que es la temperatura en que las moléculas de cualquier sustancia carecen de energía cinética. OMM NO. 8, 1996, 2.1.2 Otra de las escalas de temperatura utilizada es la Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) expresada por $t^{\circ}\text{F} = 9/5 t + 32$, no forma parte de las escalas utilizadas por la OMM ni en Costa Rica, pero en la OET unos de los clientes principales de los datos son los norteamericanos por lo cual es bueno determinarla.

3.3.3 Variables derivadas

La meteorología utiliza algunas variables basadas en la temperatura. Estas pueden ser subdivididas en medidas primarias y secundarias. La temperatura primaria se refiere exclusivamente temperatura del aire en el instante, medida a una altitud fija. Las secundarias se determinan usando series de tiempo. Las variables que implican temperatura son:

Primarias, medidas a una altura de 1.5 m. o temperatura del aire

Secundarias, medidas a una altura de 1.5 m. por un periodo de 24 horas. o temperatura máxima del aire o temperatura mínima del aire

3.3.4 Requisitos Operacionales

Esta sección cubre los requisitos operacionales referentes a la observación temperatura del aire a 150 centímetros sobre nivel del suelo.

a. Rango

El rango operacional, para las observaciones de la temperatura (del aire) a 150 centímetros sobre el suelo es +5 a +40°C. Esto se aplica a los valores momentáneos, promedios y a los extremos. El estándar de OMM es realmente -30 a +45°C (OMM NO. 8, 1996, 2.1.3.2). Puesto que la probabilidad de una temperatura debajo de +5°C o sobre +40°C es casi imposible para las locaciones de las estaciones de OET, el rango antes citado es suficiente para el uso de la organización.

b. Resolución

La resolución requerida en meteorología sinóptica y para observaciones de climatología en temperatura a 150 cm. es de 0.1 °C, esto en concordancia con las regulaciones de la OMM.

c. Exactitud requerida

La exactitud requerida (margen del error) en la temperatura del aire a una altura de 150 centímetros es de 0.2° C. Este requisito está de acuerdo con las

regulaciones de OMM (OMM NO. 8, 1996, 2.1.3.2). Los extremos (máxima, mínima) deben satisfacer la misma referencia.

d. Frecuencia de observaciones requerida

Muestreo manual: La OET cuenta con termómetros de máxima y mínima, más el termo-higrómetro para realizar el muestreo manual. Cada 24 horas a las 7:00 am., se recolectan la temperatura actual, máxima y mínima coincidiendo con las mediciones llevadas a cabo por el IMN; así que pueden ser fácilmente comparables con el resto del país. Muestreo automático: Con el datalogger Campbell se registran las temperaturas máximas y mínimas de cada día, con la hora respectiva en la que se dieron, tomando como parámetro de corte las 7:00 am., esto para coincidir con las mediciones manuales y el IMN. También se registran dos promedios de temperatura por día: cada 30 minutos debido a la solicitud de los investigadores y diario cortando a las 7:00 am. Estos promedios se derivan de las mediciones que el datalogger realiza cada 10 segundos.

3.3.5 Instrumentos

Instrumentos manuales: Se recomienda utilizar termómetros de máxima y mínima marca Lambrecht modelo 1052 o Nova Lynx modelo 210-4420 con divisiones cada 0.5 grados, dada su garantía de por vida y que cumplen con las especificaciones de la OMM. Además del termo-higrómetro de Nova Lynx modelo 225-930 para las mediciones diarias a las 7 am.

El termómetro de máxima funciona con mercurio que tiene un estrechamiento cerca del bulbo o depósito. Cuando la temperatura sube, la dilatación de todo el mercurio del bulbo vence la resistencia opuesta por el estrechamiento, mientras que cuando la temperatura baja, la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe por el estrechamiento y su extremo libre queda marcada la temperatura máxima. La escala tiene una división de 0,5 °C y el alcance de -31.5 a 51.5 °C.

El termómetro de mínima está compuesto de líquido orgánico (alcohol) y posee un indicador coloreado en su interior. El bulbo tiene en general forma de horquilla (para aumentar la superficie de contacto del elemento sensible). Cuando la temperatura baja, el líquido arrastra el indicador porque no puede atravesar el menisco y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso. Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el indicador dejando la marca de la temperatura más baja por el extremo más alejado del bulbo. La escala está dividida cada $0,5^{\circ}\text{C}$ y su amplitud va desde $-44,5$ a $40,5^{\circ}\text{C}$.

FOTO N° 1: TERMÓMETROS METEOROLÓGICOS



FUENTE: El autor, 2013

3.3.6 Procedimientos

a. Procedimientos de medición

Para medir la temperatura máxima se observa en el termómetro la marca dejada por el mercurio y se anota el valor de la hoja de datos que se encuentra en el mismo, luego hay que tomar el termómetro y sacarlo de la garita donde se mantiene y agitarlo tomándolo por el extremo opuesto al bulbo para hacer que el mercurio baje y se registre la temperatura del día siguiente, después se coloca de nuevo dentro de la garita en el soporte.

El de mínima igual se observa la marca dejada anotando en la hoja el valor del lado derecho de la marca, luego se saca del soporte girándolo que la herradura quede hacia arriba para devolver el alcohol al bulbo, en determinado caso se puede envolver sin hacer presión la herradura con la mano para calentarlo un poco, luego se coloca de nuevo en el soporte, algo muy importante es conocer que este termómetro no se sacude como el de máxima. Seguido se toma la lectura de la temperatura actual desde el termo-higrómetro y se anota.

Esta medición se realiza todos los días en punto a las 7 am. Inmediatamente después de este proceso el dato es digitado en el archivo Excel de registro de datos manuales en la computadora de la estación meteorológica, en todas las mediciones manuales se registra la hora (siendo o no las 7 am.) esto con el fin de validar luego contra los datos automáticos de la misma estación contra un juego de datos de otro proveedor.

b. Procedimientos de mantenimiento y calibración

Mantenimiento: El HMP45C-L de Vaisala requiere mínimo mantenimiento. Al menos una vez por mes se debe de revisar la cubierta protectora de radiación para evitar que se obstruya o se ensucie demasiado, es muy común que en los trópicos las avispas tomen esta cubierta para construir su nido.

Respecto los termómetros de máxima y mínima no requieren mayor mantenimiento y tienen garantía de por vida siempre y cuando no se quiebren.

