

**Servicios de Información y Predicción del Clima y Aplicaciones Agrometeorológicas
para los países Andinos**

Actas de la Reunión Técnica

Patrocinadores

Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN)

AGM-6
WMO/TD No.

Organización Meteorológica Mundial
7bis, Avenue de la Paix
1211 Genève 2
Suiza

2004

© 2004 Organización Meteorológica Mundial
Todos los derechos reservados.
La OMM fomenta el correcto uso de este material.
Se requiere citar la fuente.

Citación :Organización Meteorológica Mundial 2004. Servicios de Información y Predicción del Clima (SIPC) y Aplicaciones Agrometeorológicas para los Países Andinos. Actas de la Reunión Técnica llevada a cabo en Guayaquil, Ecuador, del 8 al 12 de diciembre de 2003. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial

Las opiniones expresadas en estas actas son las de los autores y no representan necesariamente la de los patrocinadores. Los mapas son reproducidos según lo entregado por los autores; no pretenden mostrar fronteras políticas y los patrocinadores no tienen responsabilidad alguna en esta materia.

CONTENIDO

Prólogo.....	
Desafíos de la predicción climática y su aplicación en el sector agrícola <i>Buruhani Nyenzi, Organización Meteorológica Mundial</i>	1
Aplicación de la información sobre el clima en la agricultura en la Región Andina <i>José Daniel Pabón, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia</i>	11
Avances reciente en aplicaciones agrometeorológicas a nivel global <i>R.P. Motha, estados Unidos. Dpto. de Agricultura, Washington. EE.UU.</i>	19
Predicción del Clima y Agricultura <i>M.V.K. Sivakumar, Organización Meteorológica Mundial</i>	29
Predicciones climáticas del IRI para los países andinos <i>Tony Barnstorn, IRI, Palisades, Nueva York</i>	46
Aplicación potencial para el pronóstico climático en los países andinos <i>Luis Alvarado, Instituto Meteorológico Nacional, San José, Costa Rica</i>	61
Aplicaciones actuales de la información del clima en Bolivia <i>Edgar Imaña, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, la Paz, Bolivia</i>	72
Rendimiento potencial de cultivos bajo cubierta <i>Justo Mariscal Cortéz, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, la Paz, Bolivia</i>	78
Revisión de aplicaciones actuales de SIPC y su futuro potencial en Chile <i>Jorge Carreño, Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile</i>	83
Los pronósticos climáticos a mediano y largo plazo y sus aplicaciones agrometeorológicas en Chile <i>José Curichuinca, Dirección Meteorológica de Chile, Santiago, Chile</i>	94
La información meteorológica en Colombia <i>Luz Dary Yepes, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia</i>	119
Aplicaciones del Servicio Agrometeorológico del IDEAM en Colombia <i>Francisco Claro, Instituto de Hidrología, Meteorológica y Estudios Ambientales, Bogotá, Colombia</i>	128
Servicios y aplicaciones agrometeorológicas en Ecuador <i>René Moya, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Quito, Ecuador</i>	144
Aplicaciones actuales de la información climática y de los productos de predicción y el potencial futuro en el Perú <i>Amelia Díaz, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Lima, Perú</i>	156
Aplicaciones agrometeorológicas en el Perú <i>Constantino Alarcón Velasco, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Lima, Perú</i>	161
Revisión de las aplicaciones agrometeorológicas actuales y del potencial futuro en Venezuela <i>Adriana Lelys Cortéz Marín e Yngrid Oliveros, INIA-CENIAP-IIRA, Maracay, Venezuela</i>	176

