



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**

TEMA:

**SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN
AGROCLIMATOLÓGICA**

**TRABAJO DE TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**

**DIRECTORA: DRA. MARÍA ZOILA DE LA PORTILLA
VERA.**

AUTOR: DARWIN ANDRÉS ROSERO VACA

IBARRA - 2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CEDULA DE IDENTIDAD:	0401664651
APELLIDOS Y NOMBRES:	Darwin Andrés Rosero Vaca
DIRECCION:	Latacunga 5-50 e Isla Santa Cruz
EMAIL:	Darwin11rv@gmail.com
TELEFONO FIJO:	0222510448
TELÉFONO MÓVIL:	0995512597

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	Sistema de Gestión de Información Agroclimatológica
AUTOR (ES):	Darwin Andrés Rosero Vaca
FECHA: AAAAMMDD	20013 09 29
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Sistemas Computacionales
ASESOR/DIRECTOR:	Dra. María de la Portilla Vera

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Darwin Andrés Rosero Vaca, con cédula de identidad Nro. 0401664651, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente,

hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIA

El autor Darwin Andrés Rosero Vaca manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de Septiembre de 2013.

EL AUTOR:



(Firma).....

Nombre: Darwin Andrés Rosero Vaca



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

CERTIFICADO

En calidad de Directora de trabajo de grado presentado por el egresado: **Darwin Andrés Rosero Vaca**, para optar por el título de **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES** con el tema del proyecto de titulación: **“SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN AGROCLIMATOLÓGICA”**. Considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra a los 29 días del mes de septiembre del 2013.

Dra. María de la Portilla Vera

Directora de tesis



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

Yo, Darwin Andrés Rosero Vaca, con cédula de identidad Nro. 0401664651, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN AGROCLIMATOLÓGICA, que ha sido desarrollado para optar por el título de:

INGENIRRO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma).. ..

Nombre: Darwin Andrés Rosero Vaca

Cédula: 0401664651

Ibarra, a los 29 días del mes de septiembre de 2013.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la Universidad Técnica del Norte, a todas las personas que han estado a mi lado durante la culminación de mi carrera, a todas que a pesar de las adversidades me han apoyado.

Darwin Rosero Vaca

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, quienes con su ejemplo de perseverancia y esfuerzo me enseñaron a ser responsable en cualquier actividad que deba cumplir.

Agradezco a todos mis profesores, quienes con su carácter influyeron en mí valores para ser un profesional ético y comprometido con el país.

A mis padres porque me dieron la vida y gracias a ellos he culminado una etapa más de mi vida.

Darwin Rosero Vaca

TABLA DE CONTENIDO

Lista de figuras	vi
Lista de tablas	viii
Lista de anexos	ix
Glosario	x
Siglas.....	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	1
INAMHI	1
Situación actual.....	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Alcance	3
Limitaciones	3
Procesos	4
Beneficios de la implementación del sistema	4
1. Marco teórico.....	5
1.1 La atmósfera	5
1.1.1 Composición de la atmósfera.....	6
1.1.2 Capas de la atmósfera.....	6
1.2 Datos Atmosféricos y el clima.....	8
1.2.1 Datos Atmosféricos	8
1.2.2 Variables Climatológicas	8
1.2.2.1 Temperatura.....	9
1.2.2.2 La Presión Atmosférica.	11
1.2.2.3 El Viento.	12
1.2.2.4 La Radiación Solar.....	14
1.2.2.5 Heliofanía	15
1.2.2.6 Precipitación.	16
1.2.2.7 Humedad del Aire.	24
1.2.2.8 Evaporación.....	27
1.2.2.9 Transpiración.	28
1.2.3 El clima.....	30

1.2.4 Climas en la República del Ecuador.....	31
1.3 Herramientas de desarrollo	35
1.3.1 Web 2.0.....	35
1.3.2 Servidor web Apache Tomcat 7.....	36
1.3.3 Base de datos MYSQL 5.....	38
1.3.4 Hibernate 3.....	39
1.3.5 Java.....	40
1.3.6 JSF (Java Server Faces) 2.....	41
1.3.6 Patrón de diseño MVC.....	43
1.3.7 Arquitectura MVC.....	43
1.3.8 Lenguaje de programación JavaFX.....	45
2. Los datos atmosféricos y su influencia en el clima.....	46
2.1 El clima y el agro.....	46
2.2 Fenología Agrícola.....	46
2.2.1 Cálculo de las unidades térmicas.....	47
2.2.2 Cálculo de las unidades fototérmicas.....	49
2.2.3 Cálculo del fotoperiodo.....	50
2.2.4 Cálculos de unidades frío.....	51
2.2.5 Cálculo de Horas frío.....	52
2.2.6 Probabilidad de helada.....	53
2.2.7 Cálculo de la evapotranspiración potencial.....	54
2.2.8 Cálculo del Déficit.....	55
2.2.9 Cálculo de la relación Precipitación - Evaporación.....	55
2.2.10 Periodo húmedo-seco y Cálculo Estadísticas básicas.....	56
2.3 Cambio climático y la agricultura.....	56
2.3.1 Adaptación al cambio climático.....	57
2.4 Pronósticos climáticos.....	58
3. Descripción y funcionamiento del sistema	59
3.1 Requerimientos del Sistema.....	59
3.1.1 Requerimientos a nivel de Administrador.....	59
3.1.2 Requerimientos a nivel de Usuario.....	59
3.2 Definición Procesos y Subprocesos a implementar.....	59
3.2.1 Definición de Procesos Macro.....	60
3.2.2 Diagrama de subprocesos.....	60
3.2.3 Diagramas de Casos de Uso.....	62
3.2.4 Explicación general de los diagramas.....	63

3.3 Funcionamiento de procesos	64
3.3.1 Detalle de procesos realizados automáticamente.	64
3.3.2 Que no hace el sistema.	64
3.3.3 Perfiles del usuario.	64
4. Construcción de la Aplicación	65
4.1 Diseño del sistema.	65
4.1.1 Diseño de clases.	65
4.1.2 Diseño de la Arquitectura del Sistema.....	70
4.2 Construcción del sistema.	71
4.2.1 Preparación del Entorno de Generación y Construcción.	71
4.2.3 Generación del Código.	71
4.2.4 Casos de prueba.	71
5. Análisis de impactos	72
5.1 Económico.	72
5.2 Ecológico	73
5.3 Cultural.....	73
5.4 Social	74
5.1 Plan Nacional del buen vivir.	74
5.2 Uso del suelo.	77
6. Conclusiones y recomendaciones.....	81
6.1 Conclusiones.....	81
6.2 Recomendaciones.....	82
Bibliografía.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Capas Atmosféricas	8
Figura 2. Termómetros de máxima y mínima	10
Figura 3. Relación Presión atmosférica - Altitud	11
Figura 4. Barómetro de Mercurio	12
Figura 5. Diagrama Circulación de Viento	13
Figura 6. Veleta(1) y Anemómetro (2)	14
Figura 7. Heliógrafo	15
Figura 8. Piranómetro	16
Figura 9. Nubes Orográficas	18
Figura 10. Nubes Frontales	18
Figura 11. Nubes de turbulencia	19
Figura 12. Nubes Convectivas	19
Figura 13. Clasificación de las nubes por la posición en la atmósfera	21
Figura 14. Clasificación de las nubes por la posición en la atmósfera	21
Figura 15. Pluviómetro.	24
Figura 16. Psicrómetro.	27
Figura 17. Tanque evaporímetro.	29
Figura 18. Ciclo Hidrológico.	30
Figura 19. Mapa de climas del Ecuador.	34
Figura 20. Arquitectura de TomCat	37
Figura 21. Esquematización de Hibernate.	39
Figura 22. Funcionamiento de JSP.	41
Figura 23. Ciclo de vida de JSF.	42
Figura 24. Arquitectura MVC	43
Figura 25. Funcionamiento de la arquitectura MVC en JSF.	44
Figura 26. Procesos y subprocessos	59
Figura 27. Generación del boletín de índices agrícolas	61
Figura 28. Diagrama de Casos de Uso generación del boletín	62
Figura 29. Diagrama de Casos de Uso Probabilidad de Helada	62

Figura 30. Diagrama de Casos de Uso Administración	63
Figura 31. Diseño de Clases paquete cálculos.	65
Figura 32. Diseño de Clases paquete mapeo.	66
Figura 33. Diseño de Clases paquete dao.	67
Figura 34. Diseño de Clases paquete resultados	67
Figura 35. Diseño de Clases paquete resultados (Continuación)	68
Figura 36. Diseño de Clases paquete controladores parte 1	68
Figura 37. Diseño de Clases paquete controladores parte 2	69
Figura 38. Diseño de Clases paquete controladores parte 3	70
Figura 39. Diseño de la Arquitectura del Sistema	71
Figura 40. Matriz de Impactos	72
Figura 41. La subnutrición en los países en desarrollo	76
Figura 42. Distribución de la subnutrición en los países en desarrollo, por región, 2010-12 (millones)	77
Figura 43. Mapa de uso de suelos del cantón Ibarra	78
Figura 44. Superficie de uso por categoría (Fragmento)	79
Figura 45. Siembra vs Cosecha	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación climática región litoral	33
Tabla 2. Clasificación climática región interandina	33
Tabla 3. Clasificación climática región oriental	33
Tabla 4. Directorios de Apache Tomcat	36
Tabla 5. Acumulación de horas frío	51
Tabla 6. Radiación solar extraterrestre (fragmento)	54
Tabla 7. Periodo Húmedo Seco	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Documentos metodología RUP
Anexo B	Datos utilizados para el análisis socioeconómico
Anexo C	Manuales sistema SGIA
Anexo D	Código fuente sistema SGIA
Anexo E	Software necesario para la instalación del sistema SGIA

GLOSARIO

BISELADO: borde oblicuo.

CLIMATOLOGÍA: ciencia o rama de las ciencias de la Tierra que se ocupa del estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo cronológico

COEFICIENTE: elemento constante en una multiplicación.

FENOLOGÍA AGRÍCOLA: aspecto de la biología que estudia los fenómenos ajustados a cierto ritmo periódico, como la floración, la maduración de los frutos, etc. Estos cambios estacionales están determinados por los factores físicos del ambiente y por mecanismos de regulación internos de las plantas. Se relacionan con el clima de la localidad en que ocurren y viceversa. De la fenología pueden sacarse secuencias relativas al clima y sobre todo al microclima, cuando ni uno ni otro se conocen debidamente.

ÍNDICES AGRÍCOLAS: indicador numérico relacionado al crecimiento del cultivo.

IRRADIACIÓN: es la potencia recibida por una unidad de área superficial en un diferencial de longitud de onda.

MENSAJE SINÓPTICO: código numérico que contiene información de las variables climáticas utilizada para la realización de pronósticos del tiempo.

METEOROLOGÍA: ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos, las propiedades de la atmósfera, y en especial su relación con el tiempo atmosférico y la superficie de la tierra y mares:

OROGRAFÍA: parte de la geografía física que describe el relieve

PARTÍCULAS METEÓRITICAS: pequeñas partículas de meteoritos desintegrados en la atmósfera.

VARIABLES CLIMATOLÓGICAS: valor numérico que representa cuantitativamente un fenómeno atmosférico.

SIGLAS

ADO	ActiveX Data Objects
AWT	Abstract Window Toolkit
CPT	Climate Predictability Tool
DAC	Dirección de Aviación Civil
DTD	Document Type Definition
EIM	Estudios e investigaciones Meteorológicas
ETP	Evapotranspiración Potencial
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GLP	General Public License
HTML	HyperText Markup Language.
HTTP	HyperText Transfer Protocol
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
JDBC	java database conector
JRE	Java Runtime environment
JSF	Java Server Faces
JSP	Java Server Pages
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
MVC	Modelo Vista Controlador
ODBC	Open DataBase Connectivity
OLEDB	Object Linking and Embedding for Databases
RUP	Rational Unified Process
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SGBDR	Relational Database Management System
SGIA	Sistema de Gestión de Información Agroclimatológica
SNI	Secretaria Nacional de Información
SWT	Standard Widget Toolkit
VS	Versus
WMO	World Meteorological Organization
WRF	Werther Research and Forecasting
XML	Extensible Markup Language

RESUMEN

El Sistema de Gestión de Información Agroclimatológica-SGIA ha sido desarrollado para optimizar el tiempo de respuesta del subproceso de Estudios e Investigaciones Meteorológicas en la elaboración de boletines que contengan información de índices agrícolas basados en datos meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. Para la realización de los cálculos, se toma como base los diversos estudios realizados en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, los cuales aportaron con caracterizaciones propias para la situación climática del Ecuador. Este estudio se ha realizado con el fin de proveer de una herramienta tecnológica que asegure confiabilidad de la información, rapidez en los cálculos y acceso de información a las personas que tengan interés en realizar estudios relacionados a mejorar el rendimiento agrícola; cuya base sea la información obtenida del sistema, siendo una de las prioridades del gobierno actual, promover la seguridad alimentaria el sistema SGIA pretende convertirse en la base inicial de este trabajo mediante el procesamiento de la información meteorológica. Este trabajo presenta cinco capítulos, en el primero se habla sobre los aspectos relacionados a la meteorología, las variables meteorológicas, su origen, su clasificación y su forma de medición; también se habla sobre las herramientas utilizadas para desarrollar el sistema. El segundo capítulo trata sobre la influencia de estos datos en la evolución y crecimiento de los cultivos, la metodología utilizada para realizar el cálculo de los índices agrícolas y una introducción en pronósticos climáticos basados en valores numéricos estimados. En el tercer capítulo se hace referencia al funcionamiento del sistema y los principales requerimientos, describiendo brevemente el proceso a seguir para obtener el producto final. El capítulo cuarto trata sobre el desarrollo de la aplicación en sí y el diseño de la misma. En el capítulo quinto se realiza un análisis de los impactos que tiene la aplicación, desde cuatro puntos de vista que son: económico, social, cultural y ecológico que tiene relación con el “plan nacional del buen vivir” del estado Ecuatoriano.

Palabras clave: Cálculo de índices agrícolas, índices agrícolas a partir de datos meteorológicos, agroclimatología, climatología agrícola

ABSTRACT

The Information Management Agroclimatology System has been developed to optimize the response time on the thread for Studies and Research Meteorological in developing of newsletter containing agricultural indexes information based on meteorological data. To perform of the calculations, the basis is the various studies conducted at the National Institute of Meteorology and Hydrology, which contributed with own characterizations to the climatic situation in the Ecuador. This study was realized in order to provide a technological tool that ensures fast in calculations and access to information to people who are interested in studies related to improving agricultural output and whose base is the information from the system and remains one of the priorities of the current government, promote food security SGIA system aims to become the initial basis of this process by processing of meteorological information. This paper presents five chapters; the first one speaks about issues related to meteorology, weather variables, their origin, their classification and measurement form, also talks about the tools used to develop the system. The second chapter discusses the influence of these data on the evolution and growth of crops, the methodology used to compute the agricultural indexes and an introduction of climate forecasts based in a numerical estimate. In the third chapter refers to the performance of the system and the main requirements, briefly describing the process for obtaining the final product. The fourth chapter deals the development of the application itself and the design of it. In the fifth chapter is an analysis of the impacts that have the application, from four points of view which are: economic, social, cultural and ecological, related to “plan nacional del buen vivir” of the Ecuadorian state.

Keywords: Agricultural index calculation, Agricultural index from meteorological data, Agroclimatology, Agricultural climatology.

INTRODUCCIÓN

INAMHI

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología “INAMHI”. (INAMHI)[1] Es una entidad con autonomía administrativa y técnica, con representación nacional e internacional, Está adscrito a la Secretaría Nacional de Riesgo y tiene jurisdicción en todo el país.

El INAMHI fue creado el 4 de agosto de 1961 y por disposición legal es el rector, coordinador y normalizador de la política hidrometeorológica nacional. Su normativa constitutiva le faculta para el establecimiento, operación y mantenimiento de la Red de Estaciones Hidrometeorológicas, razón por la cual es una institución que genera información básica y suministra servicios y productos hidrometeorológicos necesarios para el desarrollo del país.

Qué es el INAMHI. *Ibíd.*, p. 9 [2] Es el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador creado por Ley, como una necesidad y un derecho fundamental de la comunidad, con capacidad y la obligación de suministrar información vital sobre el tiempo, el clima y los recursos hídricos del pasado, presente y futuro, que necesita conocer el país para la protección de la vida humana y los bienes materiales.

Es una Institución con representación nacional e internacional, miembro de la Organización Meteorológica Mundial, WMO (World Meteorological Organization), organización intergubernamental especializada de las Naciones Unidas para la Meteorología (el tiempo y el clima), la Hidrología Operativa y las ciencias conexas. Es un organismo técnico que en el contexto nacional está adscrito a la Secretaría Nacional del Agua; con personal técnico y profesional especializado en Meteorología e Hidrología, que contribuye al desarrollo económico y social del país.

Qué hace el INAMHI. (INAMHI)[3] A través de la ciencia y la tecnología actual tiene la posibilidad de vigilar y predecir el comportamiento de la atmósfera y las aguas interiores.

Produce información fundamental para emitir alertas tempranas que pueden salvar muchas vidas, reducir los daños materiales y proteger el medio ambiente.

[1] INAMHI. (2010). *Plan Estratégico Institucional*. (D. PLANIFICACIÓN, Ed.) Recuperado el 11 de 2012, de <http://www.inamhi.gob.ec/index.php/informacion-publica/2-organizacion-interna/196-plan-estrategico-institucional>

[2] *Ibíd.*, p. 9

[3] INAMHI. (05 de 2012). *Conozca el INAMHI*. Recuperado el 05 de 2012, de <http://www.inamhi.gob.ec: http://www.inamhi.gob.ec/index.php/conozca-el-inamhi>

Contribuye al esfuerzo internacional mediante el intercambio de información con otros países, sobre el tiempo, el clima, los recursos hídricos, de acuerdo a las normas aplicadas a nivel internacional.

Mantiene un sistema de cooperación y suministro de información oportuna y segura, con los medios de comunicación, prensa, radio, televisión; además de números telefónicos especiales, facsímil, correo electrónico, conversación directa con un meteorólogo, para la entrega del pronóstico diario del tiempo, predicciones y avisos de fenómenos meteorológicos e hidrológicos extremos, al público; Defensa Civil; Gobierno Central y otros organismos públicos y privados.

Colabora en las actividades nacionales de planificación a corto y largo plazos para el desarrollo sostenible del país.

Opera y mantiene la infraestructura nacional de estaciones meteorológicas e hidrológicas: recopila, estudia, procesa, publica, y difunde la información hidrometeorológica.

SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente estos datos son de disposición libre para cualquier persona interesada en su estudio pero debido a su codificación es difícil que las personas naturales sean capaces de interpretarlos, y tampoco existe un sistema informático que actualice en tiempo real.

Las personas carecen de información real y a tiempo sobre la situación climática de la región lo que impide planificar sus actividades agrarias diarias y su trabajo en muchas ocasiones se ve entorpecido por condiciones climáticas no favorables.

El principal inconveniente con la información agroclimatológica en el Ecuador es que no son accesibles para las personas cuando los necesita lo que ocasiona que no puedan planificar las acciones para prevenir los daños producidos por los fenómenos climáticos en sus actividades agrarias.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema informático para analizar e interpretar datos atmosféricos en tiempo real mediante el uso de herramientas tecnológicas que asegure exactitud en los cálculos utilizando modelos numéricos para estimar índices agroclimatológicos, que sea de fácil interpretación y llame la atención de los usuarios.

Objetivos Específicos

- a) Conocer el funcionamiento actual para entender la disponibilidad de los datos y su uso.
- b) Determinar las herramientas e implementar metodología RUP para el desarrollo del software.

- c) Receptar para datos para la estimación de índices.
- d) Formatear los datos para crear series de análisis.
- e) Implementación de gráficos explicativos de resultados.
- f) Elaboración de Documentos técnicos y de usuarios.
- g) Capacitación a los usuarios.
- h) Utilizar JSF para el desarrollo web y JavaFX para la aplicación móvil.

ALCANCE

El Sistema de gestión de información agroclimatológico debe ser capaz de en tiempo real, realizar las acciones automáticas, como la interpretación y el manejo de los datos; para luego proceder a un formateo de los datos que será verificado por un experto calificado, con estos datos se procederá a crear series de análisis y a realizar el cálculo estadístico correspondiente para realizar un boletín de índices agrícolas lo más exactamente posible de acuerdo con los estándares establecidos. Tomando como base descriptiva los siguientes puntos.

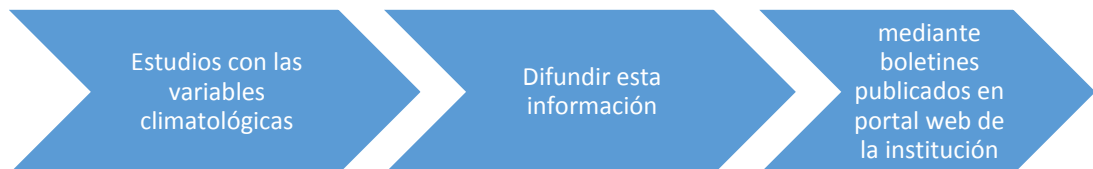
- a) Recepción de datos atmosféricos que llegan a la central Quito en diferentes formas para ser almacenados en la base de datos luego de pasar el proceso de validación.
- b) Esta información es almacenada en forma horaria, trihoraria, diaria, etc. para luego ser utilizadas en diferentes productos que realiza la institución.
- c) Los datos recibidos son presión atmosférica, punto de rocío, humedad relativa, dirección y fuerza del viento, tipos de nubes en diferentes niveles, visibilidad horizontal, temperatura máxima, temperatura mínima, variación barométrica, entre otros.
- d) Con esta información se realizan los estudios de acuerdo a los estándares de la Organización mundial de meteorología.
- e) Realizar cálculos estadísticos basados en medias porcentuales.
- f) Lanzar los resultados tales como evapotranspiración, probabilidad de helada, unidades frío, unidades fototérmicas, etc.
- g) Mediante un análisis técnico de los resultados, se especifica las características agroclimatológicas y el resultado final es el Boletín de índices agrícolas.

LIMITACIONES

Debido a la gran cantidad de datos a nivel diario que se debe procesar para la realización de los cálculos se limitó la consulta para que solo pueda hacerse para máximo tres años, esto observando la fenología de los cultivos más representativos del Ecuador.

PROCESOS

El departamento de estudios e investigaciones meteorológicas es el encargado de realizar estudios con las variables climatológicas y difundir esta información mediante los diferentes boletines los cuales son publicados en portal web de la institución.



BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

- a) El sistema SGIA tiene como bondades la organización, representación, rapidez y exactitud de los cálculos.
- b) Permite al usuario procesar información en forma instantánea y de forma interactiva.
- c) La estimación de índices fenológicos sirve de base para realizar estudios relacionados al crecimiento del cultivo influenciado por factores climáticos.
- d) La información obtenida de los índices calculados pueden servir para prevenir o mitigar efectos climáticos que afectan a los cultivos.
- e) El sistema puede ser alimentado con datos de un punto específico para realizar los cálculos y mostrar los resultados.
- f) Los datos y los cálculos obtenidos son representados mediante graficas estadísticas que facilitan el análisis de la información.
- g) El cálculo de estos índices asegura un mejor uso del suelo y por tanto mejora la producción de los cultivos que es un de las políticas actuales para promover la seguridad alimentaria.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 LA ATMÓSFERA

La atmósfera, “es la capa gaseosa que rodea nuestro planeta, además de contener el aire, incluye partículas sólidas y líquidas en suspensión, o aerosoles* y nubes” [4]. La atmósfera y la hidrosfera constituyen el sistema de capas fluidas superficiales del planeta, cuyos movimientos dinámicos están estrechamente relacionados. Las corrientes de aire reducen drásticamente las diferencias de temperatura entre el día y la noche, distribuyendo el calor por toda la superficie del planeta. Este sistema cerrado evita que las noches sean gélidas o que los días sean extremadamente calientes [5].

Entre los gases que componen la atmósfera, hay que destacar el Nitrógeno (N₂), el Oxígeno (O₂), el Argón (Ar), el Dióxido de Carbono (CO₂) y el vapor de agua. La siguiente tabla recoge el porcentaje de volumen de aire que cada uno de ellos representa. Es importante recordar que la concentración de estos gases varía con la altura, siendo especialmente acusadas las variaciones del vapor de agua, que se concentra sobre todo en las capas próximas a la superficie.

ARAGON [6]. La composición de la atmósfera y los procesos que en ella se desarrollan tienen gran influencia en la actividad humana y en el comportamiento del medio ambiente en general y en uno u otro grado afectan los procesos de producción, intercambio y consumo de bienes y servicios, el bienestar y la seguridad de la población, las relaciones sociedad-naturaleza y los procesos en otras esferas del medio natural.

De ahí la necesidad de hacer el seguimiento frecuente de la dinámica de la atmósfera, su circulación, las variaciones en su composición y de los fenómenos que en ella ocurren de acuerdo con su objeto de estudio

[7] La meteorología realiza los estudios de los procesos y fenómenos atmosféricos a través de sus especialidades, como la física de la atmósfera, la química de la atmósfera, la meteorología dinámica y la meteorología sinóptica, entre otras.

De igual manera, esta ciencia busca la aplicación de sus conocimientos en la práctica de diferentes formas de la actividad humana; de esta manera se han desarrollado áreas aplicadas, como la meteorología agrícola, la meteorología marina, la

* partículas microscópicas como el polvo, el humo, las sales y los compuestos químicos.

[4] Domínguez, H. (2004). *Nuestra atmósfera* (Segunda ed.). México D.F: Mundi-Prensa.

[5] Catling, D. (30 de Agosto de 2009). *Pérdidas en las atmósferas planetarias*. *Scientific American*. Recuperado el 24 de Febrero de 2012, de *Atmósfera terrestre*

[6] ARAGON, M. L. (2011). *Principios de meteorología y climatología*. Madrid: Paraninfo.

[7] Ahrens, D. (2008). *Essentials of Meteorology* (Quinta ed.). Belmont, USA: Thomson Brooks/cole.

meteorología aeronáutica, la meteorología energética, la meteorología aplicada a la salud humana, a la recreación y el deporte, etc. De esta forma, la meteorología se convierte en herramienta al servicio de la sociedad.

1.1.1 Composición de la atmósfera. La composición de la atmósfera ha variado a través de la historia del planeta hasta conformar la actual mezcla de gases y aerosoles. Éstos, hoy en día, se pueden dividir en dos grupos: constantes y variables. Los gases constantes mantienen una proporción casi permanente en la atmósfera: los más abundantes son el nitrógeno (78,1%), el oxígeno (20,9%) y el argón (0,9%). Los gases variables son los que cambian en mayor proporción; en este grupo los más importantes son el vapor de agua y el dióxido de carbono. Este último existe en cantidades relativamente altas (0,035%), pero su concentración presenta variaciones estacionales y de largo plazo. El vapor de agua, por su parte, es muy variable tanto en el tiempo como en el espacio. Otros gases, como el óxido nítrico, el metano y el ozono, se encuentran en una menor proporción.

Otro elemento variable de la atmósfera, que frecuentemente actúa como un gas, es el material particulado suspendido en el aire como partículas de polvo, residuos de humo, sal del océano, bacterias, esporas, semillas, ceniza volcánica y partículas meteoríticas.