Calibración: El sensor de temperatura y humedad HMP45C-L de Vaisala debe ser enviado cada año al distribuidor de Campbell para calibración. Los termómetros marca Lambrecht o Nova Lynx no requieren calibración.

3.3.7 Condiciones de emplazamiento

a. Condiciones específicas por instrumento

Los sensores para medir temperatura según el OMM se deben situar entre 1.25 y 2.00 metros de altura por encima del nivel del suelo, la ubicación más usual es de 1.5 metros.

El sensor que se utiliza puede ser afectado perceptiblemente por la luz del sol, la radiación y fenómenos tales como precipitación, rocío, helada y viento, por esta razón, se debe de proteger dentro de un protector de radiación los automáticos o dentro de una garita los termómetros de temperaturas extremas deben además colocarse en un soporte con un ángulo de 2° con respecto al horizonte más bajo el bulbo que el tubo con el fin que la gravedad ayude a recoger el elemento en el bulbo.

b. Condiciones de los alrededores del sitio

El mejor lugar para realizar las mediciones es por encima del nivel del suelo sin árboles o edificios cercanos.

El terreno sobre el cual se están realizando las medidas debe estar cubierto con hierba corta.

3.4 APLICACIÓN METODOLÓGICA

Es importante tener en cuenta que a temperaturas muy bajas, el metabolismo celular es muy bajo y las células paran de crecer; pero no por eso, tienen que comenzar a morir.

Desde el punto de vista agrícola, el concepto de helada admite una interpretación más biológica. Se considera como tal, a los descensos térmicos capaces de causar

daños a los tejidos vegetales, los cuales resultarán diferentes según las especies y variedades, el estado fenológico y sanitario, edad, etc.

Se define como helada agrometeorológica a la ocurrencia de una temperatura mínima diaria no superior a 3°C a 2.00 m de altura dentro del refugio meteorológico.

Este tipo de helada es de interés para ciertos cultivos de porte bajo como los hortalizas pues equivale a 0°C o menos a la intemperie en superficie; según el rango o amplitud que se registra entre el termómetro de mínima de la Garita meteorológica a 2m del suelo y el otro a 5 cm de la superficie del suelo, en la estación de Rumipamba el rango es de hasta 6 °C, sin embargo, para los fines generales y prácticos, las temperaturas de 3°C o inferiores obtenidas en el refugio meteorológico a 2.00m de altura, resultan adecuadas para establecer comparaciones de carácter agrícola.

La inversión térmica nocturna, puede incidir en las heladas a nivel del suelo o en cultivos de poca altura, aunque, no se registren en el abrigo meteorológico.

Un estudio agroclimático de las heladas debe determinar su régimen en función de los valores medios, extremos y de variabilidad de: Duración, Intensidad, Época de ocurrencia, Frecuencia y Peligrosidad.

Asimismo debe integrar no sólo los parámetros antes mencionados, sino también aquellos índices que permitan cuantificar, o al menos cualificar, el probable daño a los distintos cultivos agrícolas.

3.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS HELADAS PRODUCIDAS EN LA ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN SALCEDO-COTOPAXI PERÍODO 1981-2010

La caracterización del régimen de heladas constituye una herramienta para la toma de decisiones en el planeamiento agropecuario. Es de gran aplicabilidad en la orientación de extensionistas, agricultores y organismos gubernamentales.

Con los archivos de las temperaturas mínimas de la estación de Rumipamba, podemos establecer probabilidades de presencia de Heladas, que pueden ser adversas para los diferentes cultivos del cantón Salcedo, los diferentes tipos de protección a las plantas muchas de las veces no dan el resultado esperado, por tal razón, es evidente tener una previsión estadística de las bajas temperaturas.

Una de las informaciones más importantes, por su variabilidad anual, son los datos de ocurrencia de la primera y última helada del año, por ello, es necesario expresarlas en forma de porcentajes de riesgo o probabilidad de ocurrencia.

El conocimiento de esos datos permite definir el periodo libre de heladas, importante parámetro para el cronograma de plantación de los cultivos en las diferentes épocas del año. Es de primordial importancia conocer el régimen agroclimático de las heladas en la localidad del Cantón Salcedo, no sólo por los cultivos que se practican actualmente, los cuales son sensibles a las bajas temperaturas, sino también, para tener en cuenta para la introducción de nuevas especies en la región y determinar los métodos de defensa más apropiados.

El objetivo de este trabajo es caracterizar el régimen de heladas para el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi

3.5.1 Materiales y Métodos

Los datos del parámetro de temperatura mínima absoluta, se obtuvieron de la estación Agrometeorológica de Rumipamba, localizada en la hacienda de la facultad de Agronomía de la Universidad Central, a dos kilómetros al norte de la ciudad de San Miguel de Salcedo, cantón de la provincia de Cotopaxi, de la Región Interandina (zona centro).

Para realizar el trabajo, se utilizó la serie histórica de datos diarios de temperaturas mínimas absolutas, obtenidas de las libretas diarias de observación de la Estación Agrometeorológica de Rumipamba-Salcedo, que se maneja en convenio entre la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central y el INAMHI, (01°01' Lat. Sur, 78°35' Long. W y 2628 msnm) en el período 1981-2010 (30 años), medidos con termómetro de mínima, cuyo elemento sensible es el alcohol, con un rango o amplitud de la escala de -41 a +41°C de marca Lambricht, según normas de la OMM (Organización Meteorológica Mundial), los datos se obtuvieron todos los días a las 07H00. Para caracterizar las heladas se utilizaron los parámetros que se detallan a continuación:

- * Frecuencia: está dada por el número de veces que ha ocurrido el fenómeno, en un período determinado (anual y mensual).
- * Fechas medias de primera y última helada: describe la distribución de las fechas medias a lo largo del período considerado.
- * Fechas extremas de primera y última helada: la peligrosidad de las heladas para el productor agrícola es mayor cuando más se adelantan o se retrasan del período invernal. Por esta razón es de suma importancia determinar las fechas extremas, es decir la fecha más anticipada y la más tardía dentro de la serie estudiada.
- * Período medio con y sin heladas: el período medio con heladas es el lapso comprendido entre la fecha media de primera helada y fecha media de última

helada y corresponde a la época del año donde se espera que ocurran las bajas temperaturas. Calculado el período medio con heladas, se calcula el período medio sin heladas como la diferencia entre el número de días del año y el período medio con heladas. Es decir, que se considera período libre de heladas a aquel que comienza el día posterior a la última helada del año y finaliza el día anterior a la primera helada del año siguiente.