Grupo de Trabajo – Metas y Objetivos <i>Dr M. V. K. Sivakumar, Jefe de la División de Agricultura y Meteorología de la OMM</i>	195
Grupo de Trabajo No 1 - CLIPS <i>José Pabón (Moderador); José Luis Santos (CIIFEN); Luz Dary Yépez (Colombia); Amélia Díaz (Perú); Jorge Carreño (Chile); Luis Alvarado (Costa Rica); Edgar Imana (Bolivia); Manuel Carvajal (Ecuador); Gonzalo Ontaneda (Ecuador); Adriana Cortez (Venezuela); Tony Barnston (IRI) Buruhani Nyenzi (OMM)</i>	197
Grupo de Trabajo No 2 – Componentes de los proyectos en aplicaciones agrometeorológicas. <i>Justo Mariscal (Bolivia); Francisco Claro (Colombia); José Curihuinca (Chile); René Moya (Ecuador); Constantino Alarcón Velazco (Perú); Yngrid Oliveros (Venezuela); M.V.K. Sivakumar (OMM)</i>	200
Conclusiones y recomendaciones	202
Lista de participantes	204

Prólogo

Desafíos de la Predicción Climática y su Aplicación en el Sector Agrícola

Dr. Buruhani Nyenzi y Sra Leslie Malone

División del Programa Mundial de Aplicaciones Climáticas y SIPC

Departamento del Programa Mundial sobre el Clima

Organización Meteorológica Mundial

Ginebra, Suiza

Introducción

Varios términos se han usado para describir el pronóstico del clima para periodos desde 10 días hasta dos años por adelantado, i.e., pronósticos de tiempo de rango extendido y pronósticos de tiempo de largo rango de acuerdo a la definición de la Organización Meteorológica Mundial sobre rangos de pronósticos meteorológicos. Algunos Servicios Nacionales de Meteorología e Hidrología (SNMH) se refieren a “pronósticos”, algunos a “perspectivas”. Hay una tendencia a usar el término “pronóstico” para predicciones con un rango de tiempo relativamente más corto e información más específica, y el término “perspectivas” para predicciones con un rango de tiempo más largo e información más general, (con alguna connotación de que el término “perspectiva” implica baja precisión). No hay, sin embargo, una distinción definitiva internacionalmente aceptada en el uso de estos dos términos. En este reporte, el termino Pronóstico de Largo-rango (PLR) es usado para referirse a predicciones estacionales.

Las anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM) en los Océanos Pacífico Tropical, Atlántico e Indico, y por lo tanto el inicio, final e intensidad de los eventos El Niño/La Niña, son un factor clave de la variabilidad climática en muchas regiones del mundo. Información sobre las condiciones climáticas actuales y la probable evolución de El Niño/Oscilación Sur (ENOS) y los patrones regionales de las anomalías de TSM son por lo tanto muy importantes en el desarrollo de los pronósticos climáticos. El desarrollo científico y técnico de sistemas de PLR efectivos ha sido fomentado por los avances en los modelos de pronóstico, aumento del entendimiento de los mecanismos e impactos de factores tales como las anomalías de TSM, ENOS, extensión mar-hielo en regiones polares y cobertura de nieve en latitudes altas sobre variabilidad y cambio climático; y por los avances rápidos en comunicaciones y tecnologías de computadores y velocidades en computación. El fortalecimiento de las redes de observación, especialmente el desarrollo de redes satelitales y arreglos de plataformas de boyas sobre los océanos que antes estaban muy escasos de datos, ha incrementado la disponibilidad de datos y el conocimiento de los sistemas climáticos y ha contribuido significativamente al mejoramiento de los pronósticos alrededor del mundo.

Se ha encontrado una variedad de desafíos en el proceso de producir y proveer PLR a los usuarios. Estos desafíos incluyen, entre otros, precisión y claridad de información; difusión y comunicación de los productos a los usuarios; reducción de escala y presentación de la información para satisfacer las necesidades específicas de los usuarios en varios sectores; interpretación por científicos y usuarios finales; y capacidad de los SNMH para producir y proveer PLR y otros productos climáticos. Algunos de estos desafíos están aún lejos de ser resueltos y es probable que no se resuelvan en algún tiempo. Este artículo da detalles sobre el desarrollo de los PLR y sobre algunos de los desafíos e impactos de proporcionar PLR en varios sectores de desarrollo socio-económico, con un enfoque hacia el sector agrícola.