1.1.2 Capas de la atmósfera. Según Rico [8] y Sendiña [9] El 98% de la masa de la atmósfera se ubica en una capa delgada, cuyo espesor es aproximadamente 0,25% del diámetro de la Tierra (unos 30 km). La atmósfera se divide en cuatro regiones según la temperatura: troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera. La troposfera es la capa adyacente a la superficie terrestre. Su límite superior –la tropopausa– alcanza aproximadamente una altura de 16 km.

La troposfera es calentada desde su base por contacto con el suelo, que actúa a la manera de un cuerpo negro. En ella, la temperatura generalmente disminuye con la altura, hasta alcanzar un valor entre -75 °C y -80 °C. En la primera mitad de la troposfera, la disminución es de 6 °C a 7 °C por kilómetro, y en la segunda mitad ese decrecimiento ocurre a una tasa cercana a 7 °C por kilómetro.

Sin embargo, algunas veces y en capas de poco espesor se registran, por el contrario, aumentos de la temperatura con la altitud, particularmente por efectos del enfriamiento nocturno cerca al suelo o por efectos de subsidencia en alturas intermedias, produciéndose de esa forma inversión de temperatura por radiación o por subsidencia, respectivamente.

(Sendiña, *Ibíd.*, p. 7)[10] La troposfera se caracteriza porque en ella se dan la mayor parte de los fenómenos determinantes del estado del tiempo, dado que contiene gran

[8] Rico, F. G., Castañeda López, R., & Jaimes Figueroa, E. (s.f.). *Daños a la salud por la contaminación atmosférica*. Toluca: Instituto Literario.

[9] Sendiña, I., & Pérez Muñuzuri, V. (2006). *Fundamentos de Meteorología*. España: Publicaciones Universidad Santiago de Compostela.

[10] *Ibíd.*, p. 7

parte de la masa de la atmósfera y casi todo el vapor de agua y, además, porque en ella también se registran movimientos verticales acentuados.

La estratosfera es la región que se extiende por encima de la tropopausa hasta una altitud cercana a 50 km. En su parte inferior, hasta 20 km de altitud, la temperatura varía muy poco, siendo prácticamente isotérmica*.

La mesosfera, con un espesor de 35 km aproximadamente, la temperatura disminuye regularmente desde su límite inferior situado en la estratopausa, hasta aproximadamente -95 °C en su límite superior, llamado mesopausa, cerca de los 80 km de altitud. La atmósfera al nivel de la mesopausa es más fría que en cualquier otro nivel de la atmósfera superior.

(Sendiña, Ibíd., p. 7) [11] La termosfera es la región que se encuentra por encima de la mesopausa; está caracterizada por un aumento progresivo de la temperatura con la altitud. Cuando la actividad solar es normal, la temperatura aumenta hasta cerca de los 400 km de altitud, y cuando aumenta su actividad, puede crecer hasta aproximadamente los 500 km.

En esta capa la composición de la atmósfera es distinta, ya que las moléculas de un gran número de gases se separan por la acción que tienen sobre ellas los rayos ultravioleta y los rayos X emitidos por el sol, dejando libres los átomos que las constituían.

La homosfera, que se extiende desde la superficie hasta la mesopausa, es decir que, hasta ese nivel, las proporciones de los gases que constituyen la atmósfera son prácticamente constantes, a excepción del vapor de agua y el ozono.

La ionosfera no es estática, varía en altura entre el día y la noche; también puede cambiar su propiedad de refracción a causa del sol y las partículas que éste libera, lo cual puede durar minutos, horas o semanas, afectando así las comunicaciones en la Tierra.

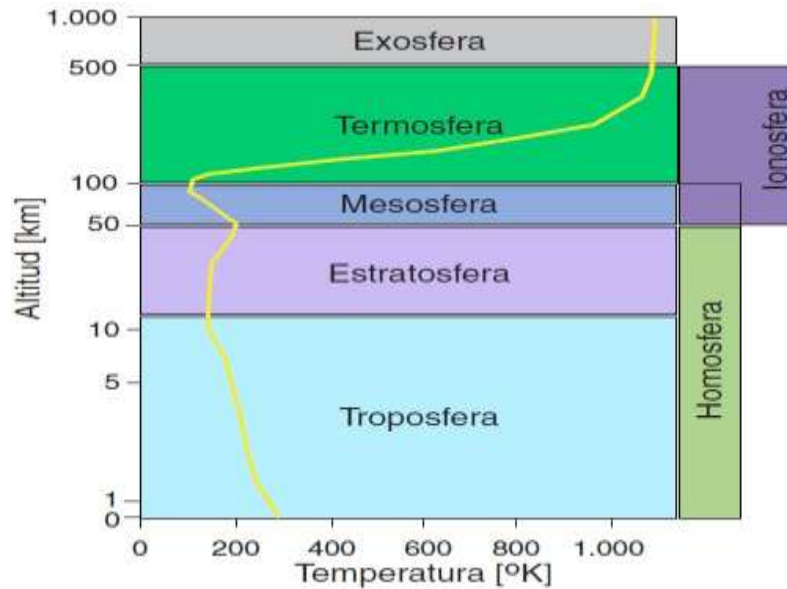
A 500 o 600 km de altitud aproximadamente, la atmósfera es tan poco densa que son extremadamente raras las colisiones entre las partículas neutras. A partir de los 500 km, y hasta una altura indeterminada, se halla la **exosfera**.

En ella abunda el hidrógeno ionizado y hay una pérdida de partículas (protones y electrones) que escapan al espacio exterior, pérdida que se ve compensada por el aporte de partículas en forma de viento solar.

[11] *Ibíd.*, p. 7

* *Pequeña variación de temperatura*

Figura 1. Capas Atmosféricas



Fuente: Sendiña, I, Pérez Muñuzuri, V. 2006. Fundamentos de Meteorología

1.2 DATOS ATMOSFÉRICOS Y EL CLIMA

1.2.1 Datos Atmosféricos. De los componentes de la atmósfera podemos tomar infinidad de datos dependiendo del tipo de estudio que queramos realizar, debido a que este estudio tiene relación con el clima y la agricultura los datos atmosféricos necesarios para ello son los utilizados por la meteorología para el desarrollo de estudios meteorológicos, estos datos son tomados con instrumentos de mediada específicos por lo que toman el nombre de variables climáticas que se describen a continuación.

1.2.2 Variables Climatológicas. Según AGUIRRE DE CARCER [12] El estado físico y químico de la atmósfera puede ser descrito por las siguientes variables:

Temperatura.

Presión.

Precipitación.

Viento.

[12] AGUIRRE DE CARCER, I. (2009). *Apuntes de Meteorología y Climatología para el medio ambiente*. Madrid: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

1.2.2.1 Temperatura. “Es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye un apartado dedicado a las temperaturas: sabemos que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra” [13]. La temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Cuanta mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura.

“El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama termómetro y fue inventado por Galileo en 1593. Hay muchos tipos distintos de termómetros. El modelo más sencillo consiste en un tubo graduado de vidrio con un líquido en su interior que puede ser, por ejemplo, alcohol o mercurio. Como estos líquidos se expanden más que el vidrio, cuando aumenta la temperatura, asciende por el tubo y cuando disminuye la temperatura se contrae y desciende por el tubo” [14].

En Meteorología es muy habitual hablar de temperaturas máximas y mínimas, los valores más altos y más bajos registrados en un periodo de tiempo, por ejemplo, un día. Para medir estas temperaturas extremas como describe Rodríguez [15] se utilizan los denominados termómetros de máxima y mínima:

- a) El termómetro de máxima consta de un termómetro ordinario, cuyo tubo tiene interiormente cerca del depósito una estrangulación: cuando la temperatura sube, la dilatación del mercurio del depósito empuja con suficiente fuerza para vencer la resistencia opuesta por la estrangulación.
En cambio, cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe, quedando, por consiguiente, su extremo libre en la posición más avanzada que haya ocupado durante todo el intervalo.
- b) El termómetro de mínima es de alcohol y lleva en su interior un índice de esmalte sumergido en el líquido. Cuando la temperatura sube, el alcohol pasa entre las paredes del tubo y el índice, y éste no se mueve; en cambio cuando la temperatura disminuye, el alcohol arrastra en su movimiento de retroceso dicho índice porque éste encuentra una resistencia muy grande a salir del líquido. La posición del índice, indica, por tanto, la temperatura más baja alcanzada.

[13] Jones, P., Trenberth, K., & Ambenje, P. (2004). *Surface and Atmospheric Climate Change*.

[14] Reyes Coca, S. (2002). *Introducción a la meteorología*. Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California

[15] Rodríguez Jiménez, R. M., Capa, B., & Portela Lozano, A. (2004). *Meteorología y Climatología*. Madrid: Villena Artes Gráficas.

Figura 2. Termómetros de máxima y mínima



Fuente: Rodríguez Jiménez *METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA*

Como toda magnitud física, según (ibíd., p. 13) [16] la temperatura tiene asociadas unas unidades de medida, diferentes en función de la escala que elijamos:

Escala Celsius (°C): Fue propuesta en 1742 por el astrónomo Anders Celsius. Consiste en una división regular en 100 intervalos, donde el 0 corresponde al punto de congelación del agua y el 100 al punto de ebullición del mismo. Se expresa en grados centígrados y es la que utilizamos habitualmente.

Escala Fahrenheit (°F): Fue introducida en 1714 por Gabriel D. Fahrenheit y se utiliza habitualmente en Estados Unidos. El termómetro se gradúa entre 32 °F (correspondiente a los 0°C) y 212 °F (correspondientes a los 100°C)

Escala Kelvin (°K): Fue introducida por Lord Kelvin en 1848 y es la escala más usada por los científicos. Es una escala que no tiene valores negativos de la temperatura y su cero se sitúa en el estado en el que las partículas que forman un material no se mueven. El punto de ebullición del agua corresponde a 373 K y el de congelación a 273 K. Por tanto, una variación de 1 grado en la escala Kelvin es igual que una variación de 1 grado en la escala Celsius

Para medir la temperatura del aire ambiente en superficie es saber dónde colocar el termómetro para medir correctamente dicho valor. Si lo colocamos cerca de una pared, medirá la temperatura de ésta; si está expuesto al viento marcará un valor y si está protegido marcará otro; si está bajo la acción directa del sol, absorberá la radiación solar y se calentará sin que intervenga apenas el aire, indicando una temperatura superior a la de éste.

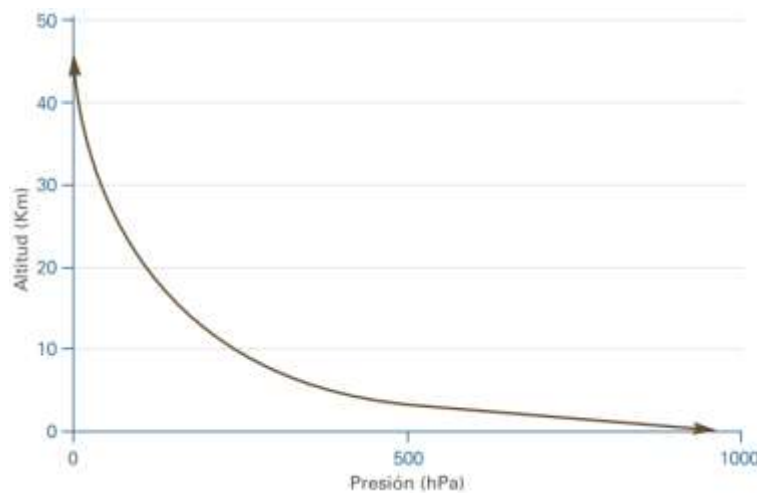
Para que todos los meteorólogos del mundo puedan comparar sus medidas entre sí, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) da las pautas sobre cómo se deben colocar los termómetros: deben estar ventilados, protegidos de la precipitación y de la radiación solar directa, y a una determinada altura del suelo.

[16] *ibíd.*, p. 13

1.2.2.2 La Presión Atmosférica. El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Como explica (Ibíd. p. 17) [17] (Óp. cit. p. 30) [18] esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1N/m²).

La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima de nosotros será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión atmosférica en función de la altitud. En él puede apreciarse cómo la presión atmosférica desciende con la altura, mostrando un decrecimiento aproximadamente exponencial

Figura 3. Relación Presión atmosférica - Altitud



Fuente: [12] *METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA*

“Pero la presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables. La situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son sus principales condicionantes. Precisamente la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental en la información meteorológica” [19] (Rodríguez Jiménez Óp. cit., p18). En cualquier caso, para poder comparar todos los valores de presión registrados en distintos puntos del mundo y extraer conclusiones respecto a las condiciones atmosféricas, las mediciones directas deben corregirse, al menos respecto a la altitud.

[17] *Ibíd. P 17*

[18] *Reyes Coca, Óp. Cit., p. 30*

[19] *Rodríguez Jiménez Óp. cit., p18*

Nuevamente, la Organización Meteorológica Mundial [20] establece las pautas para que todas las medidas registradas en distintos lugares del mundo se efectúen del mismo modo, y, por tanto, puedan ser comparables.

Para la medición de la presión atmosférica se utiliza el barómetro de mercurio. Los barómetros aneroides, aunque menos precisos, son también útiles, en especial a bordo de los barcos. Todas las lecturas barométricas empleadas en los trabajos meteorológicos se corrigen para compensar las variaciones debidas a la temperatura y la altitud de cada estación, con el fin de que las lecturas obtenidas en distintos lugares sean directamente comparables. En el ámbito de mar la presión corresponde a 760 mm de columna de mercurio.

Figura 4. Barómetro de Mercurio



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

1.2.2.3 El Viento. El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando, entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura. En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión.

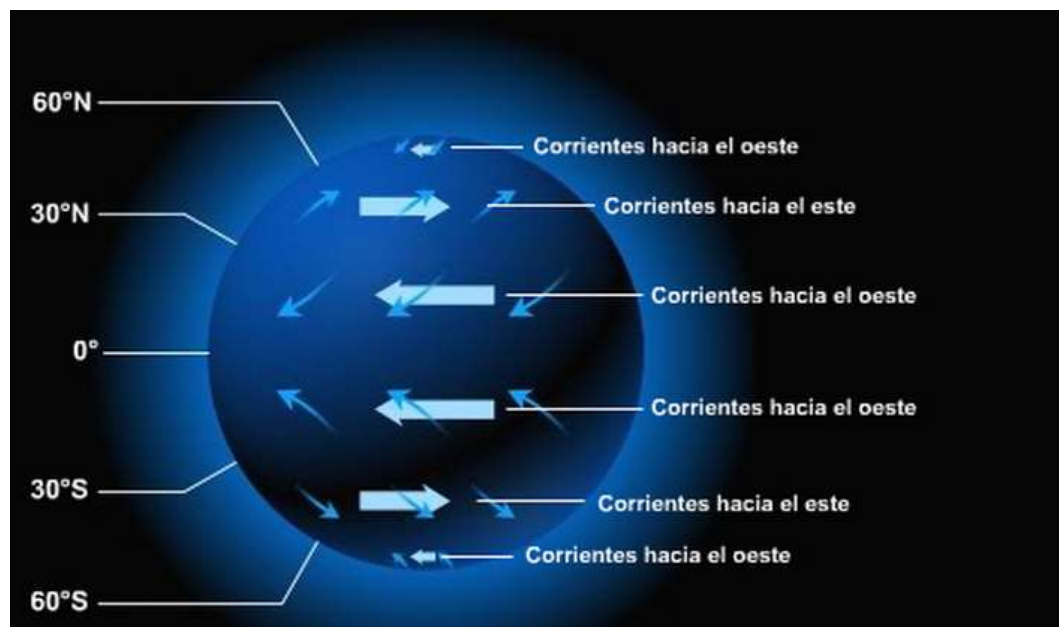
Algo similar a lo que ocurre dentro de un tubo de pasta de dientes cuando presionamos en un extremo para hacer salir el dentífrico. Al apretar, lo que producimos es una diferencia de presión entre ese punto y el extremo abierto. Los meteorólogos dirían que se ha producido un gradiente o diferencia de presión entre ambos extremos.

[20] Organización Meteorológica Mundial, O. (2011). *Guía de prácticas meteorológicas. Guía de prácticas meteorológicas*, 781.

En la atmósfera, existe una relación directa entre presión y viento, lo que hace que los mapas de isobaras, que representan los valores de la presión atmosférica, contengan amplia información sobre la velocidad y dirección del viento.

En el caso de que sea una diferencia térmica el origen del viento, lo que ocurre, Reyes Jiménez describe [21] (Rodríguez Jiménez Óp. cit., p18) que cuando una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su entorno, su volumen aumenta, lo cual hace disminuir su densidad. Por efecto de la flotación, la masa de aire caliente ascenderá, y su lugar será ocupado por otras masas de aire, que en su desplazamiento ocasionarán el viento que puede tener diferentes orígenes como por ejemplo las brisas de mar.

Figura 5. Diagrama Circulación de Viento



Fuente: http://www.meted.ucar.edu/oceans/currents_es/wind_circ1-5.htm

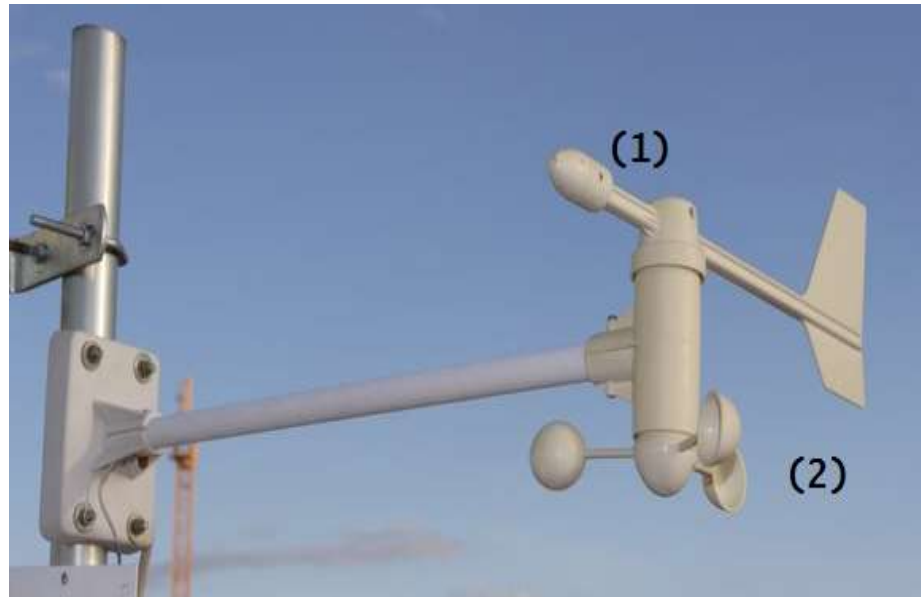
Para poder disponer de medidas directas de velocidad y dirección del viento, los meteorólogos utilizan distintos instrumentos de medida:

Medida de la velocidad horizontal del viento: el instrumento más utilizado es el anemómetro de cazoletas, en el que el giro de las mismas es proporcional a la velocidad del viento. La unidad de medida es el km/h o el m/s.

Medida de la dirección: para ello se utilizan las veletas, que indican la procedencia geográfica del viento. Hablamos de viento norte, noreste, suroeste, etc. En función de dónde provenga éste.

[21] Rodríguez Jiménez Óp. cit., p18

Figura 6. Veleta(1) y Anemómetro (2)



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

1.2.2.4 La Radiación Solar. Para Wrigth Gilmore [22], Sabbagh [23] y Cabrelli [24] La energía transferida por el Sol a la Tierra es lo que se conoce como energía radiante o radiación. Ésta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía.

Según lo energéticas que sean estas ondas se clasifican en lo que se conoce como el espectro electromagnético. Las ondas más energéticas son las correspondientes al rango del ultravioleta, seguidas por la luz visible, infrarroja y así hasta las menos energéticas que corresponden a las ondas de radio.

(Reyes Coca Op., cit. p. 53). [25], (Rodríguez Jiménez Óp. cit., p18) [26] El 99 %, aproximadamente, de la energía de la radiación solar es transportado en banda de longitudes de onda comprendidos entre 0'15 y 4,0 μ . De esta radiación, el 9 %, aproximadamente, pertenece al ultravioleta, el 45 % al espectro visible y el 46 % al infrarrojo.

Algunas veces se dice que la radiación solar es una radiación de onda corta, solamente el 43 % de la radiación de onda corta emitida por el sol, es absorbida

[22] Wrigth Gilmore, J. (1980). *Estimación de la radiación solar global de Costa Rica utilizando horas de sol y otros datos meteorológicos. Revista Geografica de America central*(12), 166.

[23] Sabbagh, J., & Sainingh, A. (1973). *Correrlation of solar radiation and sunshine duration in Riyadh, Saudia, Arabia, Pakistan.*

[24] Cabrelli, D. (1992). *Efecto de la radiación solar bajo dosel sobre el crecimiento de la regeneración de especies heliofitas durables en el bosque húmedo tropical y su respuesta a la intervención silvicultural. Turrialba (Costa Rica).*

[25] Reyes Coca Op., cit. p. 53.

[26] Rodríguez Jiménez Óp. cit., p 25-27

realmente por la superficie de la tierra. El resto es absorbido por la atmósfera o reflejado y difundido por el suelo y la atmósfera.

El único gas que absorbe la radiación visible en cantidades importantes es el vapor de agua. Pero también lo absorben en cantidades variables, las nubes y los polvos, según las condiciones del momento

Cuando hay nubes, sus cimas pueden reflejar una gran parte de la radiación solar que, de esta forma, es devuelta al espacio. También puede ser reflejada una parte de la radiación solar que llega al suelo.

La radiación solar global (Rag Goyal [27], Lhomme [28] JARAMILLO R. 1980) [29] se puede medir directamente con un instrumento llamado pirómetro que mide la irradiancia y el brillo se puede medir directamente con un instrumento llamado heliógrafo que mide la heliofanía.

1.2.2.5 Heliofanía. Es el tiempo, en horas, durante el cual el sol tiene un brillo solar efectivo en el que la energía solar directa alcanza o excede un valor umbral variable entre 120 y 210 W/m², que depende de su localización geográfica, del equipo, del clima y del tipo de banda utilizada para el registro (OMM). También se le suele denominar “brillo solar” o “insolación” y se mide con un instrumento denominado Heliógrafo Que registra las horas de sol, el cuál a través de una esfera de vidrio concreta los rayos provenientes del sol y produce una quemadura sobre una gráfica.

Figura 7. Heliógrafo



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

-
- [27] Rag Goyal, M., & Ramires Builes, V. H. (2007). *Elementos de la Agroclimatología*. Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia: UNISARC.
- [28] Lhomme, J. P. (1984). *Elementos de Agroclimatología*. San José, Costa Rica: ORSTOM.
- [29] JARAMILLO R., A., & SANTOS, J. (1980). *Diseño de un piranómetro para medir el flujo de radiación de onda corta en los cultivos*. Cenicafé, Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de Café.

Irradiación. “El término radiación se aplica al cuerpo que radia, mientras que el término irradiación al objeto expuesto a la radiación. Estrictamente, la superficie terrestre es irradiada y los mapas y tablas son de irradiación solar, sin embargo, aún hoy en día suele usarse el término radiación para referirse a la irradiación” [30]

Las cantidades de radiación se expresan generalmente en términos de irradiancia o irradiación (exposición radiante) y se mide como Potencia solar incidente en una superficie por unidad de área [31]. Sus unidades son W/m^2 . La Organización Mundial de Meteorología (OMM) ha adoptado $120 Wm^2$ como el valor límite por encima del cual se inician los registros.

Figura 8. Piranómetro



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

1.2.2.6 Precipitación. Fuentes [32] , Heuvel dop, Pardo Tasies y otros [33] Es la caída de partículas de agua líquida o sólida, en forma de lluvia, granizo, nieve o agua nieve. La precipitación está asociada a los movimientos ascendentes del aire. Para que se produzca la precipitación es necesario que el aire caliente ascienda, se enfríe en las alturas, se condense y se precipite. Existen cuatro mecanismos fundamentales que provocan el ascenso del aire: la convección o movimiento vertical, el efecto orográfico

Cuando la temperatura de una masa de aire desciende por debajo de su punto de rocío*, parte del vapor de agua contenido en dicha masa comienza a pasar al estado líquido en forma de gotas de agua (condensación), salvo cuando la temperatura es inferior a $0^{\circ}C$, en que puede transformarse directamente en hielo (sublimación).

[30] Rodríguez, H., & González, F. (1992). *Manual de irradiación solar en. (U. N. Colombia, Ed.) Bogotá: Departamento de Física*

[31] RISOL. (Junio de 1999). *Terminología, definiciones y simbología. Energías renovables y medio ambiente*, 8, 29-30.

[32] Fuentes, Y. (1989). *Iniciación a la Meteorología Agrícola. (P. y. Ministerio de Agricultura, Ed.) Madrid, España: Mundi-Prensa*

[33] Heuvel dop, J., Pardo Tasies, J., Quirós Conejo, S., & Espinoza Prieto, L. (1986). *Agroclimatología Tropical. San jose, Costa Rica: EUNED.*

* Es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire produciendo rocío, neblina o escarcha.

Fuentes (Óp., cit. p. 195) [34], Rag Goyal (Óp., cit. p. 85) [35] Las nubes por lo tanto, están formadas por esas pequeñísimas gotas de agua y cristales de hielo, de dimensiones del orden de la centésima parte de un milímetro. Dichas gotas minúsculas tratan de volver a evaporarse nada más formarse, al estar sujetas a una presión (presión de vapor). Dicha presión es inversamente proporcional al radio, evaporándose, por lo tanto, antes las gotas pequeñas que las grandes. Al ser, como hemos dicho, generalmente tan pequeñas y la tensión muy grande, se evaporan tan fácil como se forman.

Para que esto no ocurra es necesario que existan en el aire ciertas partículas sólidas, llamadas núcleos de condensación higroscópicos*, es decir, afines al agua, que hacen que la gota adquiera un tamaño suficiente.

Los núcleos de condensación más frecuentes están formados por sales marinas, partículas orgánicas procedentes de la combustión, humos, polvo y anhídrido sulfuroso, entre otras. Dando lugar a la formación de las nubes las según Fisure Lanza [36], Todo tipo de clasificación se basa en observar alguna característica de la estructura nubosa que determine el tipo de nube.

- **Por su origen.** Podemos clasificar a las nubes según su origen de acuerdo al fenómeno por el cual estas nubes se forman, dependiendo de diversos factores ya sea la orografía** del lugar, o los eventos atmosféricos como el viento, y las podemos clasificar como describe:
 - Nubes orográficas. Cuando el viento sopla perpendicular o casi perpendicular a una montaña o isla y la humedad relativa de la masa de aire obligada a elevarse es bastante alta, esta puede alcanzar la saturación al ascender y enfriarse formando las nubes en la ladera, estas nubes son conocidas como nubes de estancamiento ya que se forman en las cimas de las montañas.

[34] Fuentes (Óp., cit. p. 195)

[35] Rag Goyal (Óp., cit. p. 85)

[36] Fisure Lanza , R. (2009). *Meteorología y Oceanografía Patrones y Capitanes de yate.* Gobierno Vasco: Victoria-Gasteiz.

* Partículas microscópicas (aerosoles) cuya superficie tiene la propiedad de la humectabilidad y poseen una presión de vapor muy baja.