* Períodos extremos con y sin heladas: es el resultado de la diferencia entre la fecha extrema de última helada y la fecha extrema de primera helada de la serie.

* Intensidad de las heladas: está dada por el valor en °C que alcanza el fenómeno anualmente y mensualmente. Las heladas mensuales se clasificaron por intervalos de clases térmicas: Suaves (2.1 a 3.0°C), moderadas (1.1 a 2.0°C), Fuertes (0.1 a 1.0°C), muy fuertes (0.0 a -0.9°C), Severas (\geq a -1.0°C)

* Variabilidad de primera y última helada: la ocurrencia de primera o última helada no coincide año a año y tampoco sucede en la fecha calculada, por eso se calcula la variabilidad. Esta no da una fecha exacta, sino un rango estimado en el cual puede producirse helada. Se calcula a través del desvío estándar.

* Probabilidad de ocurrencia: la determinación del desvío estándar nos permite estimar la probabilidad estadística de que la primera o última helada ocurra x días antes o después de la fecha media.

* Época de ocurrencia: la temporada normal en que ocurren las heladas es desde el mes de junio a enero, existiendo algunas bajas de temperatura en el resto de meses, que tiene una baja incidencia en el desarrollo de los cultivos.

3.6 RESULTADOS

3.6.1 Frecuencia de heladas

a) Frecuencia anual: en la tabla se presenta el total de heladas registradas para el Período 1981 - 2010: 246 heladas. El 2003 es el único año que no se presentan heladas. La mayor frecuencia registrada fue de 23 heladas en el año 1985 La frecuencia media anual es de 43%, es decir que ese porcentaje de años se presenta con una frecuencia mayor a 8 heladas.

Sin embargo, desglosando la información en forma decadal, se observa que hay una disminución del número de heladas: 1981-1990: 9.3 heladas en promedio; 1991-2000: 8.3 heladas en promedio; 2001-2010: 7.0 heladas en promedio. Estos datos estarían acorde con los datos sobre cambio climático que presentó el INAMHI para la región interandina, con un incremento de la temperatura media de hasta 0.8°C.

TABLA N° 4: HELADAS AGROMETEOROLÓGICA, FRECUENCIAS MENSUALES Y ANUALES – PERÍODO 1981 – 2010

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL ANUAL	% FRECUENCIAS $\leq 3^{\circ}\text{C}$
1981	1					1	1		3	1			7	3
1982	1			1			3	1					6	2
1983							2	1					3	1
1984	1				3		1	1			5		11	4
1985	1	1	3	1		2	3	1	1	2	8		23	9
1986		1					2				5	2	10	4
1987						2	1		2		1		6	2
1988			2				2	3	1			1	9	4
1989						1	3	3	2		1	2	12	5
1990							1	1	1			3	6	2
1991				1					5	3			9	4
1992						1		2	1	3	4		11	4
1993	1					1	3	4		1	1		11	4
1994						1				1			2	1
1995			3						2			1	6	2
1996							3	2		1	8		14	6
1997						1	3	1	1	1			7	3
1998									3	1	1	4	9	4
1999	1							3			1		5	2
2000								1	1	3	2	2	9	4
2001						2		1	3		2		8	3
2002	2					1		3	6		1		13	5
2003													0	0
2004	5							1				1	7	3
2005					1	1	2					6	10	4
2006							1	3	2	2			8	3
2007		1					1		2		1	2	7	3
2008						1		1	1				3	1
2009									4		3		7	3
2010							2	1	3	1			7	3
TOTAL MENSUAL	13	3	8	3	4	15	34	34	44	20	50	18	246	100
% FRECUENCIAS $\leq 3^{\circ}\text{C}$	5,3	1,2	3,3	1,2	1,6	6,1	13,8	13,8	18,0	8,1	20,3	7,3	100	
TOTAL 1era Dec.	4	2	5	2	3	6	19	11	10	3	20	8	93	
TOTAL 2da Dec.	2	0	3	1	0	4	9	13	13	14	17	7	83	
TOTAL 3era Dec.	7	1	0	0	1	5	6	10	21	3	13	3	70	
FRECUENCIA MAX	5	1	3	1	3	2	3	4	6	3	8	4	23	
FRECUENCIA MIN.	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
FRECUENCIA MED.	1,6	1,0	2,7	1,0	2,0	1,3	2,0	1,8	2,3	1,7	3,1	2,0	22	

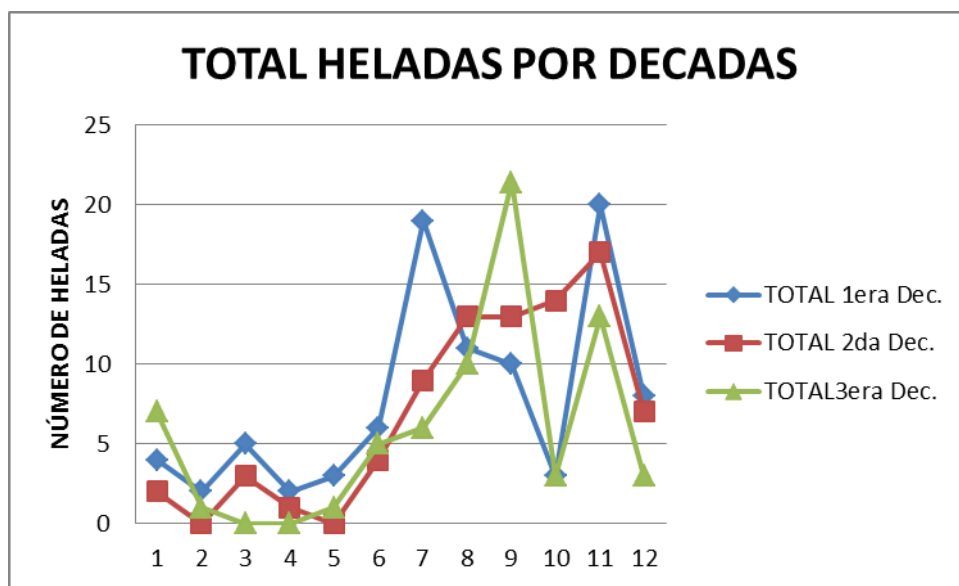
43%

Media anual, es decir que ese porcentaje de años se presenta con una frecuencia mayor a 8 heladas.