Centros de Producción Global de Pronósticos de Largo-rango

Muchos de los SNMH no tienen la capacidad y posibilidad de producir Pronósticos de Largo-rango (PLR). Sin embargo, hay un número de Centros de Producción Global (CPG) que producen pronósticos tanto a escala global como regional que pueden ser accesados por los SNMH y otras instituciones y bajar la escala para uso local. Los principales CPG incluyen a los siguientes, entre otros: Centro Europeo de Pronóstico de tiempo de mediano rango (ECMWF); el Centro Nacional

de Predicción ambiental (NCEP) y su Centro de Predicción Climática (CPC); el Met Office (United Kingdom); Météo France; el Instituto Internacional de Investigaciones para Predicción Climática (IRI); el Centro Nacional del Clima de la Administración Meteorológica de China (CMA); la Agencia Meteorológica del Japón (JMA); la Administración Meteorológica de Corea (KMA); el Bureau de Meteorología (Australia); el Servicio Meteorológico de Canadá (MSC) y el Centro de Predicción del tiempo y Estudios del Clima del Instituto de Pesquisas Espaciales (CPTEC/INPE).

Los productos de los CPG son usados por los SNMH, incluyendo aquellos que no tienen capacidad para producir PLR; institutos de investigación; universidades, e instituciones tales como el Centro Africano de Aplicaciones Meteorológicas para el Desarrollo (ACMAD), los Centros de Monitoreo de la Sequía (DMCs) en Nairobi, Kenya y Harare, Zimbabwe y el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) en Guayaquil, Ecuador. Los productos de los modelos de predicción numérica globales son reducidos en escala a escales regionales por instituciones regionales y SNMH para ser usados en el desarrollo de pronósticos nacionales, alertas y productos de aplicaciones.

Aspectos Actuales del Pronóstico a Largo-rango a Niveles Regionales y Nacionales

3.1 Modelos de Pronóstico

Un rango ancho de métodos de pronóstico, tanto con técnicas empíricas-estadísticas como con métodos dinámicos, son empleados en el pronóstico climático a niveles regionales y nacionales (OMM, 2003). Métodos empíricos-estadísticos en uso en varios centros incluyen: Análisis de Patrones de Circulación General; métodos análogos, series de tiempo, correlación, análisis de correlación discriminante y canónica, regresión lineal múltiple, normales climáticas óptimas; y análisis de anomalías climáticas asociadas al ENOS. Métodos dinámicos (usados principalmente en los CPG más grandes) son basados en modelos, usando GCMs atmosféricos; GCMs de Océano Atmósfera acoplados; y modelos de 2 niveles. Modelos Híbridos, tales como un modelo dinámico o estadístico de la atmósfera acoplado con un modelo dinámico oceánico, no están siendo usados operacionalmente por ningún SNMH en el presente.

El método empírico estadístico más comúnmente usado es la regresión lineal múltiple. Las TSM son el predictor más común, de entre las variables atmosféricas y oceánicas, usadas en esta herramienta. El método análogo es el siguiente en ser usado más comúnmente. Análogos son eventos similares, tales como, por ejemplo, años cuando el IOS, u otra característica relacionada al ENOS, se han comportado similarmente al año actual. Información climática detallada de años análogos puede ser usada en varios productos climáticos (i.e. como entrada para modelos de cultivos para predecir los rendimientos probables de los cultivos para una próxima estación).

Los métodos dinámicos son todos predicciones ensambladas. El método dinámico de dos capas es empleado por muchos centros tal como el Centro Nacional de Predicción Ambiental (NCEP) del Servicio Nacional del Tiempo de los Estados Unidos. En este proceso de predicción, la primera capa es la predicción de la temperatura superficial del mar del Pacífico Tropical por un modelo acoplado océano-atmósfera. La segunda capa es una predicción ensamblada por un modelo atmosférico ya sea por medio del uso de temperaturas superficiales del mar pronosticadas del primer nivel como condiciones de frontera después de remover los errores de sesgo como por resultados de otros modelos tales como los modelos estadísticos.