** Describe las características de la geografía del terreno como las montañas.

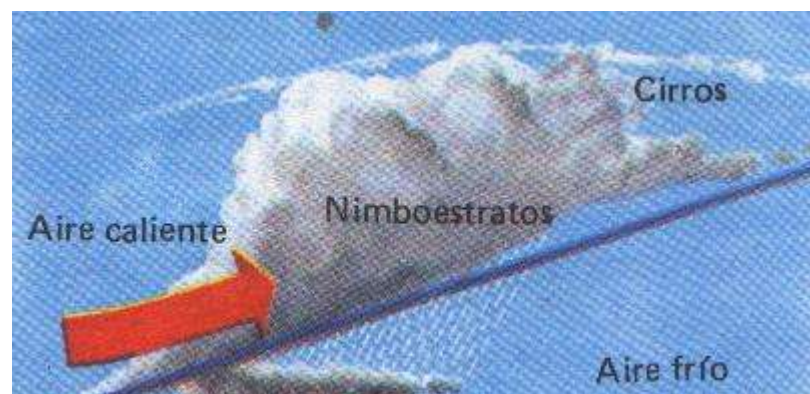
Figura 9. Nubes Orográficas



Fuente: <http://www.meted.ucar.edu> the COMET Program

- nubes frontales. Formadas por los frentes cálidos, ocluidos y fríos son zonas donde se encuentran nubes. De la misma forma podríamos hablar de nubes situadas en la parte delantera y trasera del frente. Tendremos las nubes pos y pre frontales de frente frío.*

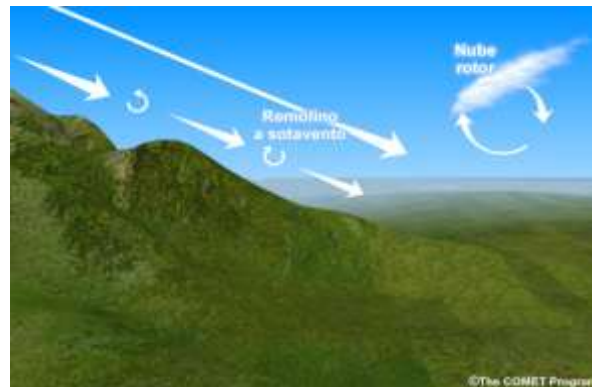
Figura 10. Nubes Frontales



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

- Nubes de turbulencia. Este tipo de nubes, generalmente, estratos y estratocúmulos se originan en condiciones de humedad relativa alta y fuerte turbulencia cerca del suelo, requisitos que suelen ser contrarios y particularmente al amanecer o al atardecer. La mezcla turbulenta se calienta por abajo pero está frío en su parte superior lo que favorece la condensación, que da lugar a las nubes, cuyo espesor depende de la anchura vertical de la capa turbulenta y de la altura en donde se produce la inversión de la temperatura.

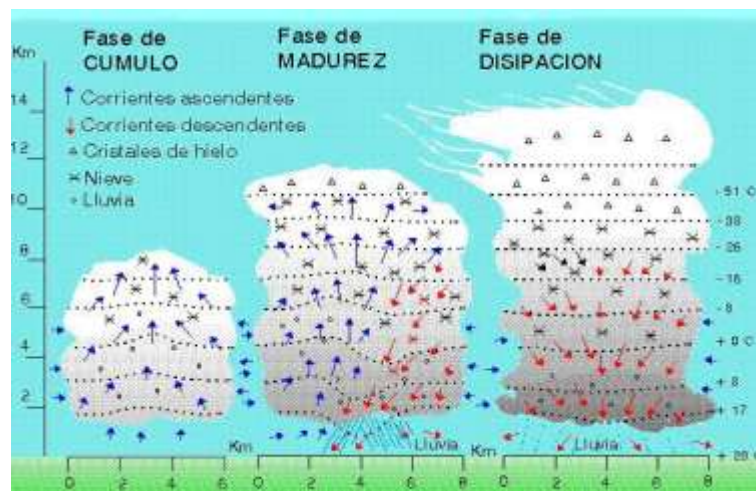
Figura 11. Nubes de turbulencia



Fuente: <http://www.meted.ucar.edu> the COMET Program

- Las nubes convectivas (calentamiento diferencial). Son las producidas por los movimientos verticales de las masas de aire. Una vez alcanzado el nivel de condensación la masa de aire se satura y a partir de este momento comienza a desarrollarse la nube. El ascenso del aire es provocado por la diferencia de temperaturas entre dos zonas próximas a la superficie o por una burbuja de aire cálido en un entorno más frío.

Figura 12. Nubes Convectivas



Fuente: <http://www.meted.ucar.edu> the COMET Program

Estos grupos son los más importantes, a veces, el origen de las nubes está conformado por dos o más factores que se dan a la vez: la convección puede darse como consecuencia de la orografía con lo cual decimos que hay nubes convectivas originadas orográficamente.

- **Por el nivel atmosférico que ocupan.** Si consideramos que la tropósfera está dividida en tres niveles o capas a distinta altura tenemos una clasificación muy

útil atendiendo a la altura que, mayoritariamente, ocupa una nube. Rag Goyal (Óp., cit. p. 90) [37], Fisure Lanza (Óp., cit. p. 104) [38] Así, las nubes próximas al suelo y que llegan hasta los 2-3 km de altura son llamadas nubes bajas, las que ocupan un nivel intermedio entre los 3 y 7 km, serán las nubes medias, las nubes altas son aquellas que ocupan el nivel superior de la troposfera y pueden llegar hasta los 14 km de altura o más. Internacionalmente las nubes se han clasificado, refiriéndose a la altura de su base sobre el suelo, así como por su forma en los géneros básicos los siguientes:

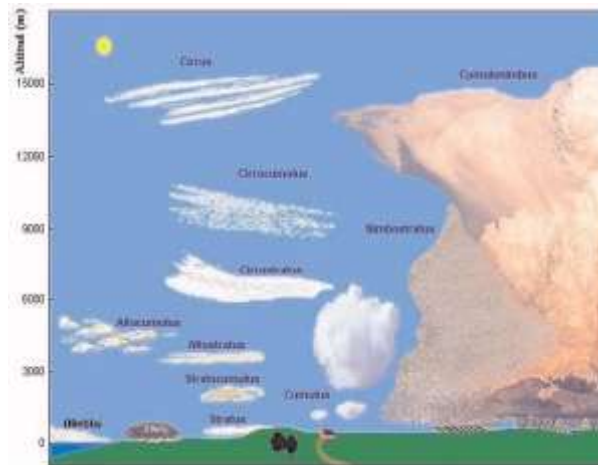
- a) Cirrus: Tienen aspecto vaporoso. De filamentos ligeros, como algodón deshilachado. Nubes blancas, de contornos imprecisos, sin contrastes de sombra. Pasan de 6.000 metros de altura. Son las nubes más altas.
- b) Cúmulos: Tienen aspectos de cadenas de montañas cubiertas de nieve. Son blancas de contornos rodeados, de forma vigorosa.
- c) Nimbos: Nubes oscuras, muy sombrías, llegando en ocasiones a ser casi negras, pero de contornos imprecisos, borrosos, se presentan a menos altura que las anteriores, son amenaza de lluvia.
- d) Estratos: Aparecen sobre el horizonte en fajas alargadas o bandas horizontales a veces ligeramente onduladas. Sin embargo se presentan también a grandes alturas.
- e) Cirrus y cirrostratos: Pueden no alcanzar los 45° de altura sobre el horizonte. Entonces sobre un banco de nubes blancas filamentosas, salen otras que parecen aspas de pescado y decrecen, pero sin alcanzar dicha altura.
- f) Cirrocúmulos: Son las nubes llamadas “borreguitos”, forman numerosos copos dispuestos en fila.
- g) Altocúmulos: Banco de nubes en forma de guijarros, ordenadas en grupos, filas o rollos, siguiendo dos direcciones.
- h) Altostratos: Velo fibroso o estriado y más o menos azulado.
- i) Estratocúmulos: Poco después del mediodía los cúmulos empiezan a desinflarse en capas o rollos muy alargados.
- j) Nimbostratos: Es una capa como de estratocúmulos, pero ensombrecida y espesa. Su base es muy oscura, amenazadora, como

[37] Rag Goyal (Óp., cit. p. 85)

[38] Fisure Lanza (Óp., cit. p.103)

mojada y con cortinas de lluvias, mientras que la de los estratocúmulos es menos oscura, seca y bien recortada.

Figura 13. Clasificación de las nubes por la posición en la atmósfera



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

Figura 14. Clasificación de las nubes por la posición en la atmósfera



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

Clasificación de la precipitación. Estos diferentes tipos de nubes forman diferentes tipos de precipitación como describe Fisure Lanza (Óp., cit. p. 104-105) [39].

- a) **Lluvia.** Se puede definir como aquella precipitación que tiene lugar en forma de gotas líquidas. El tamaño de sus gotas se debe básicamente a dos causas, la evaporación y la fricción que pueda experimentar en su caída.

[39] Fisure Lanza Óp., cit. p. 104-105

Si las gotas en su caída están acompañadas por fuertes corrientes descendentes (como se da en ciertas partes de los Cúmulos y Cumulonimbos, alcanzan un tamaño grande; si, por el contrario, el aire se encuentra en una relativa calma, la fricción hace que, cuando las gotas alcanzan un tamaño considerable, se fracturen, llegando al suelo con un tamaño mucho menor. En general el vocablo lluvia se usa para precipitaciones de agua de diámetro superior a 0,5 mm, y su velocidad en el aire en calma es superior a los 3 m/s.

- b) **Llovizna.** Cuando la lluvia está formada por gotas de agua de diámetro inferior a 0,5 milímetros, muy uniforme y con poca velocidad de caída, casi siempre inferior a los 3 m/s. Este tipo de precipitación la producen por regla general los altoestratos y nimbostratos.
- c) **Chubasco.** Es un tipo de precipitación formado por partículas líquidas, sólidas o ambas a la vez, generalmente con comienzo y final brusco, con constantes cambios en la intensidad y dirección del viento. Las nubes que originan este fenómeno son los cumulonimbos o cúmulos con fuerte desarrollo vertical.
- d) **Nieve.** Precipitación en forma de cristales de hielo de forma hexagonal. Se produce cuando las corrientes ascendentes en el interior de la nube cruzan el punto de congelación y el vapor de agua se transforma en pequeños cristales de hielo. Estos cristales se sueldan más tarde entre sí y forman los copos, generalmente con temperaturas inferiores a los -10°C es frecuente que en el seno de una nube se encuentren gotas de agua en su parte inferior y copos de nieve en su parte superior. Cuando caen mezclados agua y nieve o ésta está muy húmeda, se la conoce como agua nieve. La nieve llega a la superficie siempre que la temperatura del aire no sea muy superior a los 2°C .
- e) **Nieve granulada.** Precipitación sólida en forma de gránulos de hielo, blancos y opacos, de forma esférica casi siempre, con un diámetro entre 2 y 5 milímetros. Se produce cuando la troposfera media se encuentra anormalmente fría y con poco contenido de vapor de agua.
- f) **Cinarra.** Precipitación de características semejantes a la nieve granulada que se produce en situaciones semejantes pero con una atmósfera más seca. Los gránulos de hielo no suelen sobrepasar el milímetro.
- g) **Granizo.** Nombre que recibe el agua congelada que cae en forma de concreciones de hielo traslúcido, de estructura hojosa en capas concéntricas. Las gotas de agua se ven arrastradas por encima y por debajo de la temperatura de congelación (TC), congelándose por debajo de dicho punto y aumentando su tamaño cada vez que atraviesa dicho nivel. La estructura en capas que se aprecia normalmente en el granizo revela el movimiento fluctuante por encima y por debajo del nivel de congelación. Cuando alcanza un peso tal que las corrientes ascendentes no son capaces de soportar se precipita hacia el suelo.

Las corrientes ascendentes necesitan tener una velocidad de unos 30 m/s para que una piedra de granizo normal se mantenga en suspensión.

Su color blanquecino se debe a que al congelarse muy rápido con temperaturas muy frías, las gotas retienen pequeñas burbujas de aire en su interior. Cuando la temperatura donde se está formando es más alta, la congelación es más lenta y el granizo que se forma es transparente.

- h) **Rocío.** Gotas de agua que se forman sobre las superficies frías durante la noche. Ocurre cuando los cuerpos se enfrían por radiación por debajo de la temperatura de rocío del aire adyacente, generalmente en noches despejadas.
- i) **Cencellada.** Cencellada o niebla helada, es la suspensión en la atmósfera de cristales de hielo numerosos y microscópicos que reducen la visibilidad. Cuando entran en contacto con superficies muy frías, por debajo de los 0°C, como los mamparos o mástiles de un barco, se depositan sobre ellos formando una gruesa capa.
- j) **Escarcha.** Proceso similar al del rocío que ocurre cuando la temperatura del punto de rocío es inferior a 0°C. El vapor de agua pasa entonces directamente al estado sólido en lugar de condensarse, apareciendo sobre la superficie cristales de hielo o escamas.
- k) **Helada.** No es otra cosa que la congelación directa de la humedad sobre una superficie, formando una costra resbaladiza que puede alcanzar espesores considerables.

El instrumento que se suele utilizar para medir la precipitación caída en un lugar y durante un tiempo determinado se denomina **pluviómetro**. Guijarro [40] Este aparato está formado por una especie de vaso en forma de embudo profundo que envía el agua recogida a un recipiente graduado donde se va acumulando el total de la lluvia caída.

Existen ciertos factores que pueden interferir en una medida correcta de la precipitación. Así, para evitar las salpicaduras de las gotas de lluvia al incidir sobre el borde exterior del pluviómetro se construye con los bordes biselados. También se pintan de blanco para reducir la absorción de radiación solar y evitar en lo posible la evaporación.

[40] Guijarro, J. (27 de Diciembre de 2002). *Influencia de la intensidad de la precipitación en las medidas de los pluviómetros de balancín en las islas baleares.* (C. M.Balears, Ed.) *Revista de Climatología*, 2(15), 11-12.

Figura 15. Pluviómetro.



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

1.2.2.7 Humedad del Aire. El contenido de agua del aire se puede expresar de diversas maneras. En agrometeorología, la presión de vapor, la temperatura del punto de condensación (punto de rocío) y la humedad relativa son expresiones comunes para indicar la humedad del aire que puede ser definida según Candel [41], Rapin [42], Brenes & Saborio [43] como la cantidad de vapor de agua contenido en la atmósfera dependen las posibilidades de lluvia, y de éstas la producción de energía hidráulica. El vapor de agua además absorbe el calor, y por consiguiente actúa como regulador de la temperatura, su acción es decisiva sobre los seres vivos, y su ausencia o proporciones mínimas en regiones desérticas es el principal obstáculo que se opone al desarrollo de la vida en tales regiones.

La cantidad de vapor de agua presente en el aire por unidad de masa o de volumen, determina el grado de humedad en la atmósfera siendo sólo un 0,033 % del volumen total del aire, pero es muy variable y en ocasiones puede llegar al 4%.

En el caso de que la cantidad de vapor en el aire (humedad) exceda el límite que puede contener el aire Fuentes (Óp., cit. p. 195) [44] se dice que la atmósfera está **saturada**; el punto de saturación de la atmósfera depende de la temperatura. Cuanto más caliente está el aire, mayor cantidad de vapor de agua puede contener, para toda solución se cumple que entre mayor sea la temperatura mayor es su punto de saturación hasta llegar a un punto máximo.

Cuando el aire está saturado de vapor de agua y baja la temperatura, ocurre que el aire no puede contener todo el vapor de agua que contenía anteriormente; el exceso de vapor de agua pasa a formar pequeñas gotas de agua (rocío) o cristales de hielo (escarcha) según sea la temperatura del aire a mayor temperatura, el aire se expande,

[41] Candel, V. R. (1971). *Meteorología (Segunda ed.)*. Barcelona, España: Enciclopedia Labor.

[42] Rapin, P. (2002). *Prontuario del frío (Tercera ed.)*. Sevilla, España: Publicaciones Digitales S.A.

[43] Brenes, A., & Saborio, V. F. (1995). *Elementos de la Climatología su aplicación didáctica en Costa Rica*. Costa Rica: EUNED.

[44] Fuentes Óp., cit. p. 195

y es mayor la cantidad de vapor de agua que puede contener. De manera similar, a menor temperatura, el aire se contrae y es menor la cantidad máxima de vapor de agua que puede almacenar.

Para expresar el vapor de agua presente en cualquier momento en el aire, existen varios índices. Brenes & Saborio (Óp., cit. p. 24) [45], Fisure Lanza (Óp., cit. p. 70-73) [46] Se conoce por **humedad relativa** el cociente entre el vapor de agua presente en el aire y el máximo que éste podría contener expresado en porcentaje, la **humedad absoluta**, que se define como la masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire y se expresa en gramos de vapor por metro cúbico, es el dato que permite saber cuánta agua se puede extraer de la atmósfera en la precipitación y la **humedad específica** es el cociente entre la masa de vapor de agua presente en el aire y la masa de aire húmedo, por consiguiente sus unidades se expresan en gramos/kilogramos.

- a) **Humedad Relativa (HR).** La humedad relativa es una expresión de lo máximo posible en términos relativos. La humedad relativa no dice nada de cuanto vapor hay en la masa, dice cuanto está ocupado de la masa por vapor. La temperatura es la que me permite saber cuánto vapor de agua hay en la atmósfera; la expresión de la humedad relativa está dada por la tensión de vapor:

$$HR = \frac{Ed}{Ea} * 100$$

En donde:

HR = Humedad relativa [%]

Ed = Es la tensión de vapor actual en milibares [mb]

Ea = Es la tensión de vapor a saturación en milibares [mb]

- b) **Humedad absoluta (Ha).** Se define como la masa de vapor de agua en gramos por unidad de volumen de aire y su unidad es gr. de vapor/ m³ de aire, y su expresión matemática es:

$$Ha = 288 * \frac{Ed}{T}$$

En donde:

Ha = Humedad absoluta en gramos de vapor de agua por m³ de aire.

Ed = Tensión de vapor actual en milímetros de mercurio [mmHg]

T = Temperatura en grados kelvin [°K].

[45] Brenes & Saborio Óp., cit. p. 24
[46] Fisure Lanza Óp., cit. p. 70-73

- c) **Humedad específica (He).** Es la masa en gramos de vapor de agua contenido en un kilogramo de aire húmedo. Si el aire está saturado, es decir a su máxima capacidad, la He se define como la humedad específica saturante. Su unidad es gr/kg, y su expresión matemática es:

$$He = 622 * \frac{Ed}{P}$$

En donde:

He = Humedad específica en gramos de vapor de agua por un kg de aire húmedo.

Ed = Tensión de vapor actual en milímetros de mercurio [mmHg]

P = Presión atmosférica en milímetros de mercurio [mmHg]

El instrumento utilizado para medir la humedad como mencionan, Departamento de agroclimatología [47], Arguello & Guachamin [48], Ascaso & Casals [49]. Es el **psicrómetro** que está formado por dos termómetros. El bulbo de uno de ellos está envuelto en un tejido que se mantiene siempre humedecido. Gloyne & Lomas [50] Ambos termómetros se exponen a una corriente de aire, ya sea mediante un ventilador mecánico o por agitación, la evaporación en el tejido que envuelve al bulbo húmedo hace descender la temperatura, dado que se absorbe calor del ambiente, que se convierte en trabajo aplicada al cambio de estado del agua. Si la atmósfera está saturada la evaporación es nula y por lo tanto ambas temperaturas coinciden. La relación entre la diferencia de temperatura que miden los dos termómetros y la humedad relativa no es directa, ya que depende de la temperatura real del aire, y de la presión atmosférica.

[47] Departamento de agroclimatología INAMHI. (Diciembre de 2003). *La evaporación un parametro meteorológico importante*. 15. Quito, Pchinchá, Quito: Publicaciones INAMHI.

[48] Arguello, J., & Guachamin, B. (1994). *Guía práctica de observaciones meteorológicas de superficie*. Quito, Pichincha, Ecuador: Publicaciones INAMHI.

[49] Ascaso, A., & Casals, M. (1986). *Vocabulario de terminos meteorológicos y ciencias afines*. Madrid, España: Instituto nacional de meteorología España.

[50] Gloyne, R. W., & Lomas, J. (1988). *Componiendo apuntes para la formación de personal agrometeorológico de las clases II y III*. (551). OMM

Figura 16. Psicrómetro.



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

1.2.2.8 Evaporación. Departamento de agroclimatología INAMHI (Op., cit. p 2-3) [51], FAO [52], Baeir [53]. La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada; para cambiar el estado de las moléculas del agua de líquido a vapor se requiere energía.

La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía. La fuerza impulsora para retirar el vapor de agua de una superficie evaporante es la diferencia entre la presión del vapor de agua en la superficie evaporante y la presión de vapor de agua de la atmósfera circundante.

A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmósfera o en otras palabras no se retira de alrededor de la hoja. El remplazo del aire saturado por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación.

Cuando la superficie evaporante es la superficie del suelo, el grado de cobertura del suelo por parte del cultivo y la cantidad de agua disponibles en la superficie evaporante son otros factores que afectan el proceso de la evaporación. Lluvias frecuentes, el riego y el ascenso capilar en un suelo con manto freático poco profundo, mantienen mojada la superficie del suelo.

[51] Departamento de agroclimatología INAMHI (Op., cit. p.15)

[52] FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (56 ed.)*. Roma, Italia: FOA.

[53] Baeir, W. (1993). *Guía de Prácticas Agrometeorológicas*. (134). OMM.

1.2.2.9 Transpiración. Este es un parámetro importante puesto que refleja la condición de las plantas y la interacción con el medio ambiente, como se describe en el manual oficial de la FAO (Óp., cit. p.4) [54]. La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera.

Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua junto con algunos nutrientes es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática.

Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales. La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación.

El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo.

American Society of Civil Engineer [55]. La evaporación de una superficie de agua es más comúnmente calcula indirectamente por una o más técnicas. Estas técnicas son utilizadas en meteorología para realizar estudios hidrológicos e incluyen mediciones de evaporación en tanques, obteniendo datos para el cálculo del balance hídrico, el equilibrio de la energía, los procedimientos de transferencia de masa, etc.

Para medir este parámetro utilizamos en tanque evaporímetro tipo "A", la tasa evaporativa de los tanques de evaporación llenos de agua puede ser fácilmente obtenida. En ausencia de lluvia, la cantidad de agua evaporada durante un periodo (mm/día) corresponde a la disminución de la altura de agua en el tanque en ese periodo.

Los tanques evaporímetros Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura FAO (Óp., cit. p.78-79) [56] proporcionan una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie abierta de agua. Aunque el tanque evaporímetro responde de una manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, varios factores producen diferencias significativas en la pérdida de agua de una superficie libre evaporante y de una superficie cultivada.

[54] FAO (Op., cit. p.4)

[55] American Society of Civil Engineer. (1996). *Hydrology handbook (Segunda ed.)*. USA: ASCE.

[56] FAO Op., cit. p.78-79

La reflexión de la radiación solar del agua en el tanque puede ser diferente del 23% asumido para el cultivo de referencia. El almacenaje de calor dentro del tanque puede ser apreciable y puede causar una significativa evaporación durante la noche mientras que la mayoría de los cultivos transpiran solamente durante el día; también se distinguen diferencias en la turbulencia, temperatura y humedad del aire que se encuentran inmediatamente sobre estas dos superficies. La transferencia de calor a través de las paredes del tanque también afecta el balance energético.

Rag Goyal & Ramires Builes (Op., cit. p. 127) [57]. Para seleccionar el coeficiente apropiado para un tanque evaporímetro dado, se debe considerar no solamente el tipo del tanque, sino también la cobertura del suelo donde se ubica el tanque, sus alrededores así como el viento y las condiciones generales de humedad hace estableciendo la medida de la disminución de una superficie de agua a partir de una superficie evaporante en milímetros [mm].

Figura 17. Tanque evaporímetro.

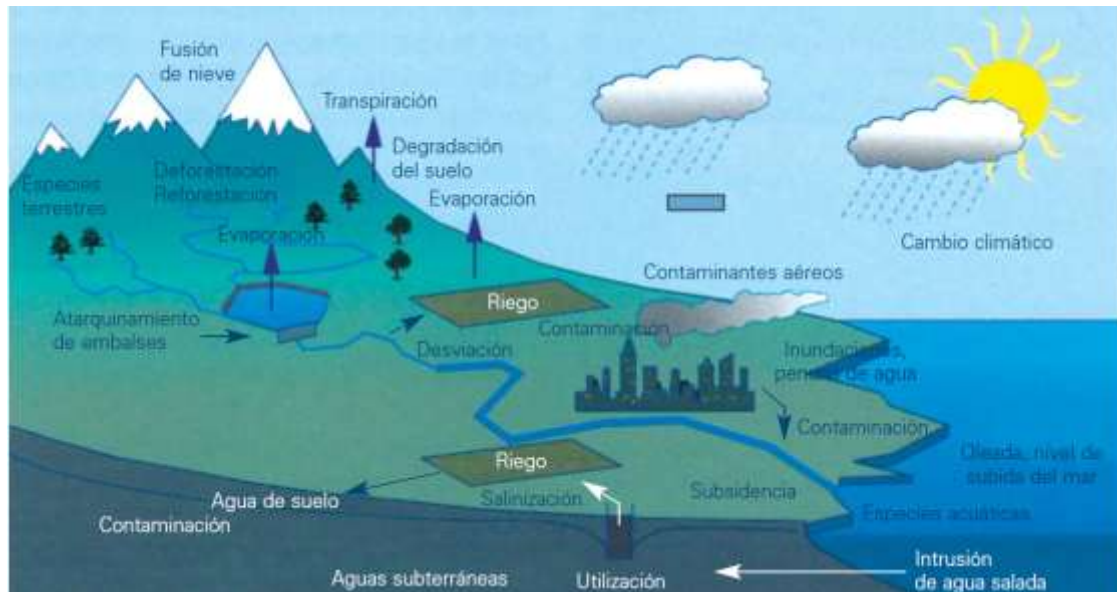


Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

Todas estas variables climatológicas forman el ciclo hidrológico que ha sido motivo de muchos estudios por varias organizaciones debido a la importancia en la producción agrícola y la seguridad alimentaria.

[57] Rag Goyal & Ramires Builes (Op., cit. p. 127)

Figura 18. Ciclo Hidrológico.



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

1.2.3 El clima. Según Conde [58] El clima terrestre es producto de la constante y compleja interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y, muy importante, la vida en el planeta (animales y plantas en los bosques y selvas, en océanos y en la atmósfera). Cada día hay variaciones en las condiciones de nuestro planeta, por lo que también a diario se presentan variaciones en las condiciones de temperatura y lluvia planetaria.

Sin embargo, a esas variaciones no las llamamos clima, sino al estado del tiempo. En particular en nuestro país, por encontrarse en la Zona de confluencia intertropical debemos esperar dos periodos el periodo lluvioso y el periodo seco, en forma general, “esto esperamos se llama clima” [59].

Prieto Bolívar [60]. El clima varía desde el Ecuador* a los Polos a causa principalmente de dos factores: la temperatura y la precipitación y por consiguiente de las presiones atmosféricas y de oxígeno. Estos factores y por lo tanto el clima, varían a medida que cambia la altitud o la latitud.