Fuente: estación agrometeorológica Rumipamba-Salcedo INAMHI

Funcionario: Dr. Polivio Moreno

GRÁFICO N° 4: TOTAL DE HELADAS POR DECADAS



En la serie de 30 años:

El 16.7% de los años se observaron entre 0-5 heladas.

El 60% de los años se observaron entre 6 y 10 heladas.

El 20% de los años se observaron entre 11 y 15 heladas.

El 0% de los años se observaron entre 16 y 20 heladas.

El 3.3% de los años se observaron entre 21 y 25 heladas

Es decir que el 83.3% de los años, las frecuencias de heladas son iguales o mayores a 6.

b) Frecuencias medias mensuales: Se puede observar que la mayor frecuencia de heladas mensuales es en el mes de Noviembre con 20.3%; luego le siguen septiembre con 18.0%, agosto y julio con 13.8%; octubre 8.1%, diciembre 7.3%, junio 6.1%, enero 5.3%, febrero-marzo-abril y mayo bajo el 4%.

Mensualmente los meses de Febrero, Marzo, Abril y Mayo, apenas suman 18; siendo noviembre con 50 heladas el mayor número de la serie, inclusive con la

presencia de temperaturas menores o iguales a cero, con una alta peligrosidad para los cultivos.

En la tabla 4 entonces se observa que el mayor número de heladas se producen de junio a Enero, siendo noviembre el más frecuente con 50 heladas.

3.6.2 Fecha media de primera y última helada

La fecha de la primera helada se da el 03 enero de 1985 y la última el 29 diciembre del 2004.

En la tabla 5 se advierte que la fecha media de primera helada es el 25 de abril y la fecha media de última helada el 30 de octubre.

Esto no significa que en todos y cada uno de los años, la primera helada va a ocurrir exactamente el 25 de abril.

Lo mismo sucede con la fecha media de la última helada.

TABLA N° 5: FECHAS DE LA PRIMERA Y ÚLTIMA HELADA PERÍODO 1981-2010

AÑOS	1era HELADA	N° de DIA	ÚLTIMA HELADA	N° de DÍA
1981	05-ene	5	11 Oct.	284
1982	19-ene	19	22 Ago.	234
1983	11-jul	192	9 Ago.	221
1984	15-ene	15	04-nov	308
1985	03-ene	3	26-nov	330
1986	20-feb	51	01-dic	335
1987	22-jun	142	26-nov	330
1988	11-mar	70	03-dic	337
1989	28-jun	179	05-dic	339
1990	27-jul	208	10-dic	344
1991	02-abr	92	22-oct	295
1992	24-jun	175	08-nov	312
1993	09-ene	9	30-nov	334
1994	21-jun	172	20-oct	293
1995	14-mar	73	12-dic	346
1996	14-jul	195	19-nov	323
1997	21-jun	172	07-oct	280
1998	02-sep	245	23-dic	357
1999	15-ene	15	17-nov	321
2000	30-ago	242	16-dic	350
2001	02-jun	153	04-nov	308
2002	20-ene	20	24-nov	328
2003				
2004	16-ene	16	29-dic	363
2005	24-may	144	27-nov	331
2006	18-jul	199	19-oct	292
2007	08-feb	39	05-dic	339
2008	05-jun	156	12-sep	255
2009	07-sep	250	07-nov	311
2010	22-jul	203	13-oct	286
TOTAL MENSUAL		3454		9086
PROMEDIO		119		313
FECHAS MEDIAS		25-abr		30-oct
DESVIA. STAND.		85,3		34,8

Fuente: estación agrometeorológica Rumipamba-Salcedo INAMHI

Funcionario: Dr. Polivio Moreno

43%	Número de veces en que se presentan las primeras heladas antes de la fecha media de la primera helada
53%	Número de veces en que se presentan las últimas heladas despues de la fecha media de la última helada

Según la tabla anterior, las fechas observadas para primera y última helada son muy variables.

La fecha media calculada para ambos casos no es muy representativa.

Si tomamos la fecha media de primera helada, comprobamos que en ningún año se registraron heladas en la fecha calculada.

De igual manera, se observa que antes de la fecha media de primera helada se registraron el 43% de las primeras heladas, algunas anticipándose hasta cerca de 4 meses.

Para las fechas medias de últimas heladas, ocurre algo parecido pues hay un 53% de años en los que las últimas heladas se produjeron después de la fecha calculada, con una diferencia de hasta dos meses.

Fecha Extrema de Primera Helada: 3 de enero de 1985.

Fecha Extrema de Última Helada: 29 de diciembre de 2004.

3.6.3 Período medio con y sin heladas

Para el caso de Rumipamba - Salcedo, el Período Medio con Heladas es de: 194 días y el Período Medio sin Heladas es de 171 días.

3.6.4 Período Extremo con Heladas

Período Extremo con Heladas: 360 días

Período Extremo sin Heladas: 5 días

3.6.5 Intensidad de las Heladas

3.6.5.1 Intensidad o rigor anual

En la tabla 6 se observan las fechas y el rigor anual máximo alcanzado por las heladas, siendo el 26 de noviembre de 1985 con -1.4°C el valor de la mínima absoluta.

Mientras que el 17 de agosto 1999 con 2.6° C el valor máximo de la mínima absoluta de la serie.