3.2 Elementos de Pronóstico y Periodo

Los elementos meteorológicos típicamente pronosticados son el promedio de la temperatura superficial y la precipitación total para un periodo dado. Algunos pronósticos de CPG incluyen TSM y también la Presión media a Nivel del Mar. Varios SNMH también pronostican algunos otros elementos tales como: el grado de actividad de los ciclones tropicales o ciclones extra-tropicales, el comienzo y final de la estación de monzones, humedad del suelo, y condiciones de clima extremo tales como inundaciones, sequías, olas de calor y fríos repentinos.

Los periodos cubiertos por los pronósticos del clima varían desde menos de un mes hasta más de un año y muchos SNMH publican un rango de pronósticos que cubren diferentes periodos de tiempo. Pronósticos estacionales cubriendo periodos de tres meses son también publicados frecuentemente en forma mensual y pronósticos para periodos de seis meses o más son típicamente divididos en segmentos de tres meses. La mayoría de los productos de pronóstico son publicados regularmente a lo largo de todo el año, en forma mensual o cada tres meses, pero algunos pronósticos son publicados para estaciones específicas, como la estación de lluvias, verano e invierno.

3.3 Formato de Pronóstico

Las necesidades de pronóstico dependen del sector que pueda usar el pronóstico y sobre el uso particular dentro del sector en el cual el pronóstico es aplicado (Stern y Easterling, 1999). Muchos usuarios necesitan pronósticos de precipitación, por ejemplo, y encuentran predicciones de precipitación mensual promediada para periodos de una estación a un año por adelantado altamente útil para aplicaciones en agricultura, generación hidroeléctrica, control de inundaciones, control de mosquitos, etc.

Un estudio llevado a cabo en 1999 por la OMM (Kimura, 1999) revela que un número de formatos de pronóstico están en uso, y que los SNMH dependen, típicamente, en más de uno para sus varios propósitos. Están en uso los pronósticos cualitativos (i.e. descripciones por palabras), pronósticos cuantitativos (pronósticos representados por cantidades numéricas), pronósticos categóricos determinísticos, y pronósticos probabilísticos, y algunos SNMH usan más de una aproximación al mismo tiempo.

Pronósticos categóricos son aquellos en el cual un número discreto de categorías de eventos son pronosticados (e.g. temperaturas son generalmente pronosticadas como más frías de lo normal, normales, o más calientes de lo normal). Pronósticos determinísticos (no probabilísticos) predicen un valor único de la cantidad predecida (la cantidad observable que va a ser pronosticada) mientras que pronósticos probabilísticos predicen la distribución de la probabilidad de todos los posibles valores del predictando. Pronósticos probabilísticos especifican la futura probabilidad de ocurrencia de uno o más eventos, y el set de eventos pueden ser tanto categóricos como continuos. Es importante notar que los pronósticos determinísticos pueden ser o correctos o incorrectos. Los pronósticos basados en probabilidad, por otro lado, asignan probabilidades a un rango de posibles resultados, y en una estación dada, una de estas categorías coincidirá con lo que ocurre en efecto. La falta de un valor determinado por lo tanto, puede falsear la predicción (O'Brien y Vogel, 2003).

Casi todos los pronósticos determinísticos categóricos y/o pronósticos probabilísticos emitidos por los SNMH y otros centros productores de pronósticos, adoptan una representación de tres clases categóricas, i.e., bajo lo normal, cercano a lo normal, y arriba de lo normal. Las tres clases son definidas en diferentes formas por los diferentes centros. La más popular definición de clases es la "clasificación de probabilidades climatológicamente iguales" en la cual a cada categoría es asignada un 33.3 por ciento de confianza. Otro ejemplo de esta clasificación define la precipitación bajo lo normal como menos que el 80 por ciento de la lluvia normal mientras que arriba de lo normal es más del 120 por ciento de lo normal. Representaciones categóricas de dos y cinco clases son adoptadas ocasionalmente, pero estas son excepciones.

3.4 Verificación de los pronósticos emitidos

Verificación es el proceso de evaluar la calidad de un pronóstico dado, generalmente a través de la comparación de los resultados de los pronósticos con las observaciones de lo que ocurrió en realidad. La verificación es hecha para monitorear y mejorar la calidad del pronóstico, y también para permitir comparaciones de varios sistemas de pronóstico para ver cual funcionó mejor y bajo que condiciones. La calidad de un pronóstico está relacionada a factores como, sesgo, precisión, habilidad, confianza, resolución e incertidumbre. Diferentes métodos de verificación son utilizados

dependiendo de los formatos del pronóstico. Algunos productores evalúan sus pronósticos subjetivamente o cualitativamente.