De esta manera, el ascenso por la ladera de una montaña equivale a alejarse del Ecuador y encontrar colocada en zonas o pisos, la misma sucesión de formaciones vegetales que se encontraría yendo del Ecuador a los Polos. De esta manera el agua lluvia o precipitación, así como la temperatura son los determinantes de la humedad o

[58] Conde, C. *El cambio climático global*. México D.F.

* Latitud 0°, línea ecuatorial.

[59] *Ibid.*, p.5

[60] Prieto Bolívar, C. J. (2004). *El Agua sus formas, efectos , abastecimientos, usos, daños, control y consevación*. (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.

vapor de agua, lo que hace que en el trópico el clima se reduzca a una resultante esencial que es la humedad.

La clase de clima es determinado por el descenso o ascenso de la intensidad de la precipitación y la temperatura, según la latitud o altitud, así como por la dirección del movimiento del aire y la humedad, en esta forma, a medida que la altura aumenta en las montañas o se avanza hacia los polos, la temperatura, la presión, la precipitación y el contenido de oxígeno disminuyen para las funciones vitales.

Por tales cambios físicos la vegetación cambia desde el nivel del mar hasta la región de las nieves perpetuas, o del Ecuador hacia los Polos.

1.2.4 Climas en la República del Ecuador. El clima es el principal determinante del tipo o clase de vegetación que crece bajo condiciones naturales de cultivo, así como también el principal influyente, con su origen geológico o mineral en la formación de los suelos. Sobre esto han existido muchas hipótesis o teorías, siendo más importantes para el trópico las que hablan de suelos zonales y de climasoles.

Según la teoría climática (Climasol), su autor el científico alemán Lang. Teniendo en cuenta la precipitación y la temperatura, dedujo su factor de lluvia dividiendo la precipitación anual en mm. Por la temperatura media anual en grados centígrados.

De los estudios realizados en el INAMHI se pudo clasificar los climas en el Ecuador como menciona Moya [61]. En el cual se realizó una clasificación de los climas del territorio nacional basándose en la clasificación climática de Thornthwaite poniendo énfasis en la evapotranspiración potencial y descarta las clasificaciones que únicamente se basan en el comportamiento de la temperatura y de la precipitación por cuanto considera a la ETP como un factor climático de igual importancia que la precipitación, pues representa una transferencia de calor y humedad desde la atmósfera hasta el suelo, las plantas y viceversa.

El modelo climático de Thornthwaite se basa en la evapotranspiración potencial, que mide la eficiencia térmica del medio analizado, y el índice hídrico, que mide la eficiencia pluvial de dicho medio.

De los resultados del estudio de clasificación climática del Ecuador *Ibíd.*, p. 6-7 [62] se obtuvo una clasificación en función del régimen de humedad, donde se identifican 9 tipos climáticos que tienden a confundirse entre los más cercanos, por ejemplo entre Supe húmedo y Muy húmedo, o entre Moderadamente húmedo y Ligeramente húmedo; o entre Subhúmedo seco y Semiárido seco, por lo que despreciando los resultados del índice hídrico se adaptó a lo más real, tratando de ajustar a nuestras propias características climáticas y evitando caer en errores.

[61] Moya, R. (2006). *Climas del Ecuador. Climas del Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: Publicaciones INAMHI*

[62] *Ibíd.*, p. 6-7

Igual tratamiento se dio a la parte correspondiente a la clasificación climática en función del régimen térmico, donde igualmente existen rangos que dan lugar a confusión, por lo que se adoptó la más adecuada de acuerdo a las condiciones de la localidad.

Los diferentes tipos climáticos determinados se identifican por tres caracteres, describiendo mediante los dos primeros a las condiciones de humedad, y mediante el tercero la característica térmica del lugar. Entre las diferentes características determinadas dentro de cada parámetro que identifica a un clima se encontraron los que a continuación se detalla.

Por el índice hídrico

A = Súper húmedo.

B₃ = Húmedo.

C₂ = Subhúmedo.

D = Seco.

E = Árido.

Por la Variación estacional de la humedad

r = Nulo o pequeño déficit hídrico.

s = Moderado déficit hídrico en época seca.

s₂ = Gran déficit hídrico en época seca.

w = Moderado exceso hídrico en época lluviosa.

d = Nulo o pequeño exceso hídrico.

Por Régimen térmico.

A' = Cálido.

B'₄ = Semicálido.

B'₃ = Templado cálido.

B'₂ = Templado frío.

B'₁ = Semifrío.

ibíd. p. 8. [63]. Según el régimen hídrico los tipos climáticos determinados en las tres regiones continentales, son agrupados en tres categorías que generalizan a los climas húmedos, subhúmedos y secos, según se describe a continuación.

[63] *ibíd.* p. 8.

Tabla 1. Clasificación climática región litoral

Climas húmedos	Climas Subhúmedos	Climas Secos
Ar A'	C ₂ d A'	D d A'
Ar B' ₃	C ² r A'	E d A'
B ₃ r A'	C ₂ s A'	
B ₃ r B' ₃	C ₂ s ₂ A'	
B ₃ s A'	C ₂ s ₂ B' ₃	
	C ₂ w A'	

Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Tabla 2. Clasificación climática región interandina

Climas húmedos	Climas Subhúmedos	Climas Secos
Ar A'	C ₂ d B' ₁	D d B' ₁
Ar B' ₃	C ₂ d B' ₂	D d B' ₂
Ar B' ₄	C ₂ d B' ₃	D d B' ₃
B ₃ r B' ₁	C ₂ d B' ₄	E d A'
B ₃ r B' ₂	C ₂ r B' ₁	E d B' ₃
B ₃ r B' ₃	C ₂ r B' ₂	
B ₃ r B' ₄	C ₂ s B' ₁	
B ₃ s B' ₄	C ₂ s B' ₃	
	C ₂ s ₂ B' ₂	
	C ₂ s ₂ B' ₃	
	C ₂ w B' ₂	

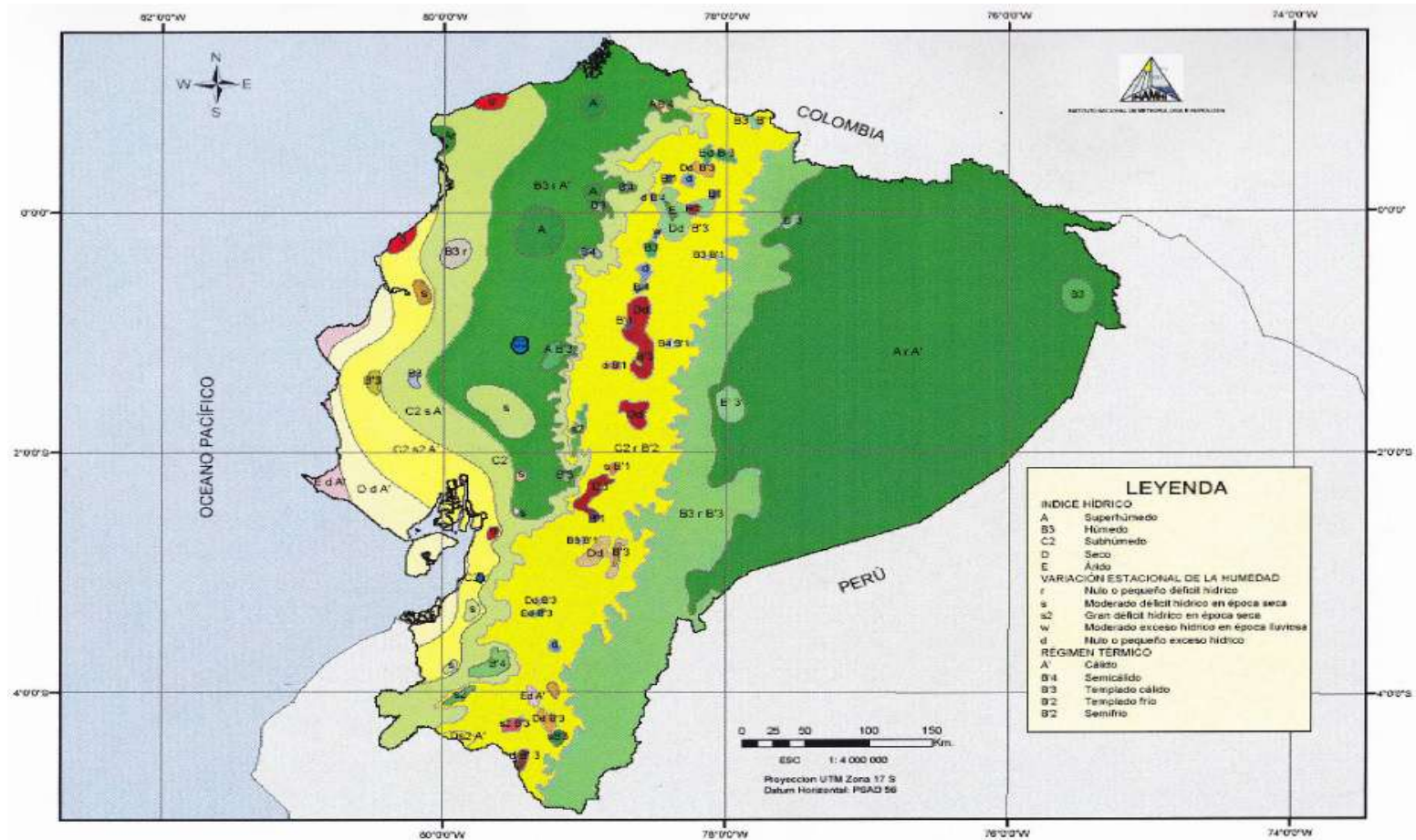
Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Tabla 3. Clasificación climática región oriental

Climas húmedos
Ar A'
Ar B' ₃
B ₃ r A'
B ₃ r B' ₃
B ₃ s A'

Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 19. Mapa de climas del Ecuador.



Fuente: Estudios e investigaciones Meteorológicas INAMHI

Tanto en el litoral como en la región interandina (según los cuadros de los tipos climáticos) se aprecian climas similares desde el punto de vista del índice hídrico, presentan las tres categorías de climas húmedos, subhúmedos y secos, claro está que éstos se diferencian por su régimen térmico, así en el litoral serán climas que independientemente del estados de humedad adopten el calificativo de cálidos y semicálidos, mientras en el callejón interandino éstos varían de templados a fríos y en ciertos casos como el valle del Chota, el semicálido.

El oriente ecuatoriano es una zona que se encuentra influenciada por perturbaciones provenientes de la cuenca amazónica, haciendo que esto provoque gran inestabilidad atmosférica y consecuentemente una precipitación permanente, bajo estas condiciones para esta región se determina un régimen hídrico húmedo predominante donde no hay cabida a otra característica, lo que marca la diferencia con las anteriores regiones mencionadas.

1.3 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

1.3.1 Web 2.0. En la actualidad las aplicaciones informáticas están siendo orientadas al desarrollo en la nube puesto que así para el desarrollador ya no resulta un problema el tipo de sistema operativo del usuario y esto facilita concentrarse más en la funcionalidad de la aplicación que en la integración de la aplicación con el usuario, además asegura disponibilidad y acceso casi desde cualquier lugar, resulta bastante común implementar la interfaz de una aplicación utilizando páginas web en vez de las ventanas y los controles específicos de un sistema operativo concreto.

Se denominan aplicaciones web a aquellas aplicaciones cuya interfaz se construye a partir de páginas web. Las páginas web no son más que ficheros de texto en un formato estándar denominado HTML. Estos ficheros se almacenan en un servidor web al cual se accede utilizando el protocolo HTTP, uno de los protocolos de Internet.

Para utilizar una aplicación web desde una máquina concreta, basta con tener instalado un navegador web en esa máquina, ya sea Internet Explorer de Microsoft, Mozilla Firefox o cualquier otro navegador. Desde la máquina cliente, donde se ejecuta el navegador, se accede a través de la red al servidor web donde está alojada la aplicación y, de esa forma, se puede utilizar la aplicación sin que el usuario tenga que instalarla previamente en su máquina.

O'Reilly [64]. La web 2.0 nace de la necesidad de presentar al usuario final aplicaciones dinámicas sin la necesidad de tenerlas instaladas en su equipo, o importar el sistema operativo dejando a la web 1.0 relegada de su uso ya que solo presentaba información porque estaba orientada a la visualización de contenidos lo que no resultaba óptimo como modelo de negocio rentable para los inversionistas. El concepto Web 2.0 nace de reuniones, en el año 2005, entre dos empresas punteras del sector tecnológico como son O'Reilly Media y MediaLive.

[64] O'Reilly, T. (30 de Septiembre de 2005). *What Is Web 2.0* O'Reilly Network. (T. O'Reilly, Editor) Recuperado el 27 de Agosto de 2012, de O'Reilly Spreading the knowledge of innovators: <http://oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web20.html?page=1>

1.3.2 Servidor web Apache Tomcat 7. Apache Tomcat es un servidor web de código libre con licencia “Apache License version 2”*, está desarrollado bajo lenguaje de programación java por lo que necesita de la máquina virtual de java (JRE) para ejecutarse esta característica le permite ser un servidor de aplicaciones web multiplataforma. Posee un contenedor de servlets** denominado **catalina** e implementan las especificaciones de Servlet 3.0 y de JSP 2.2.

Kroenke [65] Tomcat no es un servidor de aplicaciones como JBoss o JOnAS por lo que realiza el tratamiento de los servlets mediante un compilador llamado Jasper tomando los JSPs para convertirlos en servlets, por lo general Tomcat se combina con el servidor web Apache y se distribuye como Apache Tomcat.

Tomcat puede funcionar como servidor web por sí mismo. En sus inicios existió la percepción de que el uso de Tomcat de forma autónoma era sólo recomendable para entornos de desarrollo y entornos con requisitos mínimos de velocidad y gestión de transacciones. Hoy en día ya no existe esa percepción y Tomcat es usado como servidor web autónomo en entornos con alto nivel de tráfico y alta disponibilidad.

Tomcat puede ser instalado en cualquier directorio del sistema, teniendo en cuenta la organización de sus directorios de la siguiente manera según Apache Software Foundation [66].

Tabla 4. Directorios de Apache Tomcat

Directorio	Contenido
bin	Scripts de arranque, cierre y ejecutables
common	clases comunes que pueden utilizar Catalina*** y las aplicaciones web
conf	ficheros XML y los correspondientes DTD**** para la configuración de Tomcat
logs	logs de Catalina y de las aplicaciones
server	clases utilizadas solamente por Catalina
shared	clases compartidas por todas las aplicaciones web
webapps	directorio que contiene las aplicaciones web
work	almacenamiento temporal de ficheros y directorios

Otra de las características de Tomcat es su arquitectura puesto que posee una jerarquía en cuanto a servicios y contenedores, ejecutándose sobre una misma máquina virtual de java conjuntamente con otras aplicaciones javas con la condición de que estas aplicaciones se deben ejecutar sobre otros puertos separados de la red.

[65] Kroenke, D. M. (2003). *Procesamiento de bases de datos: fundamentos, diseño e implementación* (Octava ed.). (G. Trujano Mendoza, Ed.) México, México: PERSON.

[66] Apache Software Foundation. (2012 de Octubre de 03). *User Guide*. (A. S. Foundation, Editor) Recuperado el Noviembre de 2012, de Apache Tomcat 7 Version 7.0.32, Oct 3 2012: <http://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/introduction.html>

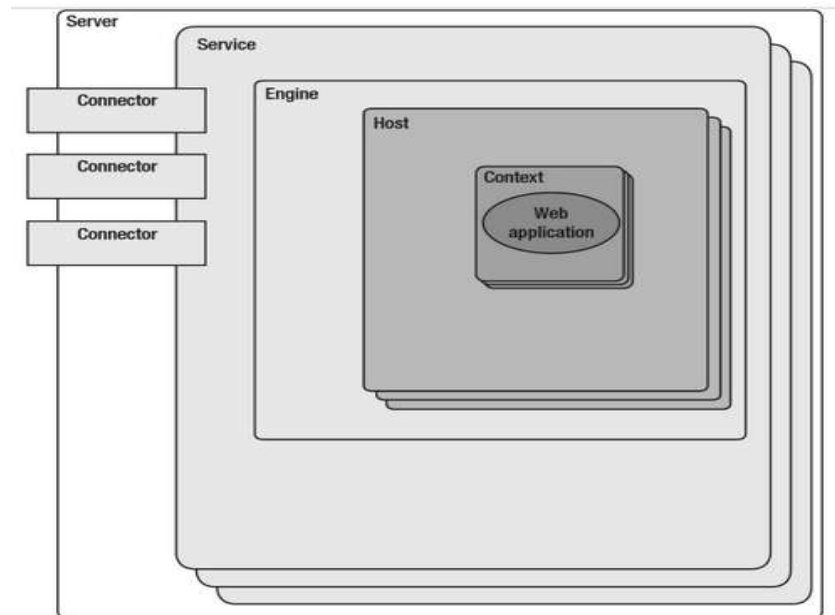
* <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>

** pequeños programas que se ejecutan en el contexto de un navegador web

*** Contenedor de servlets

**** Document Type Definition

Figura 20. Arquitectura de TomCat.



Fuente: [63] Apache Tomcat 7

Como muestra el gráfico Vukotic & Goodwill [67] Tomcat es un servidor organizado por contenedores con jerarquía definida siendo el contenedor de servlets catalina la parte más importante dentro del servidor puesto que quien procesa los servlets. Cada contenedor del servidor está configurado mediante un archivo XML y contiene los siguientes tags:

Servidor. <Server> Es el primer tag dentro del archivo es el contenedor general por lo tanto solo puede existir un servidor dentro del archivo, pero puede contener uno o varios servicios.

Servicio. <Service> Es el segundo tag del archivo está dentro del servidor y puede contener uno o más contenedores.

Conector. <Connetor> Es el encargado de procesar las peticiones y respuestas desde y hacia el aplicación ejecutada por el cliente.

Motor. <Engine> es el encargado de manejar las peticiones de todos los componentes de servicio padres, solo puede haber un motor dentro de un servicio.

Host. <Host> Define la máquina virtual que usara el motor Catalina que puede ser el motor de una o más aplicaciones web.

Contexto. <Context> es la aplicación que se está ejecutando dentro de Tomcat y puede contener varias aplicaciones.

[67] Vukotic, A., & Goodwill, J. (2011). *Apache Tomcat 7*. New York: APRESS.

1.3.3 Base de datos MYSQL 5. MySQL 5 Community Edition es un sistema de gestor de bases de datos relacionales (SGBDR) de código libre, rápido, robusto y fácil de usar. Thibaud [68] Se adapta bien a la administración de datos en un entorno de red, especialmente en arquitecturas cliente/servidor. Se proporciona con muchas herramientas y es compatible con muchos lenguajes de programación.

Es el más célebre SGBDR del mundo Open Source, en particular gracias a su compatibilidad con el servidor de páginas Web Apache y el lenguaje de páginas Web dinámicas PHP. Sitio oficial MYSQL [69] Este gestor de base de datos está distribuido mediante licencia GPL para uso libre de acuerdo a lo especificado en la licencia, aunque tiene las versiones Standart Edition y la Version Enterprise Edition con un costo para el usuario y la posibilidad de contar con soporte por parte de la empresa proveedora ORACLE.

Características. MySQL 5 Community Edition presenta algunas características notables las cuales se debe hacer referencia porque sirve de guía para la administración.

Está escrito en C/C++ y probado con numerosos compiladores y funciona en los sistemas operativos más populares.

Thibaud (Óp., cit. 10-11) [70] Soporta muchas API* como C, C++, PHP, Perl, Eiffel, Python, Java, Tel.

Las utilidades clientes y de administración utilizan los sockets TCP/IP, los sockets Unix o los canales con nombre NT (Named Pipes).

Dispone de un driver ODBC para Windows lo que le aporta compatibilidad con la mayoría de lenguajes disponibles en este sistema operativo.

Dispone de un driver ADO vía OLEDB en Windows para un mejor rendimiento que ODBC.

Es totalmente multithread, lo que aumenta el rendimiento del servidor. MySQL está previsto para funcionar en entornos multiprocesador.

Dispone de un sistema de; la cantidad de memoria tiene una incidencia directa sobre el rendimiento de MySQL. Si un servidor presenta fallos de rendimiento, se puede añadir memoria RAM para mejorar su rendimiento.

El código MySQL está comprobado con Purify, una herramienta comercial, que permite verificar las pérdidas de memoria. También está comprobado con Valgrind, una herramienta de licencia GPL.

Es capaz de administrar bases de datos de gran tamaño. Ciertas empresas lo utilizan actualmente con bases de datos de unas 60 000 tablas y alrededor de 5 000 000 000 de registros.

[68] Thibaud, C. (2006). *MYSQL 5*. Barcelona, España: ENI.

[69] *Mysql.com*. (s.f.). *Products*. Recuperado el Noviembre de 2012, de *Mysql*: <http://www.mysql.com/products/>

[70] Thibaud Op., cit. 10-11

Una tabla puede contener hasta 32 índices y cada índice puede estar constituido por un máximo de 16 columnas.

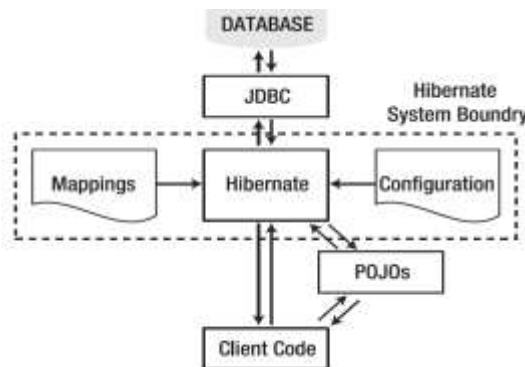
Es posible instalar varias instancias de servidor MySQL. Cada instancia es completamente independiente y gestiona sus propias bases de datos.

1.3.4 Hibernate 3. Es una de las herramientas ORM más populares de distribución libre mediante licencia GNU LGPL (Lesser General Public License), con la cual se puede transformar tablas de una base de datos relacional a objetos java para facilitar el tratamiento de datos sin la necesidad de preocuparse por el motor de base de datos o el tipo de conexión hacia la misma; también existe una versión específica para la plataforma de Microsoft .NET llamada (NHibernate).

Mediante Hibernate se facilita el trabajo de conexión de la base de datos con la aplicación y resulta transparente para el programador, además ofrece una conexión transparente y segura puesto que la configuración de conexión a la base de datos se realiza mediante un archivo xml, y maneja lenguaje HSQL para realizar las consultas.

Hibernate Minter & Linwood [71], [72] Hibernate trabaja mediante persistencia de POJO's (Plain Old Java Object) refiriéndose al uso de clases de estructura simple, basado en el estándar EJB3 (Enterprise Java Bean versión 3) con la ideología de que cualquier Bean pueda contener muchas clases simples y reutilizado dentro de una vista; para la conexión Hibernate utiliza un jdbc (Java Database Connectivity), esto le da la capacidad de conectarse a diferentes bases de datos modificando únicamente el archivo de configuración. Una estructura de Hibernate dentro de una aplicación sería.

Figura 21. Esquematización de Hibernate.



Fuente: [67] Beginning Hibernate From Novice to Professional

Para que Hibernate pueda realizar el mapeo necesita de un archivo en xml que le indica cual es la tabla que se quiere transformar a objeto java, el cual debe tener como extensión .hbm.xml con esto genera los objetos DAO.

[71] Minter, D., & Linwood, J. (2006). *Beginning Hibernate From Novice to Professional*. New York, USA: Apress Inc.

[72] Minter, D., & Linwood, J. (2005). *Pro Hibernate 3*. New York, USA: Apress.

Objetos DAO (Data Access Object). Estas son las clases encargadas de realizar la persistencia con la base de datos contiene la estructura de la tablas con declaraciones del lenguaje java.

Objetos DTO (Data Transfer Object). Estas clases serán las encargadas de pasar los datos desde la base de datos a la aplicación y viceversa realizando la conexión a la base mediante la fábrica de sesiones de Hibernate, los DTO contiene la información de la tabla de la base de datos almacenándolos en los objetos DAO.

1.3.5 Java. fue lanzado por la empresa Sun Microsystems a mediados de los años 90 el lenguaje de programación con el nombre de java como menciona Duran, Gutierrez, & Pimentel [73], Galv3ez Rojas & Ortega D3az [74], Deitel & Deitel [75] que, aunque en un principio fue dise1ado para generar aplicaciones que controlaran electrodom3sticos como lavadoras, frigor3ficos, etc. debido a su gran robustez e independencia de la plataforma donde se ejecutase el c3digo, desde sus comienzos se utiliz3 para la creaci3n de componentes interactivos integrados en p3ginas Web y programaci3n de aplicaciones independientes, estos componentes se denominaron applets y casi todo el trabajo de los programadores se dedic3 al desarrollo de 3stos.

Con los a1os, Java ha progresado enormemente en varios 3mbitos como servicios HTTP, servidores de aplicaciones, acceso a bases de datos (JDBC) como vemos Java se ha ido adaptando a las necesidades tanto de los usuarios como de las empresas ofreciendo soluciones y servicios tanto a unos como a otros.

Debido a la explosi3n tecnol3gica de estos 3ltimos a1os Java ha desarrollado soluciones personalizadas para cada 3mbito tecnol3gico. Sun ha agrupado cada uno de esos 3mbitos en una edici3n distinta de su lenguaje Java, Estas ediciones son Java 2 Standard Edition, orientada al desarrollo de aplicaciones independientes y de applets, Java 2 Enterprise Edition enfocada al entorno empresarial y Java 2 Micro Edition, orientada a la programaci3n de aplicaciones para peque1os dispositivos.

Java es un lenguaje de c3digo abierto distribuido bajo licencia GNU, con est3ndares de programaci3n s3lidos validados por Sun Microsystems [76] Java ha sido probado, ajustado, ampliado y probado por toda una comunidad. M3s de nueve millones de los desarrolladores de Java la convierte en la comunidad de desarrollo de mayor tama1o y m3s activo del planeta. Con su versatilidad, eficacia y portabilidad,

Adem3s posee algunas caracter3sticas como describe Duran, Gutierrez, & Pimentel (3p., cit. p 6) para el desarrollo de aplicaciones que de gran complejidad como son:

- a) Adaptabilidad, porque no es dependiente del sistema operativo por esta raz3n es multiplataforma. Java se ejecuta sobre una m3quina virtual.

[73] Duran, F., Gutierrez, F., & Pimentel, E. (2007). *Programaci3n Orientada a objetos con java*. Madrid, Espa1a: THOMSON.

[74] Galv3ez Rojas, S., & Ortega D3az, L. (2003). *Java a tope J2ME*. Malaga, Espa1a: ENI.