TABLA N° 6: INTENSIDAD DE LAS HELADAS DE LA ESTACION AGROMETEOROLÓGICA DE RUMPAMBA-SALCEDO

VALORES MINIMOS MENSUALES Y ANUALES														
AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Mínima	Fecha
1981	2,0					1,0	2,3		2,0	3,0			1,0	12-jun
1982	1,3			3,0			1,0	2,0					1,0	24-jul
1983							1,5	1,5					1,5	11-jul
1984	3,0				0,7		2,3	1,4			-1,2		-1,2	04-nov
1985	2,4	2,3	0,6	1,7		-0,6	0,3	2,8	2,9	1,3	-1,4		-1,4	26-nov
1986		2,7					2,4				-0,4	-1,0	-1,0	01-dic
1987						1,0	2,9		-0,8		2,7		-0,8	11-sep
1988			0,9				0,4	2,5	2,4			2,5	0,4	17-jul
1989						3,0	-0,4	-0,1	1,2		2,7	1,0	-0,4	17-jul
1990							-1,2	2,6	3,0			1,0	-1,2	27-jul
1991				2,8					0,0	0,4			0,0	13-sep
1992						1,0		0,6	1,3	1,2	1,6		0,6	24-ago
1993	2,5					2,6	1,3	0,2		3,0	3,0		0,2	03-ago
1994						1,8				2,6			1,8	21-jun
1995			2,0						2,6			2,6	2,0	14-mar
1996							0,2	3,0		0,4	-1,0		-1,0	19-nov
1997						3,0	1,6	2,9	3,0	3,0			1,6	10-jul
1998									1,2	0,6	2,9	0,0	0,0	23-dic
1999	3,0							2,6			2,9		2,6	17-ago
2000								1,0	1,8	-0,2	-0,9	2,3	-0,9	13-nov
2001						2,6		2,2	1,7		0,9		0,9	04-nov
2002	2,5					2,7		0,3	0,3		2,0		0,3	01-ago
2003													0,0	
2004	1,4							2,5				2,3	1,4	16-ene
2005					2,3	2,0	1,0				-1,3		-1,3	27-nov
2006							2,9	1,5	2,2	2,2			1,5	13-ago
2007		2,7					2,6		1,7		2,9	2,2	1,7	17-sep
2008						2,3		2,2	1,4				1,4	12-sep
2009									0,5		2,7		0,5	07-sep
2010							2,3	2,6	1,8	2,9			1,8	09-sep
MÁXIMA	3,0	2,7	2,0	3,0	2,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	2,6	2,6	
MÍNIMA	1,3	2,3	0,6	1,7	0,7	-0,6	-1,2	-0,1	-0,8	-0,2	-1,4	-1,0	-1,4	

Fuente: estación agrometeorológica Rumpamba-Salcedo INAMHI
 Funcionario: Dr. Polivio Moreno

3.6.5.2 Intensidad o rigor mensual

En la tabla 7, se observa que el 52.4% de las heladas se presentan como heladas suaves, el 23.2% como heladas moderadas, el 13.8% como heladas fuertes, el 6.5% heladas muy fuertes, mientras que las heladas severas 3.3%.

TABLA N° 7: FRECUENCIAS Y PORCENTAJES DE LAS MÍNIMAS ABSOLUTAS MENSUALES POR INTERVALOS DE CLASES TÉRMICAS.

Heladas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Frec.	%
Suaves	9	3	5	2	1	7	18	19	23	11	19	12	129	52.4
Moderadas	4		1	1	1	4	9	8	15	5	10	1	59	23.2
Fuertes			2		2	3	5	5	4	3	8	2	34	13.8
Muy fuertes						1	1	2	2	1	7	2	16	6.5
Severas							1				6	1	8	3.3
Total	13	3	8	3	4	15	34	34	44	20	50	18	246	100,0

FUENTE: El autor, 2013

Igualmente, muestra que las heladas suaves y moderadas (75.6%) ocurren a lo largo de todo el período anual de heladas.

Las heladas fuertes ocurren entre marzo y diciembre, las heladas muy fuertes entre Junio y Diciembre, mientras que las heladas severas están dadas en los primeros meses de la época lluviosa, con un 3.3% de las heladas anuales, con una excepción para el año de 1990 que se presenta en el mes de julio, que resultan de alta peligrosidad para los cultivos propensos a las heladas agrometeorológicas.

3.6.6 Variabilidad de Primera y Última Helada

Para calcular la variabilidad de la primera y última helada, se utiliza el desvío estándar (σ).

- a. Fecha media de primera helada: 25 de abril (día 119).

El desvío estándar (σ_1) de la variabilidad de primera helada es ± 85.3 días. Significa que el rango de ocurrencia de la primera helada varía entre los ± 85.3 días de la fecha media.

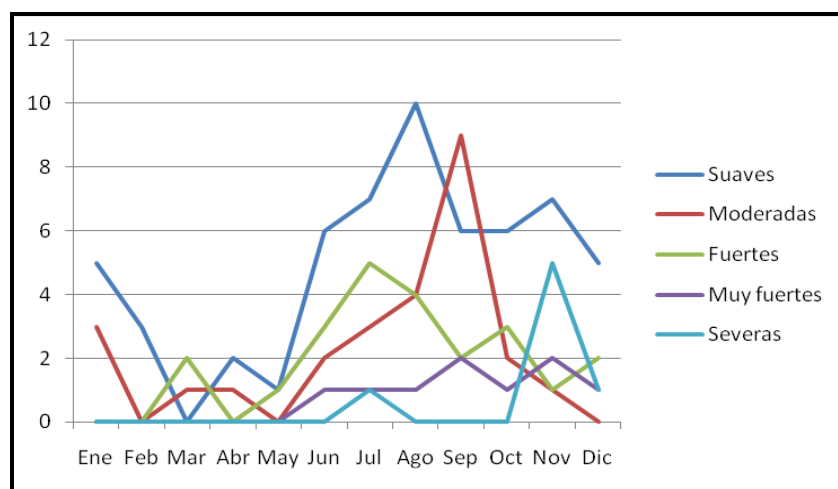
En Rumipamba de la Universidad, la primera helada puede ocurrir desde el 03 de febrero hasta el 23 de julio.

b. Fecha media de última helada: 30 de Octubre (día 313)

El desvío estándar (σ) de la variabilidad de última helada es ± 34.8 días. Esto significa que el rango de ocurrencia de la última helada varía entre ± 34.8 días con respecto a la fecha media.

En Rumipamba de la Universidad, la última helada puede ocurrir desde el 05 de octubre hasta el 14 de diciembre.

GRÁFICO N° 5: LAS HELADAS MENSUALES SE CLASIFICAN POR INTERVALOS DE CLASES TÉRMICAS: SUAVES (2.1 A 3.0°C), MODERADAS (1.1 A 2.0°C), FUERTES (0.1 A 1.0°C), MUY FUERTES (0.0 A -0.9°C), SEVERAS (\geq A -1.0°C)



Fuente: El autor, 2013

3.6.7 Pérdidas económicas

En cuanto a las pérdidas económicas, se ha tomado como referencia eventos pasados, tanto en el año 2005, en todo el país, según el Ministerio de Agricultura

y Ganadería, se han registrado pérdidas por 65 millones de dólares, por las heladas en la Sierra como por las sequías en la Costa.

Donde para el caso del cantón Salcedo diciembre tradicionalmente ha sido un mes de heladas en la Sierra, acarreadas por el denominado “Veranillo del Niño, del 25 de noviembre al 4 de diciembre, la temperatura descendió a -4° centígrados en las noches.