Expertos de un número de Comisiones Técnicas de la OMM (La Comisión de Sistemas Básicos (CSB), Comisión de Climatología (CCI) y la Comisión de Ciencias Atmosféricas (CCA)) han discutido conjuntamente el desarrollo de un sistema de verificación estandarizado para pronósticos de largo rango. La verificación estandarizada ayudaría a realizar comparaciones entre el rendimiento de varios modelos y técnicas, y entre varias regiones de el mundo.

Algunos SNMH y CPG hacen público su rendimiento del pronóstico en sus sitios Web mientras otros proveen los resultados de la evaluación como adjuntos en sus pronósticos o en publicaciones. Esto es información importante que permitirá a los usuarios del producto el uso más efectivo de la información en sus modelos de decisión y estrategias.

3.5 Traduciendo la Probabilidad de los pronósticos en Decisiones Efectivas

Ha sido reconocido que los PLR y otros productos de predicción no son siempre fáciles de usar efectivamente por hacedores de políticas y tomadores de decisiones en sus procesos de planeamiento o modelos de decisiones. Hasta la fecha no han sido desarrollados métodos estándar con los cuales transformar los pronósticos en decisiones. Planes están actualmente en camino, sin embargo, por la OMM, con sus socios colaboradores, para organizar una conferencia internacional sobre Procesos de Decisión en Aplicaciones climáticas a inicios del 2005. El propósito de esta conferencia es unir personas de diferentes sectores, particularmente hacedores de políticas quienes están en posición de usar la información climática en la toma de decisiones, para discutir métodos y requerimientos.

Tanto los científicos del clima y grupos de usuarios necesitan tener un claro entendimiento de las oportunidades y el potencial de PLR. Hay una urgente necesidad de que los productores de pronósticos entiendan claramente los requerimientos de los usuarios de la información climática, y elevar la conciencia en la comunidad de usuarios de la capacidad actual de los científicos del clima de producir y proveer información a los usuarios. Un desafío específico es traducir las salidas probabilísticas del PLR en términos entendibles para el usuario(s) para el uso en acciones, identificación de riesgos, y desarrollo de escenarios de las probabilidades asociadas. La conferencia y otros talleres planificados unirán climatólogos y usuarios con la intención de resolver algunos de estos desafíos.

Aplicaciones y Beneficios de Productos de Pronóstico de Largo-rango

Los pronósticos de Largo rango han mostrado ser útiles en la planificación de varias actividades que dependen de la información y productos climáticos. Pronósticos de tiempo y clima dados con suficiente tiempo proveen una oportunidad para planear medidas de mitigación antes que la estación empiece (McMichael et al 2003, Patz, 2002). Información de PLR oportuna y diseñada y Sistemas de Alerta Temprana para los meses o estación por venir hacen posible a los planificadores manejar más efectivamente los temas relacionados con el clima, y por tanto manejando el tiempo y la variabilidad climática, incluyendo condiciones anómalas y extremas, a través de prácticas mejoradas. En el sector agrícola, usuarios de PLR y alertas tempranas de inminentes sequías e inundaciones son capaces de seleccionar más efectivamente los tiempos de sembrado, y escoger los cultivos más apropiados para la próxima estación. Para el sector de la salud, sistemas de alertas tempranas ayudan a mejorar la vigilancia sobre enfermedades que son afectadas por condiciones climáticas (tales como Malaria, Fiebre de dengue, etc.) y ayudar a mitigar contra el sufrimiento resultante de tiempos extremos tales como ondas de calor y fríos inviernos, y eventos urbanos de contaminación ambiental.