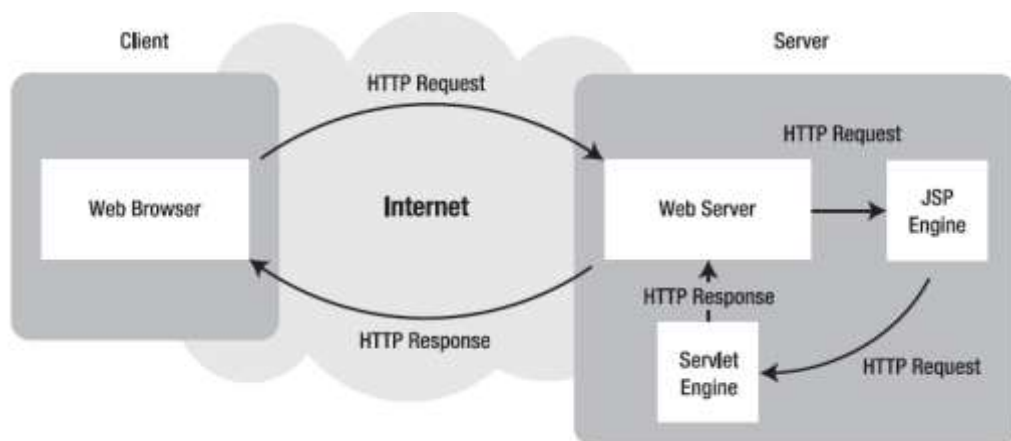
[75] Deitel & Deitel. (2004). *Java Como Programar (QUINTA ed.)*. M3xico: PEARSON.

[76] Oracle. (Noviembre de 2012). *about*. Obtenido de java 7 About: <http://www.java.com/es/about/>

- Por tanto, una aplicación se puede adaptar y transportar a cualquier sistema que tenga la máquina virtual (JRE Java Runtime environment).
- b) Reusabilidad, total o parcial, para reducir costes y reutilizar componentes software cuya fiabilidad está comprobada. En un portal web por ejemplo, se reutiliza hasta el 70% del software de las versiones anteriores.
 - c) Mantenibilidad. Los programas son construidos por muchas personas agrupadas en equipos de trabajo. Con el tiempo, estas personas cambian, pero la aplicación permanece e incluso necesita modificaciones.

1.3.6 JSF (Java Server Faces) 2. Sun Microsystem Zambon & Sekler [77] introduce en 1997 a java servlet application programming con el fin de proveer al programador web una herramienta de fácil uso y que agilite el desarrollo de aplicaciones web con contenido dinámico con los cual en 1999 Sun Microsystem introduce JSP con el cual se puede realizar paginas dinámicas utilizando lenguaje java del lado del servidor.

Figura 22. Funcionamiento de JSP.



Fuente: [73] jsf, jsp and Apache tomcat

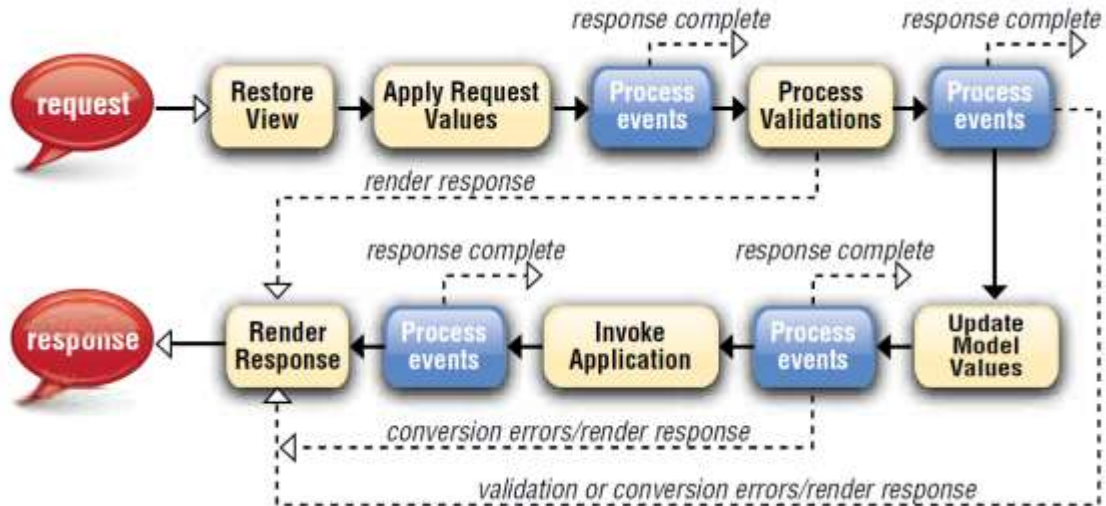
JSF en cambio se introduce en el 2000, (Ibíd., p.169) [78] como un framework que facilita el desarrollo de aplicaciones web y proporciona componente predefinidos para Java EE web enfocándose al uso del patrón de diseño MVC (Modelo Vista Controlador), manipulando la vista mediante el objeto FacesServlet. Con JSF el desarrollador construye aplicaciones web como si se tratara de aplicaciones locales con Java Swing, AWT (Abstract Window Toolkit), SWT (Standard Widget Toolkit) o cualquier otra API similar.

[77] Zambon, G., & Sekler, M. (2007). *JSF, JSP and Apache Tomcat Web Development From Novice to Professional*. New York: APRESS.

[78] Ibíd., p. 169

Horstmann [79] El ciclo de vida de JSF muestra el funcionamiento de JSF dentro de una aplicación y cada una de las fases del framework.

Figura 23. Ciclo de vida de JSF.



Fuente: [75] Java Server Faces 2.0

Horstmann [80], Zambon (Óp., cit. p.147) [81] Describen las fases del ciclo de vida de la siguiente manera.

- Restore View. Es fase responsable de general el árbol de componentes UI luego de recibida la petición guarda los componentes en una instancia de Faces Context.
- Apply request values. Esta fase cada componente se actualiza con la información de la petición actual.
- Process events. Procesa los eventos de cada componente llamando al método preProcessEvent, si todos los eventos retornan falso continua con el siguiente proceso, caso contrario pasa directamente a la fase de Renderizado*.
- Process Validations. Llama a los validadores o convertidores si estos métodos devuelven falso el servlet agrega un mensaje de error a las cola de mensajes del faces Context.
- Update Model Values. En esta fase cada componente de la vista se conecta con el correspondiente objeto Bean de java y copia el valor en el campo correspondiente.

[79] Horstmann, C. (s.f.). <http://refcardz.dzone.com/refcardz/javaxserver-faces>. (DZone, Ed.) Obtenido de Java Server Faces.

[80] Jacobi, J., & Fallows, J. (2006). *Pro JSF and Ajax Building rich internet componets*. New york, USA: APRESS.

[81] Zambon Óp., cit. p.147

* Pinta los elementos dentro de la vista HTML

- Invoke Application. En esta fase los eventos que se generan al realizar una acción sobre JSF ejemplo pulsar un botón, el controlador de eventos del servlet los procesa para generar la acción correspondiente.
- Render Response. En esta fase el servlet genera el árbol de componente que será mostrado al usuario y lo envía al servidor.

McGraw-Hill [82], Pérez[83] En la versión de JSF 2 para configurar la navegación entre las paginas no es necesario el archivo feces-conf.xml puesto que se implementa el atributo action al cual retorna un string de la página a la que debe dirigirse.

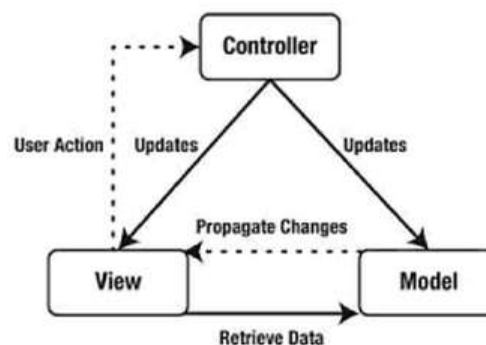
Otra característica de JSF 2 es que permite pasar parámetros desde la vista a los métodos especificados en EL (Expression Lenguaje*), permite el soporte para ajax.

También es posible generar validadores o conversores personalizados según se la necesidad del programador.

1.3.6 Patrón de diseño MVC. El patrón de diseño MVC (Modelo Vista Controlador) es una arquitectura creada con el fin de separar el desarrollo de software mediante capas para que la aplicación pueda ser mantenida más fácilmente. Este patrón de diseño se basa en la lógica de separar la capa de datos, la capa de la lógica del negocio y la capa de presentación, manteniendo organización entre los archivos que componen a la aplicación.

1.3.7 Arquitectura MVC. Jaramillo Valbuena [84], Deinum [85] La descripción de las capas de MVC se presenta a continuación:

Figura 24. Arquitectura MVC.



Fuente: [80] Programacion avanzada en java

[82] McGraw-Hill. (2010). *JavaServer Faces 2.0, The Complete Reference*. USA: McGrawHill

[83] Pérez, G. A. (09 de Marzo de 2010). *JSF 2 ya está aquí, The JSF Return, ahora más sencillo que nunca*. Recuperado el Noviembre de 2012, de Adictos al trabajo: <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=jsf2Return>.

* lenguaje que permite acceder desde la vista de JSF hacia el JavaBean

[84] Jaramillo Valbuena, S., Augusto Cardona, S., & Villa Zapata, D. (2008). *Programacion Avanzada en Java (Primera ed.)*. Armenia, Colombia: ELIZCOM

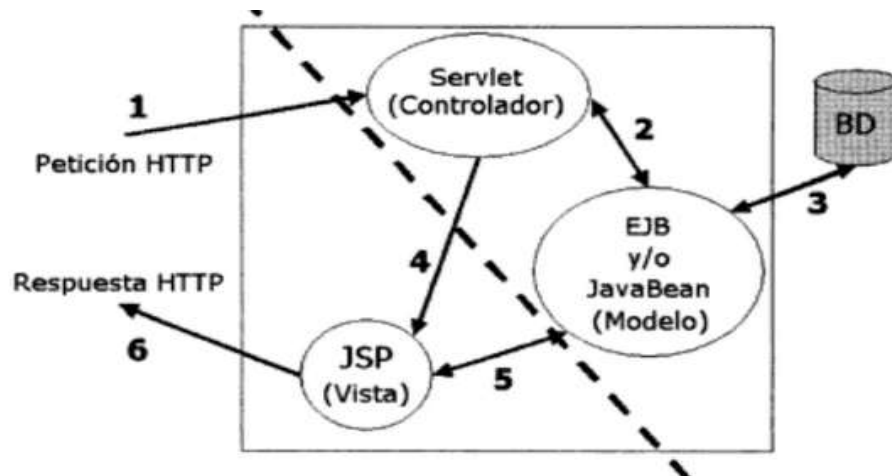
[85] Deinum, M., & Serneels, K. (2012). *Pro Spring MVC wiht web flow (Primera ed.)*. New York, USA: Apress

- **La capa Modelo.** Se puede describir como las entidades propias del problema que resuelve la aplicación. En esta capa aparecen los llamados objetos de negocio (business objects) que abstraen las características del problema. En Java esta capa está representada por los EJB, JavaBeans o sistemas de persistencia como Hibernate o los JDBC.
- **La capa Vista.** Representa toda la interfaz de usuario que es la parte que el usuario puede ver de la aplicación y por medio de la cual interactuar con la aplicación, en Java esta capa es representada por las interfaces en Swing, páginas JSP.
- **La capa Controlador.** El propósito de esta capa es servir de vínculo entre la capa de modelo y la capa de vista, gestiona los eventos de la capa de vista cuando el usuario realiza una acción, en Java esta capa está representada por los servlets o clases Java.

El funcionamiento de la arquitectura MVC sobre una aplicación web Aumaille [86] construida en Java empieza cuando el cliente envía una consulta HTTP al servidor. En general, esta consulta es un Servlet que procesa la solicitud, luego el Servlet recupera la información transmitida por el cliente y delega el procesamiento a un componente que puede ser un Management Bean, los componentes del modelo manipulan o no los datos del sistema de información (lectura, escritura, actualización, eliminación).

Una vez finalizados los procesamientos, los componentes le devuelven el resultado al Servlet. El Servlet entonces almacena el resultado en el contexto adaptado (sesión, consulta, respuesta), el Servlet envía el conjunto del proceso de la petición hacia JSP que recupera los datos almacenados por el Servlet en uno de los contextos, generando la respuesta HTTP que será mostrada al cliente.

Figura 25. Funcionamiento de la arquitectura MVC en JSF.



[86] Aumaille, B. (2002). *J2EE Desarrollo de aplicaciones web*. Barcelona, España: ENI.

1.3.8 Lenguaje de programación JavaFX.

Weaver [87] En mayo del 2007 SunMicrosystems hace el lanzamiento oficial de la tecnología JavaFX durante la conferencia anual de JavaOne, el propósito de esta tecnología es proporcionar una herramienta que agregue contenido rico en dispositivos del usuario como teléfonos móviles, televisores, dispositivos de autos, o cualquier dispositivo con soporte de java.

JavaFX está escrito totalmente en java por lo que se puede utilizar todas las librerías de java como por ejemplo el API Swing y agregarle una vista más atractiva, la versión de JavaFX 2 proporciona un componente Web para incrustar HTML y JavaScript en aplicaciones con contenido de JavaFX.

[87] Weaver, J. (2007). *JavaFx Script*. New York, USA: APRESS.

2. LOS DATOS ATMOSFÉRICOS Y SU INFLUENCIA EN EL CLIMA

El análisis de datos atmosféricos es de gran importancia en las actividades de los seres humanos, midiendo los datos atmosféricos podemos cuantificar el comportamiento de la atmósfera y por lo tanto tener una noción de clima o condición del tiempo.

2.1 EL CLIMA Y EL AGRO.

Las variables climatológicas como la precipitación, temperatura, presión atmosférica, etc., tienen influencia directa sobre la actividad agrícola del país, ya que esto demarca la fenología agrícola y por tanto determina directamente el desarrollo agrícola.

El INAMHI a través del departamento de estudios e investigaciones meteorológicas y del subproceso de agroclimatología se encarga de analizar la influencia de los datos atmosféricos con los cultivos para lo cual cuenta con estaciones agroclimatológicas con el fin de tener información específica de los factores climáticos que influyen en las plantas, esta información es obtenida mediante instrumentos de medición específicos con la cual se realizan diversos estudios no solo por el departamento sino también por otras instituciones u organizaciones relacionadas con las actividades agrícolas y puesto que esta información puede ser obtenida por cualquier persona mediante una petición escrita, se considera como información de importancia nacional.

Una de las tareas de la agroclimatología es contribuir con las actividades agrícolas para incrementar la producción de alimento, optimización y una explotación racional de los recursos teniendo en cuenta el clima.

“El éxito de la planificación agrícola depende en gran parte del conocimiento de los requerimientos hídricos de los cultivos, puesto que a partir de este conocimiento se podrán determinar áreas y cultivos para una mejor explotación.” [88]

2.2 FENOLOGÍA AGRÍCOLA.

La fenología agrícola es parte esencial de la agrometeorología, que estudia los fenómenos periódicos de los vegetales y su relación con las condiciones ambientales determinadas por el tiempo atmosférico. Entre ellos la temperatura, precipitación, viento, humedad, heliofanía, etc. es decir es una combinación de las ciencias meteorológicas y biológicas.

“Estos fenómenos periódicos del ciclo vital (fases) pueden ser perceptibles o imperceptibles, las perceptibles son aquellas manifestaciones de la planta detectables fácilmente por el ojo humano como por ejemplo la brotación de los tallos y hojas, la floración, frutificación, amarillamiento y caída de las hojas, madurez de frutos, etc.; las

[88] Carvajal, G. (Junio de 2000). *Evaluación del requerimiento hídrico en el sector agrícola para las cuencas de los ríos Chone, Protoviejo, Jama. Quito, Pichincha, Ecuador.*

imperceptibles serían las relación ácido/azúcar en los cítricos, proteínas/aceite en las oleaginosas, etc.”. [89]

Para poder cuantificar la fenología de los cultivos calculamos los índices agrícolas como la evapotranspiración potencial, las horas frío, las unidades frío, las unidades térmicas, unidades fototérmicas, el fotoperiodo, déficit hídrico, relación precipitación evaporación, con la serie de la precipitación se realiza cálculos estadísticos básicos como la media, la mediana, la desviación estándar, el valor máximo, el valor mínimo, y se divide la serie en periodos para clasificar en periodo húmedo, poco húmedo, seco o poco seco; además se calcula el valor estadístico Z con el cual el usuario puede calcular una probabilidad de que precipite un valor dado; a continuación se detalla cada uno de los cálculos.

2.2.1 Cálculo de las unidades térmicas.

El crecimiento y desarrollo de las plantas está ligado a los factores climáticos como es el caso de la temperatura, por lo tanto para es necesario medir o calcular la acumulación de temperatura. Esta acumulación de temperatura grados día de desarrollo (GDD) o tiempo térmico (TT), definido para un período específico, como los grados térmicos acumulados sobre una temperatura base durante un periodo dado.

Slafer [90] Los GDD pueden ser definidos como los grados centígrados sobre una temperatura umbral que necesita una planta para completar una etapa, fase o ciclo ontogénico*

El cálculo de las unidades térmicas se realiza mediante tres métodos: seno, residual y fisiológico. Para los métodos Seno y Residual, se requiere además de las temperatura máxima y mínima diarias, las temperaturas umbrales máximos (u_{max}) y mínimos (u_{min}).

- **El método del seno** utiliza la fórmula propuesta por Allen en 1976 [91] en el cual se asume que el ciclo de la temperatura se aproxima a una curva senoidal, para empezar con la estimación es necesario calcular los grados día de desarrollo en el cual se puede registrar 6 casos descritos a continuación.

La temperatura máxima y la temperatura mínima se encuentran por encima de los umbrales y su cálculo se realiza mediante la siguiente formula.

$$GDD = \frac{u_{max} - u_{min}}{2}$$

La temperatura máxima y la temperatura mínima se encuentran por debajo de los umbrales y su cálculo se realiza mediante la siguiente formula.

[89] Departamento de agrometeorología. (Marzo de 1996). Guía para la observación de la fenomenología de los cultivos. Quito, Pichincha, Ecuador.

[90] Slafer, G., Miralles, D., Savin, R., Whitechurch, E., & Gonzalez, F. (2004). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. Buenos Aires, Argentina: SRL.

* describe el ciclo de desarrollo de los cultivos.

[91] Allen, C. J. (1976). A modified sine wave method for calculating degree day. *Environmental Entomology*.

$$GDD = 0$$

La temperatura máxima y la temperatura mínima se encuentran entre ambos umbrales y su cálculo se realiza mediante la siguiente formula.

$$GDD = \frac{tmed - umin}{2}$$

La temperatura máxima se encuentran entre ambos umbrales y la temperatura mínima bajo el umbral mínimo su cálculo se realiza mediante la siguiente formula.

$$GDD = \frac{(tmed - umin) \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) + \alpha \cos \theta}{2}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{umin - tmed}{\alpha}$$

La temperatura mínima está entre los dos umbrales y la temperatura máxima está arriba del umbral máximo.

$$GDD = \frac{(tmed - umin) \left(\theta + \frac{\pi}{2} \right) + (umax - umin) \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right) - \alpha \cos \theta}{2}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{umax - tmed}{\alpha}$$

Los umbrales se encuentran entre la temperatura máxima y la temperatura mínima.

$$GDD = \frac{(tmed - umin)(\theta_2 + \theta_1) + \alpha[\cos \theta_1 - \cos \theta_2] + (umax - umin) \left(\frac{\pi}{2} - \theta_2 \right)}{2}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{umin - tmed}{\alpha}$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \frac{umax - tmed}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{tmax - tmin}{2}$$

Dónde:

GDD = Grados día de desarrollo.

α = Amplitud

θ_1, θ_2 = Los puntos en los cuales las temperaturas cortan a los umbrales expresados en radianes.

- **Método Residual**, también llamado el método de la media, determina la acumulación de GDD al sustraer la temperatura base o umbral mínima a la temperatura promedio diaria como lo describe Fray en 1983 [92]. En el cual se aplican dos restricciones.

Si $t_{max} > u_{max}$ entonces $t_{max} = u_{max}$.

Si $t_{min} < u_{min}$ entonces $t_{min} = u_{min}$.

$$GDD = t_{med} - u_{min}$$

Dónde: la temperatura media se calcula dependiendo de los datos que el sistema recibe.

- **Método fisiológico**. Este método está basado a estudios realizados a la respuesta fisiológica de la planta de maíz bajo condiciones de campo su cálculo se realiza mediante la siguiente formula.

$$GDD = y_{max} - y_{min}$$

Dónde:

$$y_{max} = 1,85(t_{max} - 10) - 0.026(t_{max} - 10)^2$$

$$y_{min} = t_{min} - 4.4$$

2.2.2 Cálculo de las unidades fototérmicas. Para la planta la disponibilidad de luz y la periodicidad de la misma determina también su crecimiento y desarrollo puesto que muchos de sus procesos fisiológicos dependen de estos dos factores, "El efecto de la temperatura y la duración del día se hallan combinados; las necesidades de sumas térmicas de algunos cultivos difieren según la duración del día. Geslin (1944) observó este fenómeno en el trigo y formuló su índice heliotérmico

[92] Fray, K. E. (1983). *Calculations in cotton crop and insects models*. Oakland, California, USA: Department of agriculture.

(IHT), que se obtiene multiplicando las sumas térmicas superiores a 0°C por la duración media de las horas de luz.” [93]

Para el cálculo de las unidades fototérmicas o índice heliotérmico se hace uso de los grados día de desarrollo GDD, para este cálculo se utiliza el método residual del cálculo de unidades térmicas y también es necesario calcular el fotoperiodo cuyo cálculo será descrito en la sección de cálculo del fotoperiodo; la fórmula para este cálculo es la siguiente.

$$ufoto = \frac{GDD - Fotoperiodo}{10}$$

2.2.3 Cálculo del fotoperiodo. “El fotoperiodo es el indicador de tiempo más importante en el ambiente animal. Los animales pueden utilizar la duración del día para regular sus actividades. Ya que las estaciones térmicas se corresponden con las estaciones fotoperiódicas del año” [94], las plantas también utilizan la luz para sus proceso fotosintéticos.

Valverde [95] El fotoperiodo es la duración de la luz y oscuridad, en el ecuador el periodo de luz y de oscuridad tienen casi la misma duración y tiene una variación pequeña durante cualquier época del año, no sucede lo mismo conforme se aleja de la línea ecuatorial, donde la transición entre luz y oscuridad varía conforme la época del año.

Para el cálculo del fotoperiodo o duración del día se hace uso de algunos cálculos que serán descritos conforme avance la ecuación, la ecuación utilizada es la siguiente.

$$n = \frac{2h}{15}$$

Siendo “n” el fotoperiodo, el ángulo de salida del sol “h” se calcula:

$$h = \cos^{-1}(\tan \varphi \tan \delta)$$

Dónde:

$$\varphi = \text{latitud en grados}$$

$\delta = \text{declinacion solar en grados}$

Para la declinación solar* en grados se utiliza el día juliano, que es el día contado desde el inicio del año. Puesto que el ecuador se encuentra en la línea ecuatorial la declinación solar no es muy notable y el fotoperiodo varía en decimales únicamente

[93] Heuveloop Óp., cit. p. 195

[94] Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo universidad de Lleida. (2001). *Agrometeorología*. Madrid, España: Mudi-Prensa.

* posición del sol en determinado día del año con relación a la latitud

[95] Valverde, T., Meave del Castillo, J., Carabias, J., & Cano, Z. (2005). *Ecología y medio Ambiente (Primera ed.)*. (G. Trujano, Ed.) Juárez, México: PEARSON.

los cuales son despreciables para el cálculo y por lo tanto el fotoperiodo permanece constante, por lo contrario si la latitud estuviese al norte o al sur el fotoperiodo variaría dependiendo de la fecha de cálculo.

$$\delta = 23.45 \sin\left[360\left(\frac{284 + DJ}{365}\right)\right]$$

Donde DJ= día juliano, Es el día contado desde el primer día del año

2.2.4 Cálculos de unidades frío. “Aunque es evidente que un proceso fisiológico tan complejo como el reposo invernal no puede depender exclusivamente de un sólo factor climático, desde un punto de vista práctico y desde los primeros análisis del problema, se ha pretendido vincular la duración del reposo con las temperaturas por debajo de un determinado”. [96]

Para el cálculo de las unidades frío se utiliza dos métodos que se describen a continuación.

Método de Richardson.

Este método utiliza el modelo UTAH consignado por Richardson, Seeley y Walker en 1974, este modelo considera 6 °C como temperatura óptima para la acumulación de frío, para calcular las unidades frío se utiliza la siguiente tabla.

Tabla 5. Acumulación de horas frío

Temperatura °C		Unidades Frío
<	1.4	0.0
1.5 a	2.4	0.5
2.5 a	9.1	1.0
9.2 a	12.4	0.5
12.5 a	15.9	0.0
16.0 a	18.0	-0.5
>	18.0	-1.0

Para usar la tabla se debe calcular previamente las temperaturas horarias, considerando una aproximación senoidal que se describe en el cálculo de horas frío.

Método Polinomial.

Se basa en un análisis de regresión del método de Richardson para estimar las unidades frío para cualquier temperatura, este método es propuesto por Vega N. R. en 1990 de donde se derivan las siguientes condiciones.

[96] Melgarejo Moreno, P. (2000). *Tratado de Fruticultura para zonas árida y semiáridas*. Madrid, España: Mundi-Prensa.

a) Si $th \leq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$uf = 0$$

b) Si $th > 0$ y $th \leq 14 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$uf = 0.08681665 + 0.3863678th - 0.047th^2 + 0.001359$$

c) Si $th > 14$ y $th < 20 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$uf = 2.16 - 0.15th$$

d) Si $th \geq 20$

$$uf = -1$$

Dónde: th = temperatura horaria.

2.2.5 Cálculo de Horas frío. Departamento de Medio Ambiente Op., cit. p.216 [97] De la misma forma que la planta necesita luz solar y calor también necesita de frío; las necesidades de frío se miden por el número de horas con temperaturas inferiores o iguales a un umbral determinado (generalmente se consideran temperaturas inferiores a $7 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Los intentos para establecer las necesidades de frío de las distintas especies y variedades, se ven dificultadas por las diferencias climáticas existentes entre los distintos años agrícolas y zonas ideográficas.

Reyna Trujillo [98] Para este cálculo se utiliza el método propuesto por Snyder en 1985, para calcular el número de horas por día en el que la planta está expuesta a una temperatura menor a la temperatura base.

$$th = T_{med} + \alpha \sin(t)$$

Dónde:

$$th = \text{temperatura horaria}$$

$$t_{mdia} = \text{temperatura medio día}$$

$$t_{med} = \frac{t_{max} + t_{min}}{2} \quad \text{O} \quad t_{med} = \frac{t_{max} + t_{mdia} + t_{min}}{2}$$

[97] Departamento de Medio Ambiente Op., cit. p.216

[98] Reyna Trujillo, T. (1983). *Importancia de las horas frío en fruticultura*. Mexico: UNAM.

$$\alpha = \text{amplitud} = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2}$$

$$\alpha = \frac{\pi(h - t_{\min})}{12}$$

Dónde: h varía entre 1 – 24.

2.2.6 Probabilidad de helada. Según Veléz Bernal & Carvajal [99] se considera helada al fenómeno por el cual la temperatura es tan baja como para poder causar daños a los tejidos internos de las plantas, causada por la dilatación de las células al congelarse el agua que contienen.

Para estimar la probabilidad de helada, se utiliza la fórmula propuesta por el Lic. Darío Vélez Bernal funcionario del departamento de agrometeorología del INAMHI, la cual se trata de estimar la temperatura mínima para el siguiente día con datos tomados a las 19:00 de la noche anterior al pronóstico, de las pruebas realizadas en el estudio se obtiene que para la estación situada en San Gabriel los valores calculados y los valores reales tienen un ajuste de +- 1.2 °C promedio por día y para la estación de Ilobamba existe un ajuste de +- 1.8 °C promedio por día.