Así también lo ocurrido en el año 2012, donde el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través del programa del Seguro Agrícola, indemnizó a María Morales, del cantón Salcedo, por un valor de 798 dólares, quien perdió una hectárea de cultivo de tomate de árbol a causa de heladas. Esta indemnización guarda relación proporcional al tipo de cultivo, yendo de 500 USD hasta los 2000 USD/Ha.

TABLA N° 8: UPAS Y HAS DE CULTIVOS TRANSITORIOS Y BARBECHO DEL CANTÓN SALCEDO

USO DEL SUELO	SALCEDO		
	Upas	Has	%
Cultivos transitorios y barbecho	12.199	12.218	30

FUENTE: Censo Agropecuario 2001. INEC.

Donde, hemos asumido como valor referencial, la indemnización asignada en el año 2012, y considerando el número total de UPAS afectadas de Cultivos transitorios y barbecho, que son los más afectados por las heladas.

Dichos valor de 798 USD por hectárea ha sido multiplicado por 12.218 Has, de lo cual tendríamos en calidad de pérdidas económicas anuales 2.419.164 USD aproximadamente.

CAPITULO IV

4 BOLETÍN AGROMETEOROLOGICO

4.1 INTRODUCCIÓN

En la producción agropecuaria existen condiciones de tiempo y clima que no pueden modificarse fácilmente y tienen una gran incidencia en los rendimientos esperados. En la agricultura de secano, el comportamiento de la lluvia (cantidad y distribución) y la disponibilidad de humedad en el suelo determinan en gran medida el éxito o el fracaso de una campaña agrícola.

El conocer su comportamiento y aplicarlo en beneficio de la producción agropecuaria es una de las principales actividades de la agrometeorología.

Con el firme propósito de ofrecer una herramienta complementaria para el sector agropecuario, el presente boletín tiene por objeto analizar y caracterizar la variable meteorológica de las bajas temperaturas que se han producido y su incidencia en la agricultura del cantón salcedo.

Institución: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Departamento: DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

Actividad: MAESTRIA EN GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Descripción BOLETÍN METEOROLÓGICO

4.2 HELADAS PRODUCIDAS EN LA ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA DE RUMIPAMBA DEL CANTÓN SALCEDO-COTOPAXI PERÍODO 1981-2010

Este factor dependerá de la presencia de temperaturas máximas y mínimas en un periodo de tiempo.

Para el análisis climático de la zona de la investigación, se toma en consideración los datos de la Estación Climatológica RUMIPAMBA-SALCEDO M 004, la cual permite analizar parámetros climáticos como en este caso la temperatura, , lo que facilitará la determinación de los principales indicadores de las características meteorológicas de la zona.

La línea base meteorológica será desarrollada sobre la información disponible en la Estación Meteorológica antes mencionada, estos serán tomados desde el Cantón Salcedo, Cotopaxi, período 1981-2010.

4.3 DESARROLLO

Es importante tener en cuenta que a temperaturas muy bajas, el metabolismo celular es muy bajo y las células paran de crecer; pero no por eso, tienen que comenzar a morir.

Y considerando que el uso del suelo a nivel cantonal da prioridad a los cultivos transitorios, el barbecho, las tierras en descanso como parte del ciclo agrícola, los pastos cultivados y un porcentaje mínimo de cultivos permanentes, que en conjunto hacen un 49% de la superficie total del cantón.

Los principales productos de la agricultura en el cantón Salcedo, en sus diversos sectores son: en la parte alta la cebada, papa y habas, mientras que en las partes bajas predomina el maíz, fréjol, alfalfa y hortalizas productos que sirven el

primero para el consumo interno y luego para el mercado regional (Ambato, Salcedo, Latacunga) y el uso como forraje de animales mayores y menores que complementan la economía familiar de los habitantes.

4.4 HELADA AGROMETEOROLÓGICA

Los descensos térmicos que han causado daños a los tejidos vegetales y por ende a los cultivos en el cantón Salcedo, resultaron debido a la ocurrencia de temperaturas mínimas inferiores a 3°C y menos de 0 °C a 2.00 m de altura.

Según el termómetro de mínima de la Garita meteorológica de la estación meteorológica de Rumipamba, ubicado a 2m del suelo y el otro a 5 cm de la superficie del suelo, el rango es de hasta 6 °C.

Por lo expuesto ha sido necesario integrar índices que permitan cuantificar, o al menos cualificar, el probable daño a los distintos cultivos agrícolas.

Con los archivos de las temperaturas mínimas de la estación de Rumipamba, podemos establecer probabilidades de presencia de Heladas,

4.5 MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos del parámetro de temperatura mínima absoluta, se obtuvieron de la estación Agrometeorológica de Rumipamba, localizada en la hacienda de la facultad de Agronomía de la Universidad Central, a dos kilómetros al norte de la ciudad de San Miguel de Salcedo.

Para realizar el trabajo, se utilizó la serie histórica de datos diarios de temperaturas mínimas absolutas, registradas en las libretas diarias de observación

de la Estación Agrometeorológica de Rumipamba-Salcedo, en el período 1981-2010 (30 años), medidos con termómetro de mínima.

Las heladas mensuales se clasificaron por intervalos de clases térmicas: Suaves (2.1 a 3.0°C), moderadas (1.1 a 2.0°C), Fuertes (0.1 a 1.0°C), muy fuertes (0.0 a -0.9°C), Severas (\leq a -1.0°C)

4.6 RESULTADOS

4.6.1 Frecuencia de heladas

a) Frecuencia anual: La mayor frecuencia registrada fue de 23 heladas en el año 1985. Sin embargo, luego del análisis de la información por décadas, se evidencia una disminución del número de heladas, a medida del paso del tiempo, como se detalla a continuación:

En el periodo comprendido entre 1981 y 1990, se presentaron 9.3 heladas en promedio;

En la década desde 1991 hasta el año 2000, se presentaron 8.3 heladas en promedio;

Mientras que entre el año 2001 y el 2010: ocurrieron únicamente 7.0 heladas en promedio.

Estos no estarían alejados de la realidad climática mundial y nacional, según lo expuesto por el INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, conforme a lo expuesto, señala un incremento en la temperatura media, máxima y mínima anual en todo el territorio nacional, con algunas excepciones en ciertas zonas. Tomando los datos de 39 estaciones consideradas, entre 1960 y 2006 la temperatura media anual se incremento en 0,8 °C, la temperatura máxima absoluta en 1,4 °C y la temperatura mínima absoluta en 1,0 °C. Registros que concuerdan

de forma directa con el historial meteorológico de la Estación Rumipamba del Cantón Salcedo.