Las aplicaciones requieren investigación básica vinculando los pronósticos a aplicaciones específicas. Como ejemplo, hay una conexión entre las fases de El Niño / La Niña y el exceso o déficit de precipitaciones, lo que afecta negativamente a la agricultura con sequías e inundaciones,

generación eléctrica, y ocurrencia y diseminación de enfermedades tales como la Malaria o la fiebre del "Rift Valley".

Desarrollos Futuros y Desafíos para PLR

5.1 Modelos

Están siendo realizados esfuerzos para mejorar y desarrollar nuevos sistemas de pronóstico especialmente aquellos relacionados con los modelos dinámicos incluyendo los modelos acoplados y ensamblajes de multi-modelos. Uso de modelos regionales dinámicos generalmente ha mostrado dar mejores resultados que aquellos obtenidos de algunos modelos de circulación global. Similarmente los resultados de Ensamblajes Multi-Modelo (EMM) han mostrado ser mejores que aquellos de un Modelo de Circulación Global y modelos acoplados simples.

Debido a que el comportamiento de la atmósfera es caótico, los resultados de incluso modelos bien realizados pueden divergir, o desarrollar incertidumbres crecientes a rangos de tiempo más largos. En predicción de ensamble, diferentes corridas de pronósticos son hechos con condiciones iniciales un poco diferentes para "explorar" posibles resultados futuros. Los productos claramente muestran áreas de pronóstico con certidumbre y con incertidumbre – información útil para interpretación de los pronósticos. Un ensamble multi-modelo es simplemente una combinación de ensambles de sistemas de ensamble individual. Avances tales como estos están empezando a ser de uso operacional, con considerable éxito.

5.2 Posibles Productos Futuros de PLR y sus Aplicaciones

La demanda de los usuarios de información climática es de información relevante por sectores y que sea fácilmente aplicable. Con el fin de satisfacer estos requerimientos de los usuarios, es importante mejorar las técnicas de reducción de escala y asegurar la disponibilidad de datos climáticos tanto históricos como actuales, relevantes para su localidad y en detalle suficiente. Esfuerzos están siendo realizados para mejorar los métodos de reducción de escala de forma que productos más confiables de PLR puedan ser dados a los varios usuarios y para fomentar el desarrollo de conjuntos de datos digitales actuales e históricos para aportar en los esfuerzos de predicción y reducción de escala. En este sentido, hay también una necesidad de datos rápidamente disponibles por los diferentes sectores de aplicación para uso en reducción de escala y para adaptación de los pronósticos para cada sector. Un ejemplo de información frecuentemente requerida por grupos de usuarios es la información sobre la distribución temporal del pronóstico de precipitación, e información específica sobre periodos secos y húmedos. Por lo tanto, esfuerzos están siendo realizados para mejorar los métodos de pronóstico para que tal información pueda ser proporcionada a los usuarios. Con tal desarrollo de los modelos y técnicas, una mejor verificación y procedimientos de difusión y con mejores relaciones con los grupos de usuarios, se espera que los usuarios incluyendo a aquellos del sector agrícola puedan ser más capaces de aplicar los productos del pronóstico en el manejo de sus actividades.

Estas mejoras incrementarán la fiabilidad de los pronósticos y la confianza de lo usuarios, por lo que se espera que más sectores requieran productos de clima y predicción para usuarios específicos. En algunos casos, especialmente países en desarrollo, podrían necesitar de coordinación de estas actividades por un centro regional tal como los Centros Climáticos Regionales planificados.

5.3 Futuros desafíos para los PLR

Como se ha notado arriba, las comunidades de usuarios necesitan información climática y productos de predicción en una forma oportuna y en un formato apropiado. Actualmente están siendo exploradas maneras para ver como la información producida por los centros es diseminada y si esta llega a los usuarios finales con suficiente tiempo. Actualmente información y productos son diseminados a los usuarios a través de Internet, la prensa escrita (tanto electrónicos como

impresos), y boletines especiales. Información y alertas son también compartidos con el público vía radio, TV, teléfono y por fax.