Para uso del sistema se debe considerar lo siguiente.

- La temperatura mínima que se considera como helada agrícola es menor a 6 °C, caso en el cual el sistema le mostrará un mensaje con la temperatura estimada.
- Para este método no se considera la altura puesto que el estudio fue realizado en estaciones donde hay ocurrencia de heladas.

$$t_{\min} = td_{19} - (ts_{19} - th_{19}) + cn$$

Dónde:

t_{\min} = Temperatura mínima a calcular.

td_{19} = Temperatura del punto de rocío.

ts_{19} = Temperatura del termómetro seco.

th_{19} = Temperatura del termómetro húmedo.

cn = coeficiente de nubosidad en octavos.

[99] Veléz Bernal, D., & Carvajal, M. (Febrero de 2001). *Heladas. Aspectos agroclimáticos del cálculo y pronóstico y temperaturas mínimas y heladas para la protección operativa de los cultivos. Quito, Pichincha, Ecuador.*

2.2.7 Cálculo de la evapotranspiración potencial. “La evapotranspiración es un proceso combinado que cubre tanto la evaporación de todas las superficies como la transpiración de las plantas” [100].

Para este cálculo se utilizan dos métodos:

Cálculo de ETP.

Este método requiere del coeficiente del tanque evaporímetro tipo A y el valor de la evaporación descrita por Doorenbos [101].

$$etp = evaporacion * kt$$

Dónde: kt coeficiente del tanque evaporímetro tipo A

Cálculo ETPH.

Esta metodología descrita por Hargreaves [102] necesita solamente datos de temperaturas y de radiación solar.

La radiación solar incidente (rs), se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre (ro) que la que llega a la parte exterior de la atmósfera y que llegaría al suelo si no existiera atmósfera; La radiación extraterrestre podemos obtenerla en tablas en función de la latitud del lugar, del mes y la formula es la siguiente.

$$rs = ro * kt(tmax - tmin)^{0.5}$$

Para la radiación extraterrestre se utiliza la tabla propuesta por Allen en (1998) y se encuentra en el sitio oficial de la FOA de la cual se utiliza los valores desde 0 a 7 grados de latitud ya que este es el rango que ocupa el Ecuador. Esta tabla está en MJulio/m2/día, para pasar a mm/día (de agua evaporada) se debe multiplicar por 0,408²

Tabla 6. Radiación solar extraterrestre (fragmento)

Latitud	Mes												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Norte													
-2	36,9	37,9	38,0	36,4	34,1	32,6	33,1	35,2	37,1	37,7	37,0	36,4	
0	36,2	37,5	37,9	36,8	34,8	33,4	33,9	35,7	37,2	37,4	36,3	35,6	
2	35,4	37,0	37,8	37,1	35,4	34,2	34,6	36,1	37,3	37,0	35,6	34,8	
4	34,6	36,4	37,6	37,4	36,0	35,0	35,3	36,5	37,3	36,6	34,9	33,9	
6	33,7	35,8	37,4	37,6	36,6	35,7	35,9	36,9	37,3	36,1	34,1	32,9	

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0j.htm#annex>

[100] Arellano, R., Carvajal, G., Moya, R., & Caravajal, M. (1992). *Cálculo de la evapotranspiración potencial por varios métodos para cien localidades Ecuatorianas*. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR.

[101] Doorenbos, J., & Kassam, A. (1980). *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Roma: FAO.

[102] Hargreaves, G. H., & Samani, I. (1985). *Reference crop evapotranspiration from temperature*. Roma: Applied Engineering in Agriculture.

El coeficiente kt es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica.

Finalmente se obtiene la fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial mediante la fórmula de Hargreaves siguiente

$$etph = 0.0135(tmed + 17.68)rs$$

Dónde:

rs = radiación solar incidente

ro = radiación solar extraterrestre (Tabulada)

kt = coeficiente (0.162 para regiones del interior y 0.19 para zonas costeras).

2.2.8 Cálculo del Déficit. La planta como todo ser vivo requiere también cierta cantidad de agua para realizar sus funciones vitales, esta cantidad de agua se ve disminuida por la transpiración de la planta o la percolación del suelo, con lo que podemos tener una idea de cuanta es el agua que dispone el cultivo.

Para el cálculo del déficit hídrico se considera como señala Ortiz [103] la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial, utilizando la ETPH (Hargreaves) para realizar este cálculo.

$$déficit = rr - etph$$

2.2.9 Cálculo de la relación Precipitación - Evaporación. Este índice permite cuantificar el requerimiento de agua; este cálculo se realiza mediante la división de la precipitación para la evaporación

$$rpe = \frac{rr}{\text{evaporación}}$$

2.2.10 Cálculo del valor estadístico Z. Este valor de Z representa la variable estandarizada o tipificada de X. siendo este valor de importancia para realizar la probabilidad de ocurrencia de un valor x; dejando este cálculo para uso del usuario.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

[103] Ortiz, S. (1987). *Elementos de la agroclimatología cuantitativa (Tercera ed.)*. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.

2.2.10 Periodo húmedo-seco y Cálculo Estadísticas básicas. Para organizar la serie histórica de la precipitación se utiliza la estadística básica para que por medio de las medidas de posición no central se pueda determinar valores específicos y tratar de interpretar el comportamiento de la precipitación a través del tiempo.

Los cuartiles entonces nos ayudaran a clasificar una serie de precipitación y poder calificar periodos dentro de la misma.

También se toma en cuenta las medidas de tendencia central para determinar: la media, la mediana, la desviación estándar.

Una vez obtenidos estos valores podemos clasificar un periodo húmedo o seco de la siguiente manera.

Tabla 7. Periodo Húmedo Seco

Periodo seco	Del valor mínimo	Al	Primer cuartil
Periodo poco seco	Del primer cuartil	Al	Segundo cuartil
Periodo poco húmedo	Del segundo cuartil	Al	Tercer cuartil
Periodo húmedo	Del tercer cuartil	Al	Valor máximo

2.3 CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AGRICULTURA.

En este estudio no se trata de evidenciar si existe o no un cambio climático ya que muchos autores afirman que existe un cambio en el clima y que las evidencias del mismo son los continuos eventos terrestres que han sucedido en los últimos tiempos.

Pero otros autores, quienes afirman que se trata de una variabilidad climática que en cierta forma es normal, basando sus afirmaciones en el hecho de que durante toda la vida del planeta tierra este ha venido sufriendo cambios cíclicos y que esto es una etapa más de la tierra.

En este tema se trata de tomar ideas de diferentes autores y relacionarlas con la adaptación que han tenido los cultivos, o los cambios que han sufrido los mismos en los últimos tiempos.

“Si bien hay una variabilidad natural y permanente de la situación climática del mundo, se denomina específicamente cambio climático a las modificaciones del clima atribuibles directa o indirectamente a actividades humanas, las cuales, sumadas a la variabilidad climática natural, alteran la composición de la atmósfera global de un modo mucho mayor que el ocurrido en otros periodos” [104]

[104] Gutiérrez, R. (2008). *Papas nativas desafiando al cambio climático*. Lima: ITDG.

Del autor Rodríguez Vargas [105] el cual hace un análisis a nivel global y concluye que los impactos del cambio climático en la agricultura variarán entre regiones, dependiendo de la latitud de los países, de las condiciones ambientales locales, de las respuestas en el ámbito socioeconómico y de factores institucionales.

Entonces debemos tener en cuenta que todos estos factores que menciona Rodríguez Vargas pueden generar cambios en los flujos de factores de producción, bienes y servicios, y alteraciones en precios relativos. Por lo tanto, la distribución de los cultivos entre países y regiones y los flujos de comercio agropecuario pueden modificarse significativamente en el futuro.

Gutiérrez Óp., cit. p. 11[106] Uno de los fenómenos más importantes del cambio climático es el calentamiento global, que es causado principalmente por las excesivas emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y su consiguiente concentración en la atmósfera.

En el período 1970-2004 se han incrementado en un 70 % las emisiones de gases llamados de efecto invernadero (GEI), debido a las actividades humanas; mientras que las emisiones por el uso de energía fósil (petróleo) representaron el 57 % del total de emisores en 2004.

2.3.1 Adaptación al cambio climático.

“Es importante concebir la adaptación como la reducción de los riesgos impuestos por el cambio climático en los modos de vida de la gente, los recursos naturales, los servicios ambientales y las actividades productivas y económicas, a través de la reducción de la vulnerabilidad”[107].

En América Latina también se han desarrollado algunos estudios sobre el cambio climático “Entre los pocos estudios que se han desarrollado en América Latina sobre las respuestas de los agricultores al cambio climático, se destaca uno reciente del Banco Mundial sobre Cambio Climático y Pobreza Rural, ejecutado con el Apoyo del Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR*) y del Programa Cooperativo de Innovación Tecnológica Agropecuaria para la Región Andina (PROCIANDINO**). Este estudio abarca cuatro países del Cono Sur (Argentina, Brasil, Chile y Uruguay) y tres de la región andina (Colombia, Venezuela y Ecuador). En total se realizaron alrededor de 2000 encuestas a agricultores en cinco tipos de explotaciones agropecuarias” [108].

[105] Rodríguez Vargas, A. (2007). *El cambio climático, agua y agricultura*. IICA.

[106] Gutiérrez Óp., cit. p. 11

[107] Comisión del cambio climático México. (2010). *Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: INE.

[108] Rodríguez Vargas Óp., cit. p. 16

* El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur

** Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina

2.4 PRONÓSTICOS CLIMÁTICOS

Una de las tareas del INAMHI es la publicación de pronósticos del tiempo a los cuales se puede tener acceso en el sitio web de la institución (<http://www.inamhi.gob.ec>).

El pronóstico del tiempo es considerado uno de los productos principales del INAMHI, el cual se realiza en el departamento de Sinóptica, en esta área se encuentra el personal con experiencia para la realización de pronósticos.

Los pronósticos del tiempo tienen como fin mostrar información sobre el estado del tiempo en un periodo corto para que el usuario final pueda planificar sus actividades cotidianas.

Para realizar un pronóstico del clima el departamento de Sinóptica cuenta con una metodología establecida y con herramientas que ayudan a la elaboración, entre las herramientas utilizadas se puede mencionar la información que es receptada desde las diferentes estaciones convencionales y automáticas con las que cuenta el instituto, así como también la información que es enviada desde los aeropuertos, que es facilitada por la Dirección de Aviación Civil (DAC) con el fin de abarcar la mayor cantidad de localidades del país.

Otra información con la que cuenta el departamento es el seguimiento de imágenes satelitales en diferentes resoluciones y bandas espectrales para complementar la información numérica. Y como aporte final está la experiencia de los pronosticadores el cual es la parte esencial del pronóstico puesto que son quienes tienen conocimiento de la variabilidad climática y repentina de las localidades del país.

Una de las dificultades para realizar pronósticos en el Ecuador es que a pesar de ser un país pequeño, posee gran diversidad de climas y la variación de un clima a otro es notable al recorrer pequeñas distancias dentro del país como es el ejemplo de la ciudad de Quito, que en la parte norte de la ciudad presenta características de clima más seco que el de la parte sur.

Con el ejemplo anterior se puede observar cómo se dificulta la exactitud de un pronóstico del tiempo dentro de una región pequeña del país, si a esto se le suma la latitud en la que se encuentra el país y todos los fenómenos a los que se encuentra expuesto (fenómeno del niño, zona de convergencia intertropical, etc.), complican aún más la exactitud en el pronóstico del clima.

Otro de los productos del INAMHI es la predicción climática a largo plazo una década, un mes, tres meses. Basándose en modelos matemáticos como el WRF (Weather Research and Forecasting) y CPT (Climate Predictability Tool), estos modelos se basan en análisis estadísticos de la serie de datos históricos que posee el INAMHI en su base de datos.

El sistema SGIA prevé un único pronóstico el cual es el cálculo de la temperatura mínima (helada).

3. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

3.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

3.1.1 Requerimientos a nivel de Administrador. El sistema SGIA tiene como fin ser usado por cualquier persona que tenga noción de los cálculos realizados, por lo que se puede considerar como un sistema de uso libre.

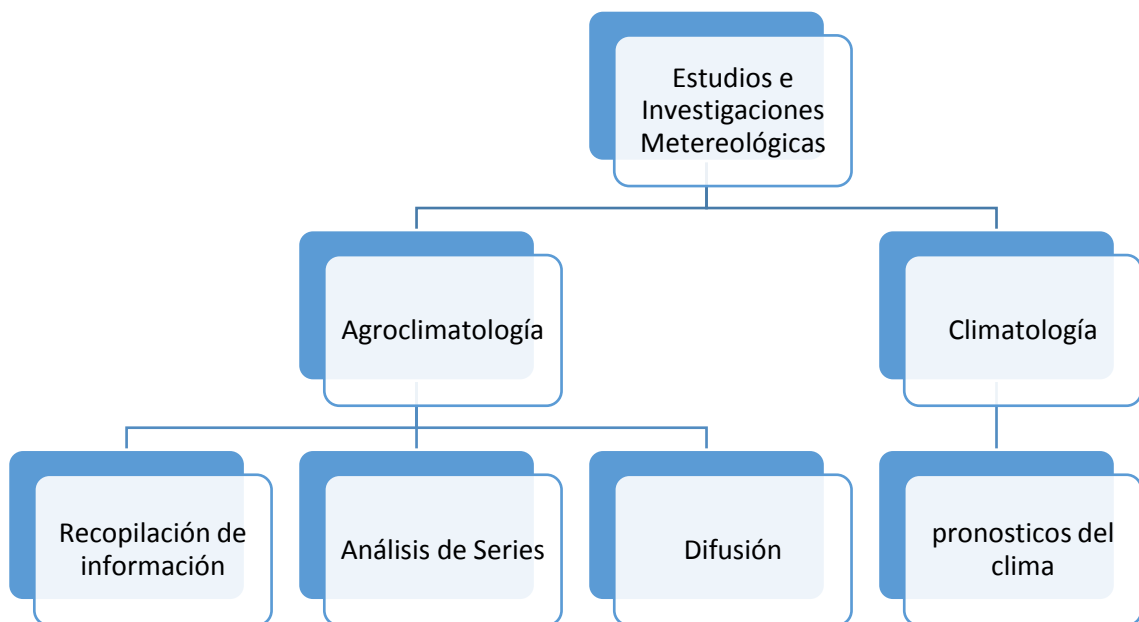
Por otra parte SGIA es un sistema de consulta de datos por los que no se realizan operaciones de actualización o inserción de datos y los privilegios de ingreso a la base de datos son limitados.

El usuario con privilegios de administración podrá realizar cambios en los usuarios existentes, crear nuevos usuarios o eliminar usuarios, la opción de eliminación de usuario borrara el usuario seleccionado desde la base de datos por los tanto ese registro ya no existirá, ya que por ser la base oficial del INAMHI no se desea tener datos de usuarios que se crean y permanecen inactivos.

3.1.2 Requerimientos a nivel de Usuario. El sistema SIGA debe contar con una interface de usuario intuitiva, en la cual el usuario se concentre más en la importancia de la información que en el uso del sistema.

3.2 DEFINICIÓN PROCESOS Y SUBPROCESOS A IMPLEMENTAR.

Figura 26. Procesos y subprocesos.



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

A continuación se detalla los contenidos del mapa de procesos relacionados a la generación del boletín de índices agrícolas.

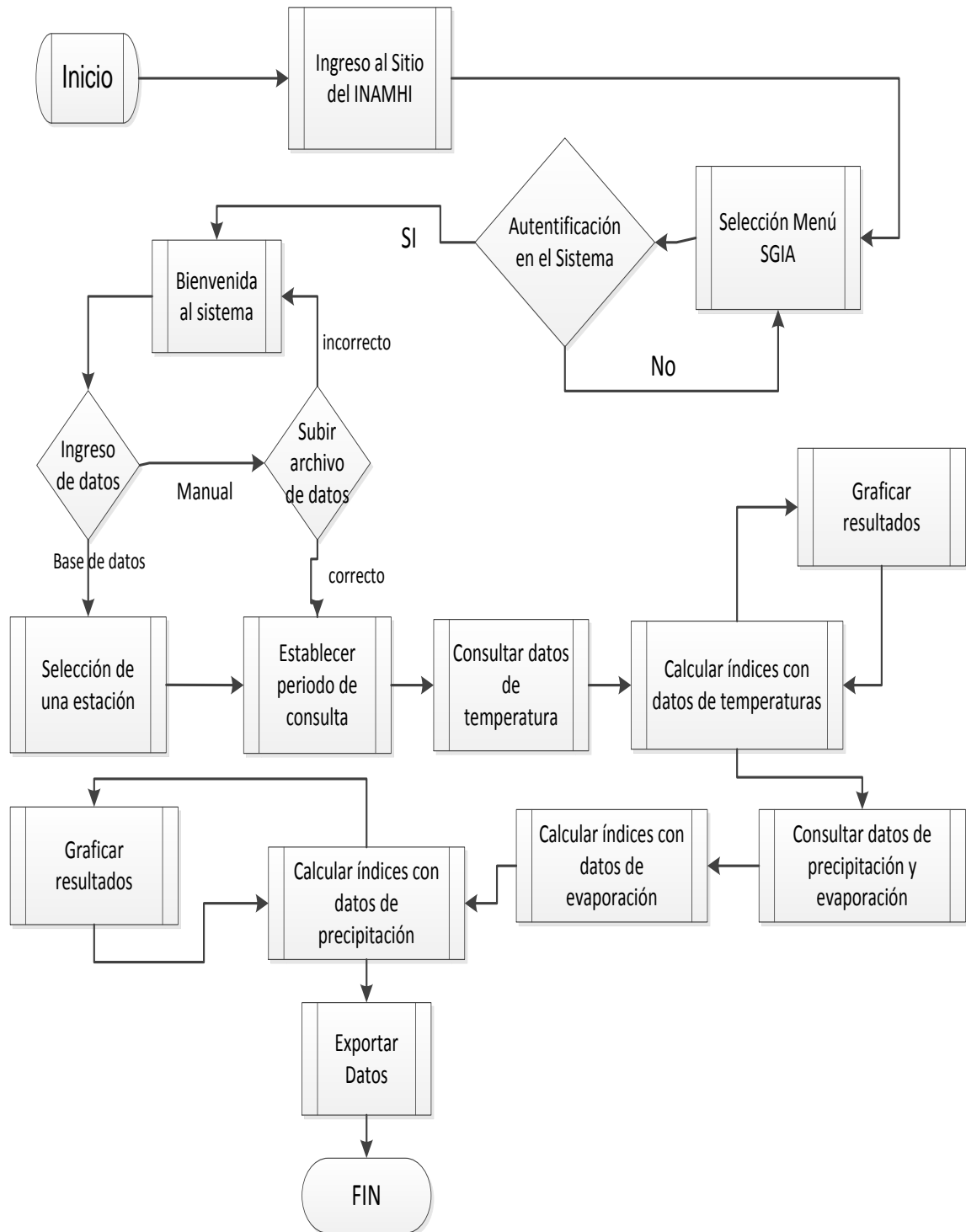
3.2.1 Definición de Procesos Macro. Dentro de las actividades del departamento de Estudios e Investigaciones Meteorológicas (EIM) del INAMHI, Se encuentra la emisión de boletines, elaboración de certificaciones meteorológicas o elaboración de análisis estadísticos de series meteorológicas que pueden ser aplicados a diferentes actividades.

Los boletines emitidos por el departamento de EIM tienen como fin realizar un análisis de las variables meteorológicas en un determinado periodo de tiempo con el fin de proveer al usuario final información oficial para que pueda planificar sus actividades.

De esta manera siendo la agricultura una de las actividades primordiales del país y debido a que depende mucho del estado del tiempo, es necesario realizar un estudio a las variables climatológicas para poder expresar cuantitativamente el efecto que causan estas variables sobre la fenología agrícola. Con este fin se crea es Sistema de Gestión de Información Agroclimatológica SGIA para que el usuario pueda acceder a la información o solicitarla al departamento si se requiere de una descripción técnica sobre los datos que se presentan.

3.2.2 Diagrama de subprocesos. A continuación de describe cada uno de los subprocesos que el usuario deberá realizar para utilizar el sistema de una manera adecuada

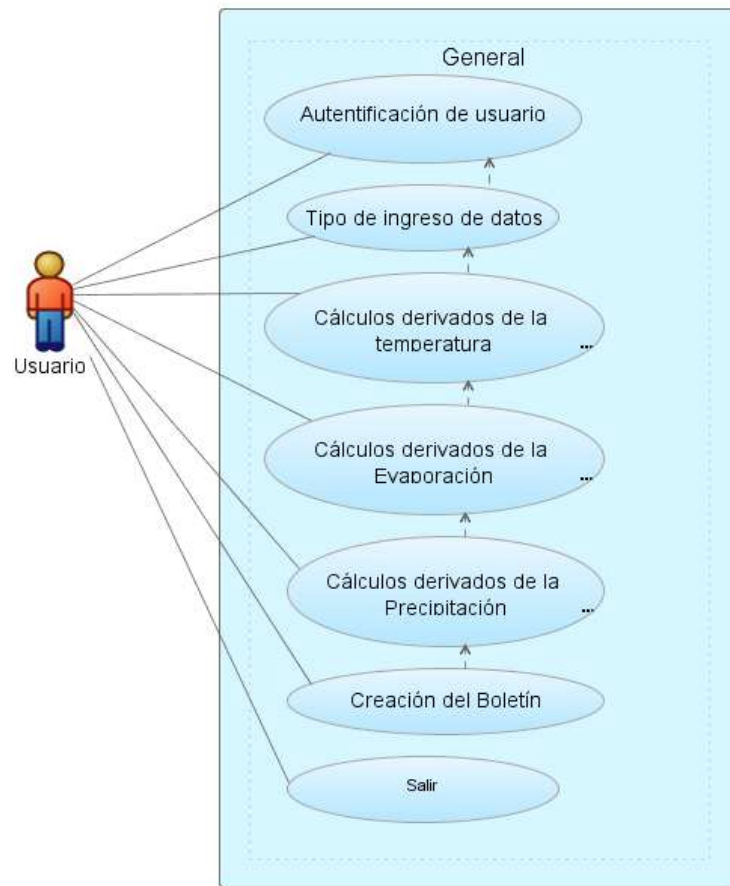
Figura 27. Generación del boletín de índices agrícolas.



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

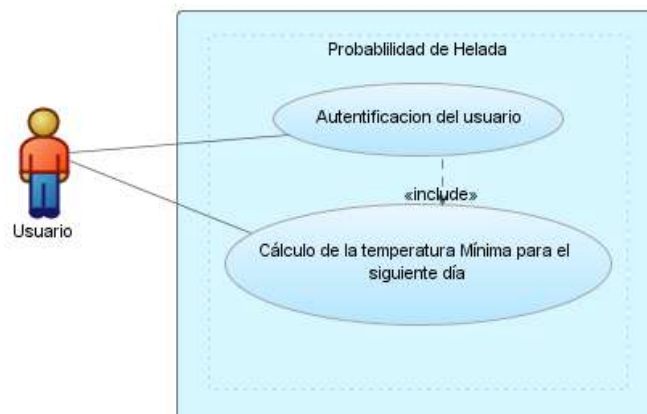
3.2.3 Diagramas de Casos de Uso.

Figura 28. Diagrama de Casos de Uso General.



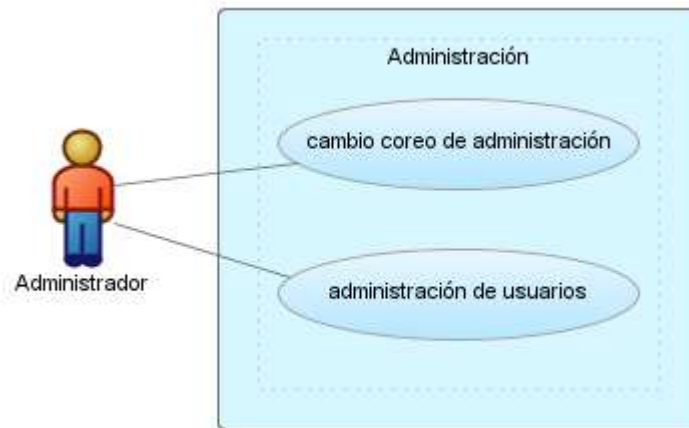
Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 29. Diagrama de Casos de Uso Probabilidad de Helada.



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 30. Diagrama de Casos de Uso Administración.



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

3.2.4 Explicación general de los diagramas. Para la **generación de un boletín** de índices agrícolas el usuario debe autenticarse en el sistema, una vez ingresado el usuario debe escoger con que datos va a trabajar, si el usuario desea trabajar con datos de un lugar en específico y cuenta con los datos necesarios puede ingresarlos mediante un archivo de texto.

Si el usuario en cambio decide trabajar con datos proporcionados por el IANMHI deberá elegir debe consultar la base de datos.

Con los datos correspondientes a temperatura el usuario calcula índices térmicos (cálculos derivados de la precipitación) y tiene la opción de interpretar estos datos mediante graficas estadísticas que el sistema provee.

Con datos de Evaporación el usuario calcula índices relacionados con las necesidades hídricas de la panta, para estos cálculos además de datos de evaporación también usa datos de temperaturas y de precipitación.

Con los datos de precipitación SGIA utiliza la estadística básica para calcular medidas de tendencia central y no central con el fin de establecer parámetros para clasificar la serie de precipitación en periodos.

Finalmente todos estos datos son exportados en un archivo en formato pdf, en el cual el usuario puede agregar alguna observación relacionada con los datos.

Para calcular **la probabilidad de helada** agrícola el usuario debe autenticarse, dirigirse luego al menú principal de la aplicación y seleccionar probabilidad de helada.

En la pantalla de probabilidad de helada el usuario deberá completar los datos de la medición a la siete de la noche, anterior al pronóstico: la temperatura del punto de rocío en grados centígrados, la temperatura del termómetro seco en grados centígrados, la temperatura del termómetro húmedo en grados centígrados, el coeficiente de nubosidad en octas.

El sistema calculará la temperatura mínima para el siguiente día y mediante un mensaje le informará al usuario si se considera o no una helada agrícola.

Para **Administrar** del sistema el usuario administrador deberá autenticarse.

En la pantalla de administración el usuario puede cambiar el correo encargado de informar a los usuarios nuevos el registro de la aplicación.

En esta pantalla se puede también administrar los usuarios existentes, esto incluye editar, eliminar o crear usuarios.

3.3 FUNCIONAMIENTO DE PROCESOS

3.3.1 Detalle de procesos realizados automáticamente. Los Procesos realizados por el sistema SGIA se describen a continuación:

- Obtener datos de una localidad del país que cuente con una estación del INAMHI, tales como Nombre, Latitud, Longitud, Altitud, Tipo de Estación.
- Ordenar los datos diarios cronológicamente del más antiguo al más reciente.
- Depurar los datos ya que en la serie pueden haber datos faltantes.
- Calcular índices agrícolas.
- Realizar gráficas estadísticas.
- Exportar los datos y los cálculos realizados permitiendo al usuario agregar una descripción u observación técnica.

3.3.2 Que no hace el sistema. Debido a la gran cantidad de datos a nivel diario que posee una estación el sistema está limitado a que se pueda realizar una consulta con un periodo máximo de cinco años.