Por lo que se deduce que de los registros locales del cantón Salcedo, indican características específicas dentro de las zonas geográficas analizadas, donde se aprecia un comportamiento diferenciado de la temperatura durante el periodo 1975 - 2008, con incrementos en el norte y disminución en el centro y sur del Ecuador.

Entonces es importante destacar que entre 1995 y 2008 se revierte el signo de la anomalía de temperatura, que refleja un enfriamiento especialmente en el centro y sur de nuestro país, y es allí donde se encuentra incluido el cantón Salcedo.

Por ello, es necesario exponer de forma porcentual, la frecuencia anual de heladas, desarrolladas durante el Período 1981-2010, siendo esta una serie de 30 años:

El 16.7% de los años se observaron entre 0-5 heladas.

El 60% de los años se observaron entre 6 y 10 heladas.

El 20% de los años se observaron entre 11 y 15 heladas.

El 0% de los años se observaron entre 16 y 20 heladas.

El 3.3% de los años se observaron entre 21 y 25 heladas

Es decir que el 83.3% de los años, las frecuencias de heladas son iguales o mayores a 6.

Todos estos resultado repercuten de forma directa sobre las frecuencias medias mensuales, como se observa en la siguiente tabla:

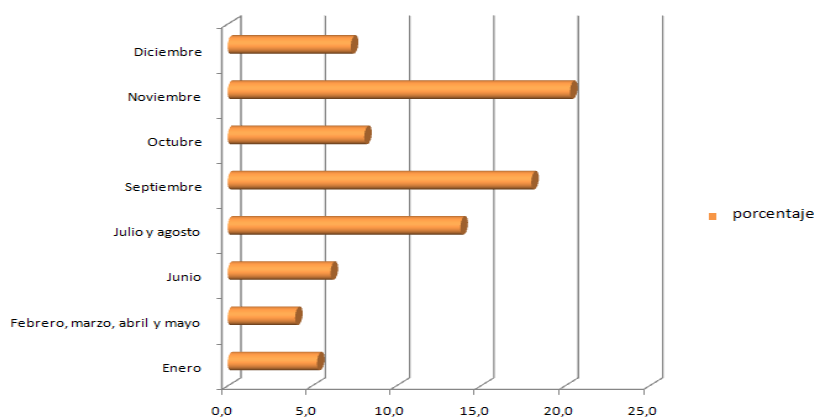
TABLA N° 9: FRECUENCIAS MEDIAS MENSUALES

MES	%
Enero	5,3
Febrero, marzo, abril y mayo	4
Junio	6,1
Julio y agosto	13, 8
Septiembre	18,0
Octubre	8,1
Noviembre	20,3
Diciembre	7,3

FUENTE: El autor, 2013

Se expresa de forma gráfica, así:

GRÁFICO N° 6: FRECUENCIAS MEDIAS MENSUALES



FUENTE: El autor, 2012

Mensualmente los meses de Febrero, Marzo, Abril y Mayo, apenas suman 18; siendo noviembre con 50 heladas el mayor número de la serie, inclusive con la presencia de temperaturas menores o iguales a cero, con una alta peligrosidad para los cultivos.

La fecha de la primera helada se da el 03 enero de 1985 y la última el 29 diciembre del 2004. Además se puede advertir que la fecha media de primera helada es el 25 de abril y la fecha media de última helada el 30 de octubre. Esto no significa que en todos y cada uno de los años, la primera helada va a ocurrir exactamente el 25 de abril. Lo mismo sucede con la fecha media de la última helada.

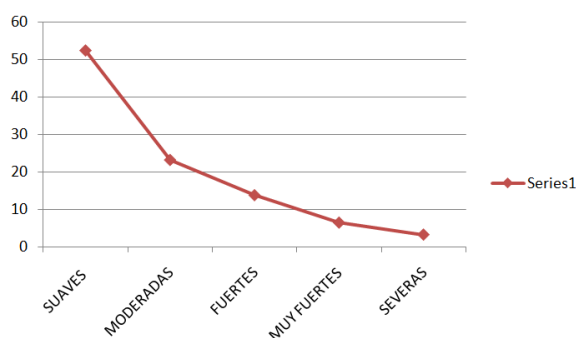
La fecha media calculada para ambos casos no es muy representativa. Si tomamos la fecha media de primera helada, comprobamos que en ningún año se registraron heladas en la fecha calculada. Así también se observa que antes de la fecha media de primera helada se registraron el 43% de las primeras heladas, algunas anticipándose hasta cerca de 4 meses.

Para las fechas medias de últimas heladas, ocurre algo parecido pues hay un 53% de años en los que las últimas heladas se produjeron después de la fecha calculada, con una diferencia de hasta dos meses. Donde la fecha Extrema de Primera Helada: 3 de enero de 1985, mientras que la última helada fue el 29 de diciembre de 2004.

En cuanto a las fechas de intensidad y rigor anual de heladas, durante el período 1981-2010, se observa que el 52.4% de las heladas se presentan como heladas suaves, el 23.2% como heladas moderadas, el 13.8% como heladas fuertes, el 6.5% heladas muy fuertes, mientras que las heladas severas 3.3%, con una excepción para el año de 1990 que se presenta en el mes de julio, que resultan de alta peligrosidad para los cultivos propensos a las heladas agrometeorológicas.

Gráficamente, se expresa:

GRÁFICO N° 7: FECHAS DE INTENSIDAD Y RIGOR ANUAL DE HELADAS, DURANTE EL PERÍODO 1981-2010



FUENTE: El autor, 2012

El desvío estándar (σ) de la variabilidad de última helada es ± 34.8 días. Esto significa que el rango de ocurrencia de la última helada varía entre ± 34.8 días con respecto a la fecha media. En Rumipamba de la Universidad, la última helada puede ocurrir desde el 05 de octubre hasta el 14 de diciembre.