En caso de encontrar datos faltantes el sistema no los rellena con alguna metodología sino que los elimina, haciendo coincidir la fecha entre las series.

El sistema no permite la edición de los datos en tiempo real.

3.3.3 Perfiles del usuario. El sistema puede ser utilizado por cualquier persona que realice alguna actividad agrícola, pero debe tener conocimiento sobre la fenología de las plantas para entender e interpretar los resultados.

4. CONSTRUCCIÓN DE LA APLICACIÓN

4.1 DISEÑO DEL SISTEMA.

4.1.1 Diseño de clases. Las clases del sistema están desarrolladas mediante lenguaje java por lo tanto posee la estructura del estándar java, a continuación se muestra el diagrama de clases del sistema separado por paquetes.

Figura 31. Diseño de Clases paquete cálculos.



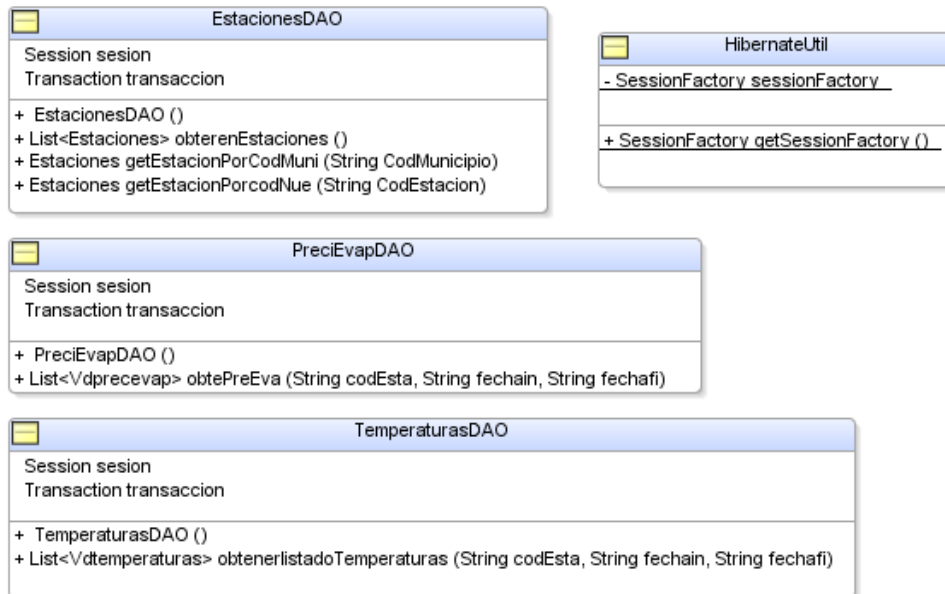
Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 32. Diseño de Clases paquete mapeo.



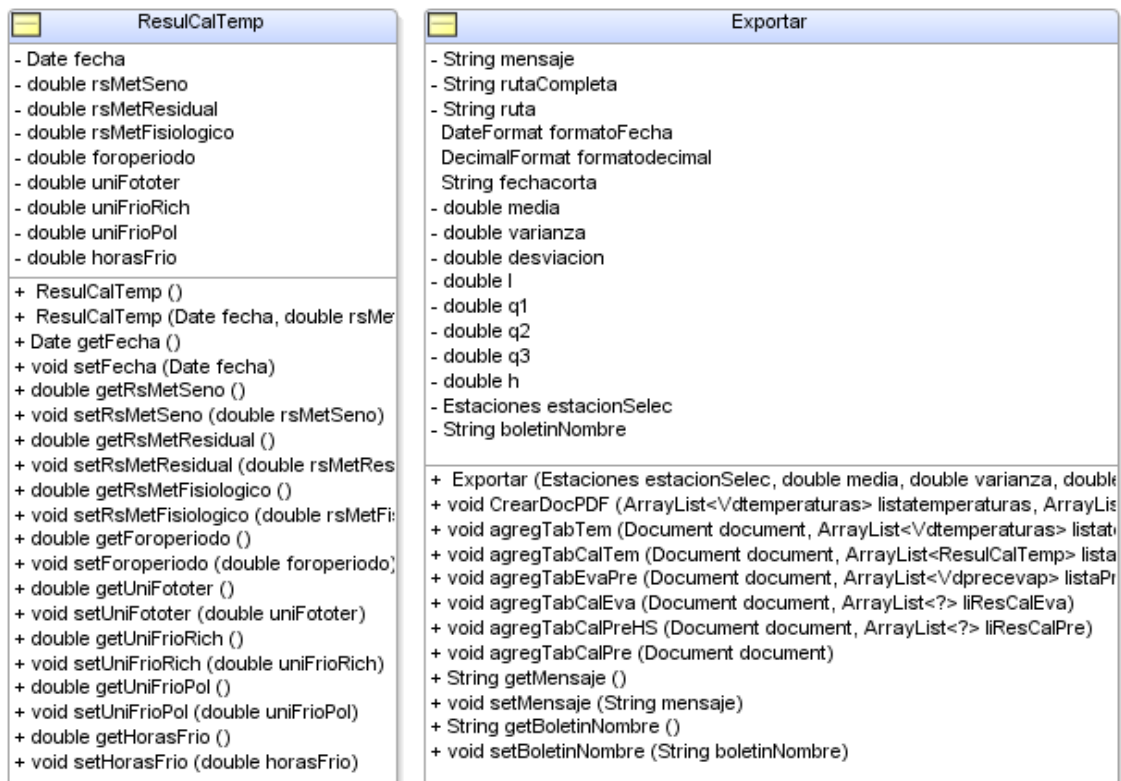
Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 33. Diseño de Clases paquete dao.



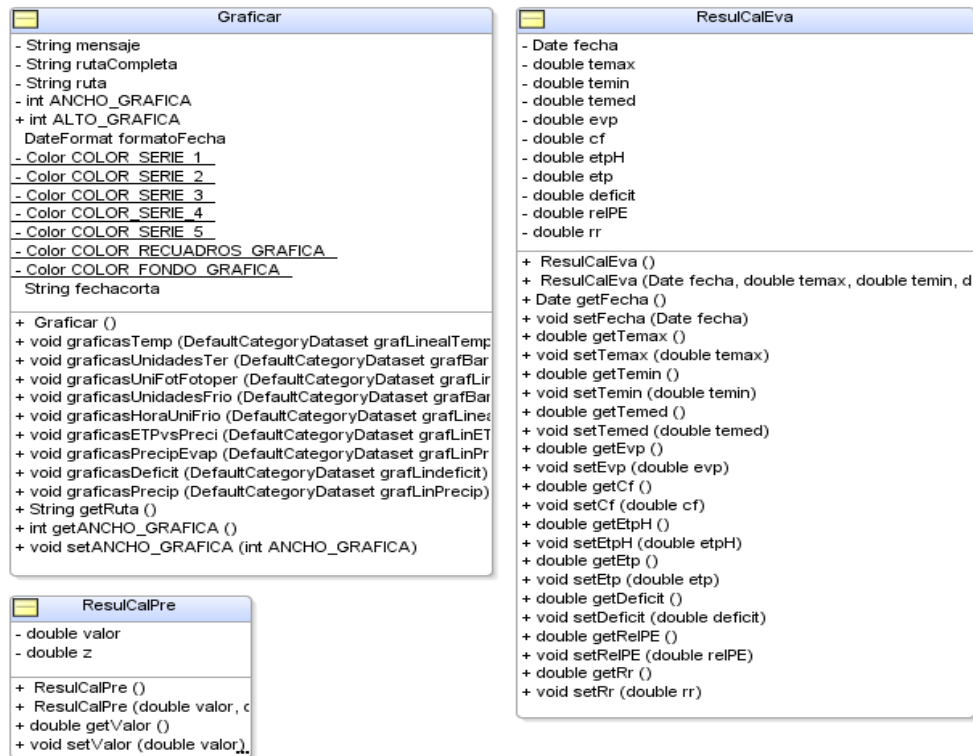
Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 34. Diseño de Clases paquete resultados



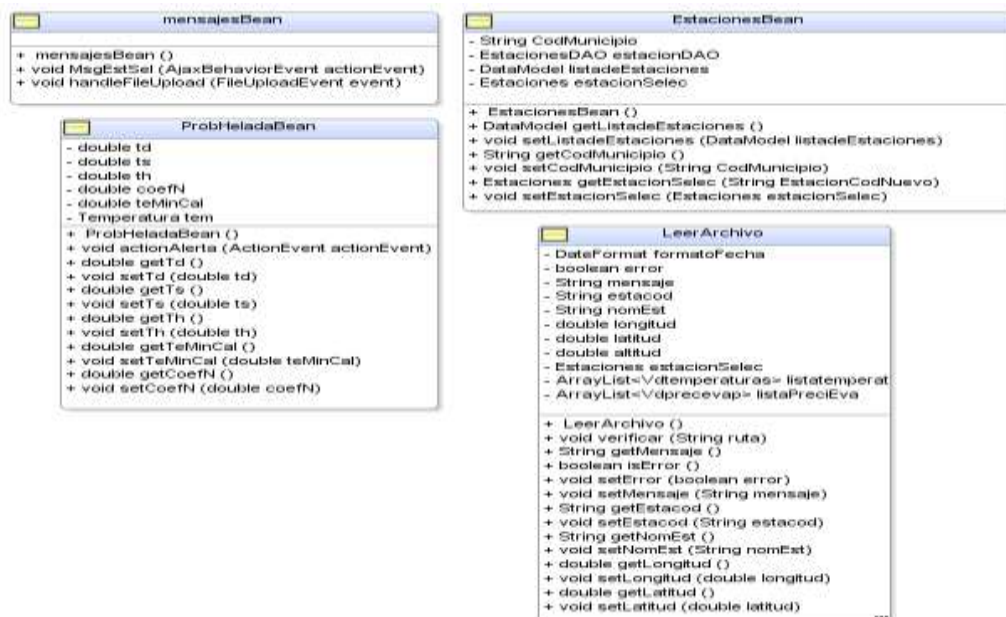
Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 35. Diseño de Clases paquete resultados (Continuación)



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 36. Diseño de Clases paquete controladores parte 1



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 37. Diseño de Clases paquete controladores parte 2



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

Figura 38. Diseño de Clases paquete controladores parte 3

```

+ PrincipalBean ()
+ ArrayList<Vdtemperaturas> getListatemperaturas ()
+ ArrayList<ResulCalTemp> getListarResultTemp ()
+ ArrayList<Vdprecevap> getListaPreciEva ()
+ ArrayList<ResulCalEva> getLiResCalEva ()
+ void cargarLisResEva ()
+ ArrayList<ResulCalPre> getLiResCalPre ()
+ double[] sinRepetidos (double[] ordenado)
- void creaGraficasTemp ()
+ CartesianChartModel getGraficaLinealTemp ()
+ CartesianChartModel getGraficaBarUTer ()
+ CartesianChartModel getGraficaLinealUniFotoTer ()
+ CartesianChartModel getGraficaBarUniFrio ()
+ CartesianChartModel getGraficaLinealHorasUniFrio ()
+ void creaGrafievappre ()
+ CartesianChartModel getGraficaLinPrecipEvap ()
+ CartesianChartModel getGraficaLinETPvsPreci ()
+ CartesianChartModel getGraficaLindeficit ()
+ CartesianChartModel getGraficaLinPrecip ()
+ int restafechas (Date fecha1, Date fecha2)
+ int posicion (int ultpos, Date fecha)
+ void actionLogIn (ActionEvent evento)
+ void handleDateSelect (DateSelectEvent event)
+ void actionCalTemp (ActionEvent actionEvent)
+ String aceptar ()
+ String cancelar ()
+ String editar ()
+ void upload (FileUploadEvent event)
- void copyFile (String fileName, InputStream in)
+ void actionSeleEsta (ActionEvent evento)
+ void actionSubir (ActionEvent evento)
+ void actionBase (ActionEvent evento)
+ void actionSelec (ActionEvent evento)
+ void actionValidar (ActionEvent evento)
+ void actionsalir (ActionEvent evento)
+ void actionExportar (ActionEvent evento)
+ void actionConfirmaSalir (ActionEvent evento)
+ void actionHelada (ActionEvent evento)
+ void actionHome (ActionEvent evento)
+ void actionGraficar (ActionEvent evento)
+ void actionSiguiente (ActionEvent evento)
+ void actionRegesar (ActionEvent evento)
+ String irA ()
+ String getCodesta ()

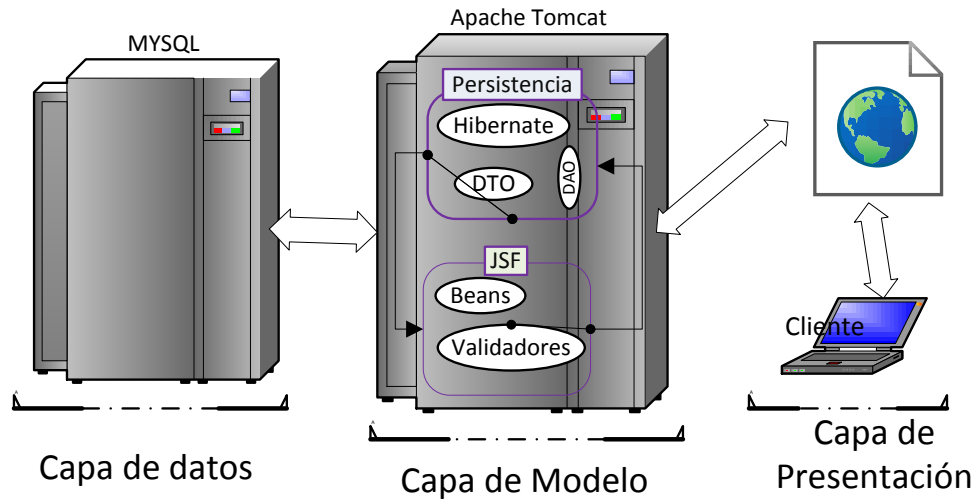
```

Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

4.1.2 Diseño de la Arquitectura del Sistema. El desarrollo del sistema está basado en el patrón de diseño MVC, por lo tanto se ha dividido la aplicación en tres capas, la capa de base de datos, la capa del modelo que contiene la lógica del negocio y la capa de presentación.

Esta división de la realizo para asegurar que la aplicación sea escalable, segura y que se pueda integrar con módulos futuros o con otras aplicaciones, a continuación se representa un esquema de las capas de la aplicación.

Figura 39. Diseño de la Arquitectura del Sistema



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.

4.2.1 Preparación del Entorno de Generación y Construcción. Para desarrollar la aplicación se utilizó como entorno de desarrollo el IDE NetBeans en su versión 7.2, con la versión de jdk 7, para programar la lógica de negocio.

Del lado del servidor la aplicación corre en el contenedor de servlets Apache Tomcat 7, bajo sistema operativo Windows Server 2008 R2 que funciona como servidor web; el servidor de base de datos corre bajo sistema operativo Windows server 2008 R2, con MYSQL en su versión 5 edición comunidad como motor de base de datos.

Del lado del cliente se realizó las pruebas en el navegador Mozilla Firefox versión y Google Chrome versión 23.0.1271.95 m

4.2.3 Generación del Código. Para generar el código en los diferentes lenguajes utilizados se hizo uso del editor de código de NetBeans y se sigue la guía de programación que forma parte de los anexos.

4.2.4 Casos de prueba. Para comprobar el sistema se tiene como objetivo demostrar que el sistema cumple con cada uno de los casos de uso y la secuencia en los diagramas de procesos del negocio (BPD por sus siglas en ingles).

5. ANÁLISIS DE IMPACTOS

Para el análisis de impactos se tomó como referencia “matriz con los cuatro ámbitos de sustentabilidad” [109] y se la adaptó para notar los impactos del proyecto en la población.

Figura 40. Matriz de Impactos



Fuente: Estudios e Investigaciones Meteorológicas

5.1 ECONÓMICO.

- Mediante la información obtenida con el sistema se puede mejorar la producción agrícola puesto que un seguimiento a lo largo de la fenología del cultivo asegura un mejor rendimiento de esta manera se puede reducir el índice de pérdida debido a fenómenos climatológicos.
- El sistema también provee de una predicción de helada agrícola por medio de la cual se puede estimar la posibilidad de un descenso de temperatura con efectos negativos en la planta, para que se pueda tomar acciones que mitiguen este efecto climático adverso, de esta forma se asegura que el ciclo productivo del cultivo se cumpla.
- El estudio de índices fenológicos específicos de cada cultivo los mejora el conocimiento de cada una de las fases de desarrollo del mismo y por lo tanto la

[109] De la Portilla, M. (2012). *Principios de sustentabilidad aplicable a la materia de Gerencia de Empresas I. Tesis de grado: Maestría en Educación para el desarrollo Sustentable*, 18-21. Ibarra, Imbabura, Ecuador.

producción agrícola reduciendo el porcentaje de pérdidas producido por falta de datos climatológicos.

- d) El sistema SGIA está orientado a mejorar la calidad de los cultivos de los pequeños agricultores ya que con la correcta difusión en los foros agroclimáticos dirigidos por el INAMHI se podrá concientizar al agricultor en la importancia de hacer un seguimiento al cultivo para mitigar los daños que pueden ser ocasionados por efectos climáticos.

5.2 ECOLÓGICO

- a) Uno de los principales retos a futuro es la buena utilización del suelo de esta forma con la información que genera el sistema técnicamente se puede analizar cuál de las características del suelo es la más óptima para el desarrollo de determinado cultivo pudiendo clasificarse las zonas productoras por el rendimiento del cultivo o designar que zonas se pueden considerar agrarias o urbanizables.
- b) Mediante el seguimiento del cultivo se puede lograr una agricultura sustentable debido a que se puede conocer la fenología de un determinado cultivo y por lo tanto establecer el ciclo de tiempo en el cual las condiciones climatológicas son favorables para la producción o cuantificar los recursos necesarios para mitigar efectos adversos, optimizando la utilización de recursos necesarios para la producción del cultivo.
- c) Con el correcto uso de la información generada por el sistema se puede optimizar los recursos hídricos puesto que al tener información de los ciclos cultivables se puede estimar la mejor época para la siembra y la cantidad necesaria de agua necesaria para el óptimo desarrollo del cultivo.

5.3 CULTURAL

- a) Culturalmente el sistema SGIA, como cualquier tecnología tiene serios impactos sobre los usuarios, puesto que la introducción de la tecnología al sector agrícola causa que las costumbres ancestrales se vean obligadas a modificarse.
- b) El cambio más notorio sería en cuanto a la manera en que se realicen de los procesos utilizados para cultivar y los ciclos cultivables.
- c) La necesidad de información agroclimatológica ocasionará que el agricultor base sus ciclos de cultivo guiándose en la variación climática, para aprovechar de mejor manera los recursos como el agua y la luz solar.

5.4 SOCIAL

- a) Socialmente la introducción de la tecnología provee de nuevos conocimientos a los usuarios en este caso el sistema SGIA brinda la posibilidad de que el usuario pueda planificar técnicamente la producción agraria.
- b) El usuario del sistema cambiara su forma de pensar en relación al clima y a la importancia de contar con datos estadísticos que le brinden un posible resultado en el desarrollo del cultivo.
- c) Provee al usuario de una herramienta con la cual pueda crear agilizar los cálculos necesarios para la generación de nuevos conocimientos.
- d) Basados en estos cuatro aspectos de sustentabilidad se puede concluir que el sistema SGIA es un proyecto sostenible y que está alineado con los principios del estado Ecuatoriano.
- e) Siendo la agricultura un eje fundamental en la economía del país y su influencia directa con el medio ambiente el estado establece normas que incluyen: racionalización de uso de suelos, capacitaciones a los agricultores, tecnificaciones agrarias, etc., con el fin de apoyar este sector.
- f) El estado ecuatoriano actualmente fomenta el Plan Nacional del Buen Vivir, cuya ejecución y difusión está a cargo de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). En el cual se tratan puntos que están relacionados con el sector ambiental y agrario.

5.1 PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR.

“Según la disposición constitucional contenida en el Art. 280, el Plan Nacional de Desarrollo es el instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; y coordinará las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados.

Su observancia será de carácter obligatorio para el sector público e indicativo para los demás sectores” [110].

De la Constitución del Ecuador [111] en el título II derechos, capítulo segundo Derechos del buen vivir, sección primera agua y alimentación, podemos constatar que

[110] Asamblea nacional del Ecuador. (25 de Septiembre de 2009). *CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR*. Recuperado el 23 de 11 de 2012, de sitio web de asamblea nacional: <http://documentacion.asambleanacional.gob.ec/alfresco/faces/jsp/browse/browse.jsp>

[111] Íbit., p.10

como derecho constitucional, el estado garantiza la seguridad alimentaria, esto implica que se debe priorizar las actividades agrícolas y ganaderas.

El plan nacional del buen vivir esta direccionado en doce objetivos como muestra el documento oficial del plan nacional del buen vivir [112] los cuales se citan a continuación.

Objetivo 1. Auspiciar la igualdad, cohesión e integración social y territorial en la diversidad.

Objetivo 2. Mejorar las capacidades y potencialidades de la ciudadanía.

Objetivo 3. Mejorar la calidad de vida de la población.

Objetivo 4. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable.

Objetivo 5. Garantizar la soberanía y la paz, e impulsar la inserción estratégica en el mundo y la integración Latinoamericana.

Objetivo 6. Garantizar el trabajo estable, justo y digno en su diversidad de formas.

Objetivo 7. Construir y fortalecer espacios públicos, interculturales y de encuentro común.

Objetivo 8. Afirmar y fortalecer la identidad nacional, las identidades diversas, la plurinacionalidad y la interculturalidad.

Objetivo 9. Garantizar la vigencia de los derechos y la justicia.

Objetivo 10. Garantizar el acceso a la participación pública y política.

Objetivo 11. Establecer un sistema económico social, solidario y sostenible.

Objetivo 12. Construir un Estado democrático para el Buen Vivir

El proyecto SGIA se centra en el tercer y cuarto objetivo, debido a que la información obtenida del sistema sirve como guía para realizar estudios para el mejoramiento del cultivo, las adaptaciones que este ha tenido a través del tiempo, o para realizar un seguimiento en el desarrollo del cultivo. Asegurando así una producción sustentable comprometida con el medio ambiente.

Por otro lado los estudios que se puedan derivar de la información obtenida del sistema estarán encaminados a mejorar la calidad de vida de la población y contribuirán con el plan de seguridad alimentaria.

“Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer

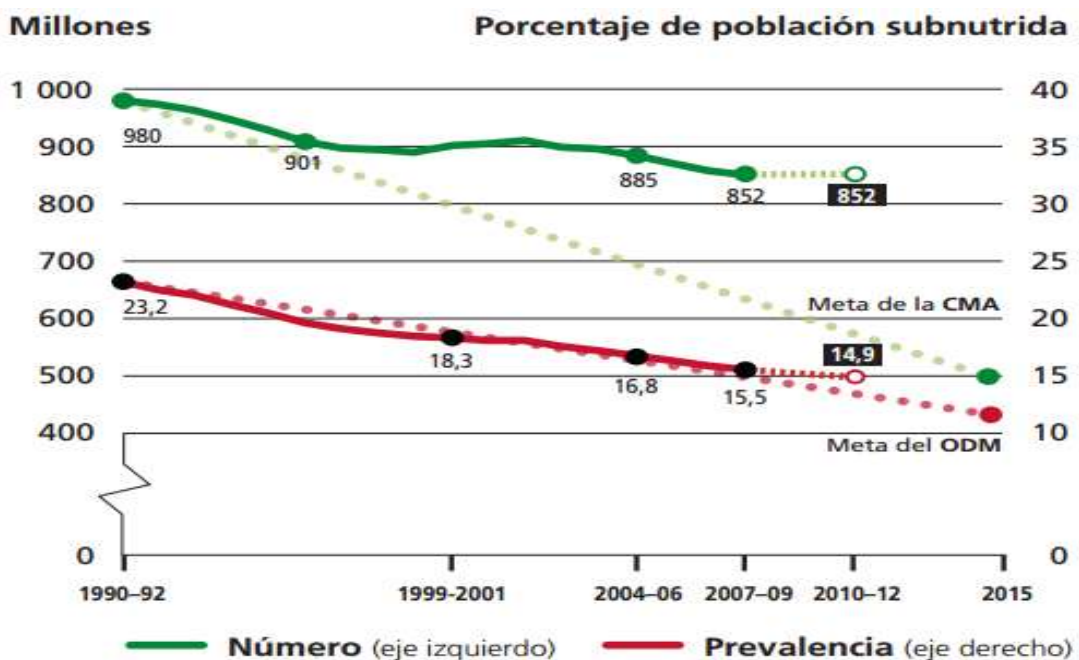
[112] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES. (2009). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural (Primera ed.)*. Quito, Pichincha, Ecuador: SEMPLADES. Recuperado el Noviembre de 2012, de *Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural*: <http://plan.senplades.gob.ec/objetivo-4>

sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.”[113]

La FAO en el estudio realizado en el año 2012 hace referencia a la agricultura como eje principal de la seguridad alimentaria citando:

“El crecimiento agrícola y económico debe incluir la dimensión de la nutrición. El crecimiento tiene que redundar en una mejor situación nutricional a través de un aumento de las oportunidades de los pobres para diversificar su dieta; la mejora del acceso al agua potable y al saneamiento; la mejora del acceso a los servicios de salud; un mejor conocimiento por parte de los consumidores sobre la nutrición y las prácticas de cuidado infantil adecuadas; y una distribución selectiva de complementos alimenticios en situaciones de grave carencia de micronutrientes. Una buena nutrición, a su vez, es fundamental para el crecimiento económico sostenible” [114].

Figura 41. La subnutrición en los países en desarrollo



Fuente: [109] FAO

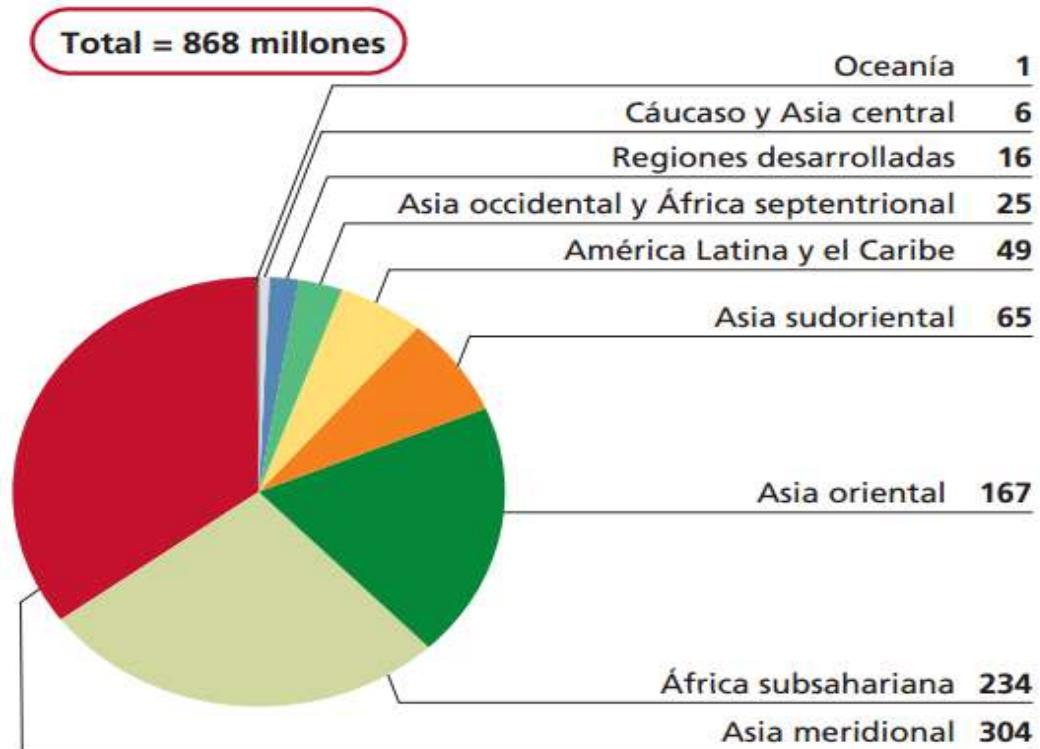
“Las nuevas estimaciones indican también que el aumento del hambre entre 2007 y 2010, el período caracterizado por las crisis de los precios de los alimentos y económica, fue menos severa de lo que se pensaba previamente. Hay varias razones que explican este hecho” [115].