TABLA N° 10: INTENSIDAD DE LAS HELADAS DE LA ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA DE RUMIPAMBA-SALCEDO

VALORES MINIMOS MENSUALES Y ANUALES 1981 – 2010													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MINIMA
Máxima	3,0	2,7	2,0	3,0	2,3	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	2,6	2,0
Mínima	1,3	2,3	0,6	1,7	0,7	-0,6	-1,2	-0,1	-0,8	-0,2	-1,4	-1,0	-1,4

FUENTE: El autor, 2012

5 CONCLUSIONES

- Una vez procesada la información por cada década, se observa que hay una disminución en función del tiempo con relación al número de heladas, considerando los períodos a partir de 1981-1990: se presentaron 9.3 heladas en promedio; así también en el lapso comprendido entre 1991 y 2000: ocurrieron 8.3 heladas en promedio. Mientras que en la década 2001-2010: se presentaron 7.0 heladas en promedio. Registros meteorológicos que se encontrarían acordes con los datos analizados sobre cambio climático que presentó el INAMHI para la región interandina, con un incremento de la temperatura media de hasta 0.8°C.
- Realizado un análisis histórico de los anuarios meteorológicos del INAMHI, se determinó que para el caso de Rumipamba-Salcedo, el Período Medio con Heladas es de: 194 días y el Período Medio sin Heladas es de 171 días.
- De los registros meteorológicos, se desprende que las fechas y el rigor anual máximo alcanzado por las heladas, siendo el 26 de noviembre de 1985 con -1.4°C el valor de la mínima absoluta y el 17 de agosto 1999 con 2.6°C el valor máximo de la mínima absoluta de la serie.
- De la información registrada y sistematizada, se observa que el 52.4% de las heladas se presentan como heladas suaves, el 23.2% como heladas moderadas, el 13.8% como heladas fuertes, el 6.5% heladas muy fuertes, mientras que las heladas severas 3.3%. Igualmente, muestra que las heladas suaves y moderadas (75.6%) ocurren a lo largo de todo el período anual de heladas.
- De la base de datos recabada de anuarios meteorológicos, se definió que las heladas fuertes ocurren entre marzo y diciembre, las heladas muy fuertes entre Junio y Diciembre, mientras que las heladas severas están

dadas en los primeros meses de la época lluviosa, con un 3.3% de las heladas anuales, con una excepción para el año de 1990 que se presenta en el mes de julio, que resultan de alta peligrosidad para los cultivos propensos a las heladas agrometeorológicas.

- El desvío estándar (σ_1) de la variabilidad de primera helada es ± 85.3 días. Significa que el rango de ocurrencia de la primera helada varía entre los ± 85.3 días de la fecha media.

De las conclusiones anteriores se deduce que en Rumipamba de la Universidad, la primera helada puede ocurrir desde el 03 de febrero hasta el 23 de julio.

- Con relación al desvío estándar (σ_2) de la variabilidad de última helada es ± 34.8 días. Esto significa que el rango de ocurrencia de la última helada varía entre ± 34.8 días con respecto a la fecha media. En Rumipamba de la Universidad, la última helada puede ocurrir desde el 05 de octubre hasta el 14 de diciembre.
- Con la presencia de las heladas en el cantón Salcedo, se afectarían a 12.218 Has, de forma aproximada, de lo cual tendríamos en calidad de pérdidas económicas anuales de cerca de 2'419.164 USD.

6 RECOMENDACIONES

- Con los resultados obtenidos, sería importante investigar las eventuales amenazas climáticas futuras, mediante procesos de caracterización cualitativa y cuantitativamente, por medio de la confrontación de indicadores meteorológicos, como la precipitación, viento y otras a fin de visualizar la interacción y comportamiento de estas frente a fenómenos meteorológicos.

- Desarrollar futuras investigaciones a fin de analizar la vulnerabilidad climática y ambiental, para estimar los riesgos climáticos en algunos sectores como el agrícola, recursos hídricos y ciertos ecosistemas. Ya que en el mismo sentido, el país cuenta con resultados de modelos globales y regionales sobre el clima futuro.
- Es necesario la determinación y definición de procesos de variación y cambio climático.
- Determinar mecanismos de indemnización, subsidio y compensación a los pequeños agricultores por pérdidas productivas debido a fenómenos naturales.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Easterling, 2002, Disminución en la frecuencia anual de heladas con excepción de la región Sudeste, Estados Unidos.
- ECCCS) y CC: Train, 1997, Climate Change Country Study, Estudio “Evidencia del Cambio Climático en el Ecuador”
- FAO, 2003, Cambio climático
- Fernández Long, 2005 - 2006, Pérdidas por heladas
- Hernández et al, 2003; Investigación científica, p.5
- INAMHI, 1998, Reportes climáticos “El niño”
- INAMHI, 2006, El evento del niño.
- INAMHI, 2006, Resultados de los tests de tendencia y de los valores de "Cambio" para las 14 estaciones meteorológicas
- INAMHI, 2010, Cambio climático en Ecuador
- INEC-MAG-SICA, 2010, III Censo Agropecuario.
- Ingeniero ambiental, 2010, Informes, Agro climas Argentina.
- IPCC, 1988, Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
- IPCC, 1990, Primer informe de evaluación, a la segunda conferencia mundial sobre el clima.
- IPCC, 2007, Evidencia, la modificación de todos los componentes del sistema climático
- IPCC, 2007, El cambio climático y su consecuencia sobre el aumento de la temperatura global del planeta
- Jones y otros 1986, Camilioni y Barros 1995, Vincent y otros 2005, Cambio climático en América Latina.
- MAE, 2010, Cambio climático.
- MAE, 2010, Anexos al libro VI de la calidad ambiental.
- Müller y otros, 2000 - 2003. Las heladas de acuerdo a su distribución espacial
- Olcina, 1994, Tipos de heladas
- ONU, 1979, Primera conferencia mundial sobre el clima

- ONU, 1988, Asamblea general de las Naciones Unidas, Resolución 43/53, propuesta por el gobierno de Malta
- OMM, 1988, La organización meteorológica mundial y el programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA), Panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC)
- OMM, 2000, Catástrofes naturales relacionadas con el agua y el clima
- PNUD, 2007, La última glaciación con respecto a la temperatura actual.
- Presidencia de la República, 2006, Estados de emergencia por falta de lluvia y a pocos días por escasez de precipitaciones
- Salinger y Griffiths, 2001, Los cambios producidos en los regímenes de heladas. en Nueva Zelanda,
- Trezza ,R, 2010, Elementos de Meteorología Agrícola
- Zitnik, J, 2011, Manual de vuelo del PIPER PA-11 Meteorología.

7.2. Linkografía

- Cambio climático, <http://ecoloquia.com>, 02-05.2010
- The World Bank , 2010, Available at: <http://www.worldbank.org/wdr>. © The International Bank for Reconstruction and Development.