[113] FAO. (17 de Noviembre de 1996). *Informe de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación*. Roma, Italia.

[114] FAO. (Septiembre de 2012). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo (Resumen)*. Roma, Italia.

[115] *Ibid.*, p 5.

Figura 42. Distribución de la subnutrición en los países en desarrollo, por región, 2010-12 (millones)



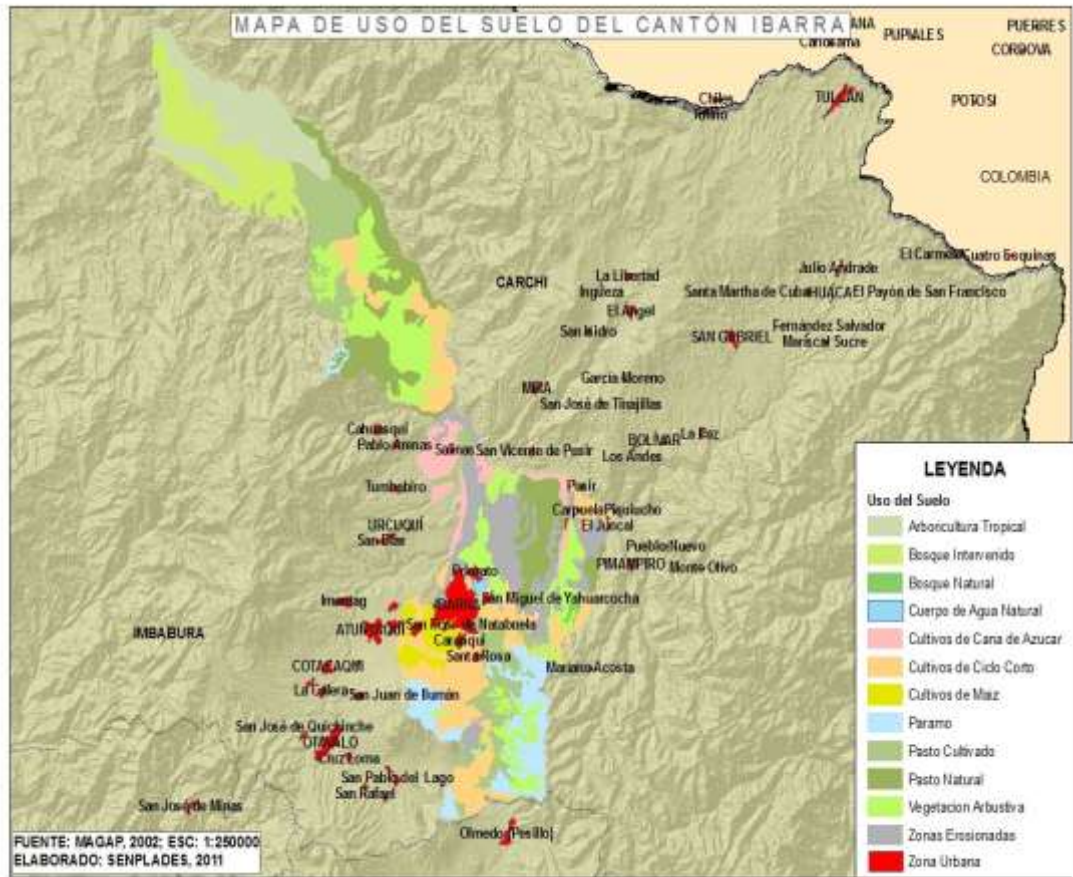
Fuente: [109] FAO

Con estos estudios queda demostrada la importancia de asegurar la alimentación de la población y por qué el gobierno ecuatoriano implementa políticas de estado para cumplir estos objetivos, se adjunta como anexo los datos con los cuales la FAO realizó estos estudios*

5.2 USO DEL SUELO.

En el Ecuador hace muchos años se han venido realizando estudios para determinar en forma cuantitativa cuáles son los tipos de cultivos, cuál es la extensión que ocupan estos cultivos, qué sector de la población se dedica a estos tipos de cultivos, etc., con el fin de determinar si el uso que se le está dando al suelo es o no el correcto y para esto las instituciones como el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) conjuntamente con el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP

Figura 43. Mapa de uso de suelos del cantón Ibarra

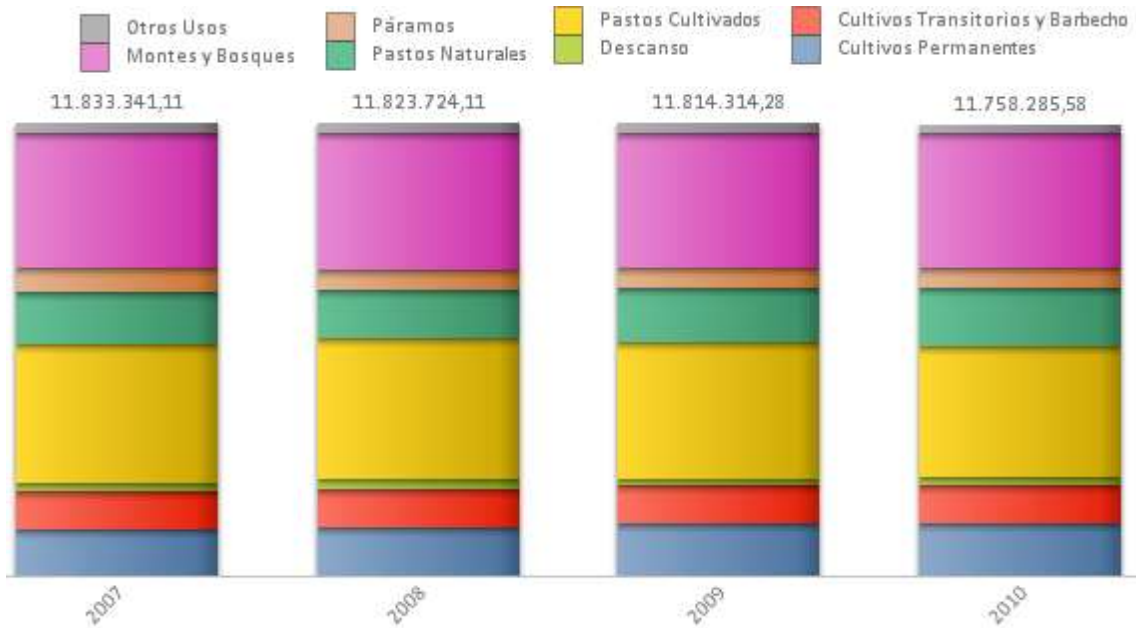


Fuente: <http://app.sni.gov.ec/visorseguimiento/multimedia/seguimiento/portal/reportes/indexg.htm>

La figura 43 muestra el uso actual del suelo del cantón Ibarra y muestra cuantitativamente la cantidad de suelo utilizado en diferentes actividades agrícolas.

A continuación se muestra la distribución del uso categorizado por tipo de cultivo desde el año 2007 hasta el año 2010 con datos tomados de la Secretaría Nacional de Información SNI. Los datos utilizados para realizar este estudio se adjuntan a manera de anexos.

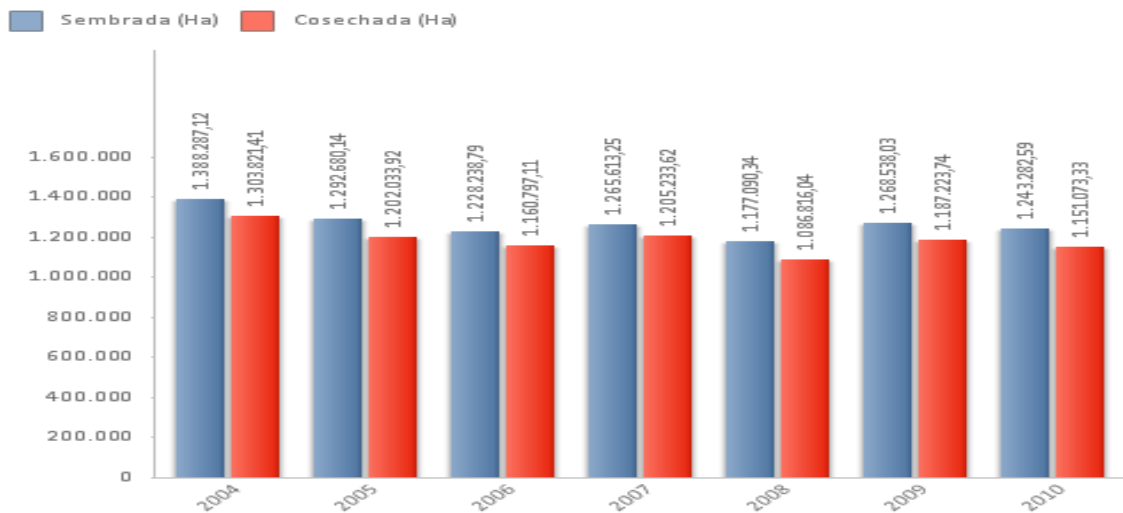
Figura 44. Superficie de uso por categoría (Fragmento)



Fuente: [http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true](http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=truehttp://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true)

La grafica 45 muestra la cuantitativamente los porcentajes de siembra versus los porcentajes cosechados.

Figura 45. Siembra vs Cosecha



Fuente: [http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true](http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=truehttp://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true)

Con los datos obtenidos de la secretaria nacional de información sobre un uso del suelo y el porcentaje de siembra versus cosecha, puede observar como la actividad agricultura del país no tiene un buen rendimiento.

La gráfica de siembra versus cosecha nos muestra como la producción agrícola ha disminuido, esto puede ser causa de una mala planificación en cuanto a usos de suelo o la falta de un estudio previo antes de sembrar un cultivo.

El subproceso de estudios e investigaciones meteorológicas del INAMHI a través de la entrega de información, y la generación de boletines climáticos pretende colaborar con las actividades económicas del país, de esta forma con la implementación del sistema de gestión de información agroclimatológica SGIA aporta con información indispensable para la realización de estudios agrícolas orientados al mejoramiento de la producción de los cultivos y un uso racional del suelo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- a) El sistema SGIA constituye una solución informática que resuelve el problema de la elaboración de un boletín de índices agrícolas que satisfaga al usuario en la optimización de tiempo.
- b) La utilización de herramientas actuales y de software libre para la elaboración de la aplicación asegura la escalabilidad de la misma logrando de esta manera cubrir requerimientos futuros que surjan para este proceso.
- c) El sistema SGIA asegura una mayor respuesta a los usuarios que solicitan información al Subproceso de estudios e investigaciones meteorológicas del INAMHI, permitiéndolos contar con información certificada, rápida y confiable.
- d) La falta de estudios específicos para cultivos del país ha provocado que se haga uso de ecuaciones y metodologías utilizadas en otras regiones del planeta con situaciones climáticas diferentes a la del Ecuador.
- e) La falta de información en la base de datos ocasiona que las series de datos no sean continuas, lo que puede causar problemas para realizar los diferentes estudios agrícolas en los cuales esta información sea necesaria.
- f) La información generada con el sistema SGIA es de importancia para el sector agrícola en sus actividades ya que sirve como base para el seguimiento de la fenología agrícola y la realización de estudios relacionados a la agricultura.
- g) La información generada con el sistema SGIA permitirá al agricultor a establecer un mejor uso del suelo puesto que puede observar la periodicidad climática y así cultivar de acuerdo con las necesidades fenológicas de cada cultivo
- h) De acuerdo con el plan nacional del buen vivir y la seguridad alimentaria el sistema SGIA pretende convertirse en una herramienta que ayude al agricultor o a las personas relacionadas con el sector agrícola a mejorar el rendimiento del cultivo.
- i) Con la información generada con el sistema SGIA el agricultor puede mitigar adversidades climáticas en cultivos permanentes en futuras estacionalidades.
- j) Con el sistema SGIA el agricultor puede mitigar el efecto producido por las heladas agrícolas ya que le facilita el pronóstico de una posible helada agrícola, y de esta manera el agricultor pueda tomar acciones para evitar una pérdida total del cultivo.
- k) Con el sistema SGIA se pretende contribuir con datos base para realizar estudios relacionados con actividades agrícolas a nivel técnico.

6.2 RECOMENDACIONES

- a) El usuario debe ser capaz de entender el origen de los datos para que pueda interpretar los índices generados.
- b) Hacer un seguimiento continuo del proceso en busca de nuevas necesidades en el proceso para garantizar la continuidad del sistema.
- c) Fomentar el uso de software libre para permitir la creación de herramientas que agilicen las labores cotidianas en temas investigativos.
- d) Capacitar correctamente a los usuarios del sistema para un correcto uso del mismo y lograr que el sistema se convierta en una herramienta de optimización de tiempo y no en una actividad que provoque congestión en otros procesos.
- e) Publicar los estudios realizados en el INAMHI, relacionados con el tema y coordinar con las instituciones afines como el MAGAP, INIAP, etc. para poder recopilar la información necesaria para próximos proyectos.
- f) Para asegurar la continuidad del proyecto implementar un método de relleno de series a nivel diario, y poder contar con series sintéticas y continuas.
- g) Se debe difundir el sistema como un producto del INAMHI a otras instituciones relacionadas con tema, las cuales pueden tomar como base la información generada para realizar sus estudios.
- h) Para un proyecto futuro es debe utilizar como base el sistema SGIA para construir un sistema experto capaz de tomar decisiones y alertar al usuario.
- i) Como proyecto futuro agregar un módulo de georeferenciación para que el usuario pueda observar de manera interactiva los resultados.
- j) Se debe difundir la utilización del sistema y la utilización de los índices calculados, en las diferentes actividades de defunción relacionadas con la agricultura, que realiza el INAMHI para que los agricultores tengan conocimiento del uso del sistema para que puedan planificar de mejor manera sus actividades.
- k) Difundir el boletín de índices agrícolas de igual manera que los demás boletines emitidos por el departamento para que pueda ser de utilidad para cualquier persona interesada en el tema.
- l) Difundir que el sistema cuenta con una opción capaz de realizar el pronóstico de la temperatura mínima la cual puede estar dentro de rangos de una helada agrícola para que el usuario pueda tomar las precauciones necesarias.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE DE CARCER, I. (2009). *Apuntes de Meteorología y Climatología para el medio ambiente*. Madrid: UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID.
- Ahrens, D. (2008). *Essentials of Meteorology* (Quinta ed.). Belmont, USA: Thomson Brooks/cole.
- Allen, C. J. (1976). *A modified sine wave method for calculating degree day*. Environmental Entomology.
- American Society of Civil Engineer. (1996). *Hydrology handbook* (Segunda ed.). USA: ASCE.
- Apache Software Foundation. (2012 de Octubre de 03). *User Guide*. (A. S. Foundation, Editor) Recuperado el Noviembre de 2012, de Apache Tomcat 7 Version 7.0.32, Oct 3 2012: <http://tomcat.apache.org/tomcat-7.0-doc/introduction.html>
- ARAGON, M. L. (2011). *Principios de meteorología y climatología*. Madrid: Paraninfo.
- Arellano, R., Carvajal, G., Moya, R., & Caravajal, M. (1992). *Cálculo de la evapotranspiración potencial por varios métodos para cien localidades Ecuatorianas*. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR.
- Arguello, J., & Guachamin, B. (1994). *Guía práctica de observaciones meteorológicas de superficie*. Quito, Pichincha, Ecuador: Publicaciones INAMHI.
- Asamblea nacional del Ecuador. (25 de Septiembre de 2009). *CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR*. Recuperado el 23 de 11 de 2012, de sitio web de asamblea nacional:
<http://documentacion.asambleanacional.gob.ec/alfresco/faces/jsp/browse/browse.jsp>
- Ascaso, A., & Casals, M. (1986). *Vocabulario de términos meteorológicos y ciencias afines*. Madrid, España: Instituto nacional de meteorología España.
- Aumaile, B. (2002). *J2EE Desarrollo de aplicaciones web*. Barcelona, España: ENI.
- Baeir, W. (1993). *Guía de Prácticas Agrometeorológicas. (134)*. OMM.
- Brenes, A., & Saborio, V. F. (1995). *Elementos de la Climatología su aplicación didáctica en Costa Rica*. Costa Rica: EUNED.
- Cabrelli, D. (1992). *Efecto de la radiación solar bajo dosel sobre el crecimiento de la regeneración de especies heliofitas durables en el bosque húmedo tropical y su respuesta a la intervención silvicultural*. Turrialba (Costa Rica).
- Candel, V. R. (1971). *Meteorología* (Segunda ed.). Barcelona, España: Enciclopedia Labor.
- Carvajal, G. (Junio de 2000). *Evaluación del requerimiento hídrico en el sector agrícola para las cuencas de los ríos Chone, Protoviejo, Jama*. Quito, Pichincha, Ecuador.

- Catling, D. (30 de Agosto de 2009). *Pérdidas en las atmósferas planetarias*. Scientific American. Recuperado el 24 de Febrero de 2012, de Atmósfera terrestre.
- Comisión del cambio climático México. (2010). *Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: INE.
- Conde, C. (2007). *El cambio climático global*. México D.F.
- De la Portilla, M. (2012). Principios de sustentabilidad aplicable a la materia de Gerencia de Empresas I. *Tesis de grado: Maestría en Educación para el desarrollo Sustentable*, 18-21. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Deinum, M., & Serneels, K. (2012). *Pro Spring MVC with web flow* (Primera ed.). New York, USA: Apress.
- Deitel & Deitel. (2004). *Java Como Programar* (QUINTA ed.). México: PEARSON.
- Departamento de agroclimatología INAMHI. (Diciembre de 2003). La evaporación un parametro meteorológico importante. 15. Quito, Pichincha, Quito: Publicaciones INAMHI.
- Departamento de agrometeorología. (Marzo de 1996). *Guía para la observación de la fenomenología de los cultivos*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo universidad de Lleida. (2001). *Agrometeorología*. Madrid, España: Mudi-Prensa.
- Domínguez, H. (2004). *Nuestra atmósfera* (Segunda ed.). México D.F: Mundi-Prensa.
- Doorenbos, J., & Kassam, A. (1980). *Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos*. Roma: FAO.
- Duran, F., Gutierréz, F., & Pimentel, E. (2007). *Programación Orientada a objetos con java*. Madrid, España: THOMSON.
- FAO. (17 de Noviembre de 1996). Informe de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (56 ed.). Roma, Italia: FOA.
- FAO. (Septiembre de 2012). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo (Resumen). Roma, Italia.
- Fisura Lanza, R. (2009). *Meteorología y Oceanografía Patrones y Capitanes de yate*. Gobierno Vasco: Victoria-Gasteiz.
- Fray, K. E. (1983). *Calculations in cotton crop and insects models*. Oakland, California, USA: Department of agriculture.
- Fuentes, Y. (1989). *Iniciación a la Meteorología Agrícola*. (P. y. Ministerio de Agricultura, Ed.) Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Galvéz Rojas, S., & Ortega Díaz, L. (2003). *Java a topología J2ME*. Malaga, España: ENI.

- Gloyne, R. W., & Lomas, J. (1988). Componiendo apuntes para la formación de personal agrometeorológico de las clases II y III. (551). OMM.
- Guarduño, R. (1994). *El Veleidoso Clima* (Primera ed.). México D.F, México: FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, S. A.
- Guijarro, J. (27 de Diciembre de 2002). Influencia de la intensidad de la precipitación en las medidas de los pluviómetros de balancín en las islas baleares. (C. M. Balears, Ed.) *Revista de Climatología*, 2(15), 11-12.
- Gutiérrez, R. (2008). *Papas nativas desafiando al cambio climático*. Lima: ITDG.
- Hargreaves, G. H., & Samani, I. (1985). *Reference crop évapotranspiration from temperature*. Roma: Applied Engineering in Agriculture.
- Heuvelop, J., Pardo Tasies, J., Quirós Conejo, S., & Espinoza Prieto, L. (1986). *Agroclimatología Tropical*. San jose, Costa Rica: EUNED.
- Horstmann, C. (s.f.). <http://refcardz.dzone.com/refcardz/javaserver-faces>. (DZone, Ed.) Obtenido de Java Server Faces.
- INAMHI. (2010). *Plan Estratégico Institucional*. (D. PLANIFICACIÓN, Ed.) Recuperado el 11 de 2012, de <http://www.inamhi.gob.ec/index.php/informacion-publica/2-organizacion-interna/196-plan-estrategico-institucional>
- INAMHI. (05 de 2012). *Conozca el INAMHI*. Recuperado el 05 de 2012, de <http://www.inamhi.gob.ec>: <http://www.inamhi.gob.ec/index.php/conozca-el-inamhi>
- Jacobi, J., & Fallows, J. (2006). *Pro JSF and Ajax Building rich internet componets*. New york, USA: APRESS.
- JARAMILLO R., A., & SANTOS, J. (1980). *Diseño de un piranómetro para medir el flujo de radiación de onda corta en los cultivos*. Cenicafe, Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- Jaramillo Valbuena, S., Augusto Cardona, S., & Villa Zapata, D. (2008). *Programacion Avanzada en Java* (Primera ed.). Armenia, Colombia: ELIZCOM.
- Jones, P., Trenberth, K., & Ambenje, P. (2004). *Surface and Atmospheric Climate Change*.
- Kroenke, D. M. (2003). *Procesamiento de bases de datos: fundamentos, diseño e implementación* (Octava ed.). (G. Trujano Mendoza, Ed.) México, México: PERSON.
- Lhomme, J. P. (1984). *Elementos de Agroclimatología*. San José, Costa Rica: ORSTOM.
- McGraw-Hill. (2010). *JavaServer Faces 2.0, The Complete Reference*. USA: McGraw-Hill.
- Medina García, G., & Ruiz Corral, J. A. (Mayo de 1992). SICA Sistema de información para carecterizaciones agroclimáticas. *Dacumentación y manual de usuario(2), 2.0*. Zacatecas, Calera, México: SARH.

- Melgarejo Moreno, P. (2000). *Tratado de Fruticultura para zonas árida y semiáridas*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Minter, D., & Linwood, J. (2005). *Pro Hibernate 3*. New York, USA: Apress.
- Minter, D., & Linwood, J. (2006). *Beginning Hibernate From Novice to Professional*. New York, USA: Apress Inc.
- Moya, R. (2006). Climas del Ecuador. *Climas del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: Publicaciones INAMHI.
- Mysql.com. (s.f.). *Products*. Recuperado el Noviembre de 2012, de Mysql: <http://www.mysql.com/products/>
- Oracle. (Noviembre de 2012). *about*. Obtenido de java 7 About: <http://www.java.com/es/about/>
- O'Reilly, T. (30 de Septiembre de 2005). *What Is Web 2.0 O'Reilly Network*. (T. O'Reilly, Editor) Recuperado el 27 de Agosto de 2012, de O'Reilly Spreading the knowledge of innovators: <http://oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html?page=1>
- Organización Meteorológica Mundial, O. (2011). Guía de prácticas meteorológicas. *Guía de prácticas meteorológicas*, 781.
- Ortiz, S. (1987). *Elementos de la agroclimatología cuantitativa* (Tercera ed.). Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Peréz, G. A. (09 de Marzo de 2010). *JSF 2 ya está aquí, The JSF Return, ahora más sencillo que nunca*. Recuperado el Noviembre de 2012, de Adictos al trabajo: <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=jsf2Return>
- Prieto Bolivar, C. J. (2004). *El Agua sus formas, efectos , abastecimientos, usos, daños, control y consevación*. (Segunda ed.). Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
- Rag Goyal, M., & Ramires Builes, V. H. (2007). *Elementos de la Agroclimatología*. Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia: UNISARC.
- Rapin, P. (2002). *Prontuario del frío* (Trecera ed.). Sevilla, España: Publicaciones Digitales S.A.
- Reyes Coca, S. (2002). *Introducción a la meteorología*. Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California.
- Reyna Trujillo, T. (1983). *Importancia de las horas frío en fruticultura*. Mexico: UNAM.
- Rico, F. G., Castañeda López, R., & Jaimes Figueroa, E. (s.f.). *Daños a la salud por la conataminación atmosférica*. Toluca: Instituto Literario.
- RISOL. (Junio de 1999). Terminología, definiciones y simbología. *Energías renovables y medio ambiente*, 8, 29-30.
- Rodríguez Jiménez , R. M., Capa, B., & Portela Lozano, A. (2004). *Meteorología y Climatología*. Madrid: Villena Artes Gráficas.

- Rodríguez Vargas, A. (2007). *El cambio climático, agua y agricultura*. IICA.
- Rodríguez, H., & González, F. (1992). *Manual de irradiación solar en*. (U. N. Colombia, Ed.) Bogotá: Departamento de Física.
- Sabbagh, J., & Sayingh, A. (1973). *Correrlation of solar radiation and sunshine duration in Riyadh, Saudia, Arabia, Pakistan*.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo – SENPLADES. (2009). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural* (Primera ed.). Quito, Pichincha, Ecuador: SEMPLADES. Recuperado el Noviembre de 2012, de Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural: <http://plan.senplades.gob.ec/objetivo-4>
- Sendiña, I., & Pérez Muñuzuri, V. (2006). *Fundamentos de Meteorología*. España: Publicaciones Universidad Santiago de Compostela.
- Slafer, G., Miralles, D., Savin, R., Whitechurch, E., & Gonzalez, F. (2004). *Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo*. Buenos Aires, Argentina: SRL.
- Thibaud, C. (2006). *MYSQL 5*. Barcelona, España: ENI.
- Valverde, T., Meave del Castillo, J., Carabias, J., & Cano, Z. (2005). *Ecología y medio Ambiente* (Primera ed.). (G. Trujano, Ed.) Juarez, México: PEARSON.
- Veléz Bernal, D., & Carvajal, M. (Febrero de 2001). Heladas. *Aspectos agroclimatológicos del cálculo y pronóstico y temperaturas mínimas y heladas para la proteccion operativa de los cultivos*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Vukotic, A., & Goodwill, J. (2011). *Apache Tomcat 7*. New York: APRESS.
- Weaver, J. (2007). *JavaFx Script*. New York, USA: APRESS.
- Wright Gilmore, J. (1980). Estimación de la radiación solar global de Costa Rica utilizando horas de sol y otros datos meteorológicos. *Revista Geografica de America central*(12), 166.
- Zambon, G., & Sekler, M. (2007). *JSF, JSP and Apache Tomcat Web Development From Novice to Professional*. New York: APRESS.