La difusión de información a través de estos medios no permite llegar a algunos de los usuarios finales, especialmente en áreas remotas que pueden no tener acceso a dichas facilidades. La introducción de sistemas que puedan facilitar la difusión de la información en una forma oportuna para los usuarios finales proyectados es el mayor desafío. Sin embargo la introducción de sistemas como el RANET ayudará a resolver algunos de estos problemas. RANET (Radio e InterNET), es una colaboración internacional para hacer más accesible información de tiempo, clima, hidrológica e información relacionada a poblaciones remotas y pobres en recursos a través de la radio y otras tecnologías. RANET, trabaja al nivel de la comunidad para asegurar que los individuos y las comunidades puedan manejar sus recursos y prepararse contra los peligros naturales. El Centro Africano de Aplicaciones Meteorológicas para el Desarrollo (ACMAD) es el programa facilitador y coordinador de fondos para RANET (detalles adicionales pueden ser encontrados en: <http://www.ranetproject.net>).

Muchos sectores se han dado cuenta de la necesidad de usar información climática y productos en la planificación de sus actividades y en la implementación de medidas de adaptación para reducir los impactos de variabilidad climática en sus actividades. Sin embargo, para que la información climática sea útil para los diferentes sectores, hay la necesidad de que los productores de los productos hagan la información pertinente y entendible para los diversos usuarios. Un aspecto considerable de este desafío es que muchos usuarios emergerán así como crece la necesidad de los diferentes sectores por productos de PLR, y producir productos a la medida para este creciente número de requerimientos específicos de los usuarios es un desafío principal que puede crear presión tanto en recursos como en tiempo.

La evaluación de los productos de los modelos es un desafío que continuará llevándose a cabo para asegurar que pasos apropiados serán tomados para mejorar el rendimiento del modelo. Es importante también que la evaluación sea hecha sobre la utilidad para los usuarios de la información, sobre las diferentes aplicaciones de la información para los usuarios y los impactos y el valor económico de los productos del PLR a varios sectores. Hay la necesidad de construir una estructura multidisciplinaria con el fin de asegurar el entendimiento y la utilidad de los pronósticos y el seguimiento de la reacción de los usuarios, al uso y a la confianza en los productos.

Uno de los desafíos futuros es construir capacidades y destrezas dentro de los países para permitirles generar productos de PLR, o donde tales capacidades no existan actualmente, interpretar la información y los productos de los principales centros productores.

Otros desafíos incluyen el fortalecimiento de las capacidades dentro de los SNMH para realizar pronóstico climático por medio del mejoramiento de las facilidades de comunicación para la recepción de los productos del modelo de pronóstico climático y/o acceso a Internet, y para la actualización de los sistemas de computación incluyendo el software. Hay una necesidad urgente para mejorar, expandir y digitalizar los sets de datos climáticos, tanto los recientes como los históricos, para variables de superficie, atmosféricas y oceánicas, tales como presión atmosférica, temperatura superficial del mar, radiación de onda larga emitida, etc. y para generar datos tales como el Índice de Oscilación Sur. Los SNMH y centros climáticos también necesitan tener bibliotecas de referencia con publicaciones actualizadas, tales como aquellas sobre climatología, técnicas para pronóstico climático e información sobre cambio climático, impactos y aplicaciones. Todos estos desafíos requerirán una considerable cantidad de fondos para actividades nacionales, regionales e internacionales tales como talleres de entrenamiento/conferencias sobre pronóstico climático

La necesidad de involucrar a los medios de prensa en la difusión e interpretación de información climática, productos y pronósticos es otro desafío que requiere atención especial en el futuro. Se ha notado que la prensa puede desempeñar un gran papel en crear conciencia de los temas sobre el clima si se involucran en el proceso de difusión y crear conciencia en el público sobre los productos de PLR.

Colaboración Internacional y Regional respecto al Pronóstico del Clima

6.1 Creando capacidades a través de CLIPS y Foros Regionales de Perspectivas Climáticas

El Servicio de Información y Predicción del Clima (CLIPS) es un proyecto de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que trata con la implementación de servicios climáticos alrededor del mundo. Se inició para asegurar que la información detallada sobre clima presente y futuro y sus variaciones sean entregadas a los usuarios a tiempo y en un formato apropiado. El proyecto CLIPS en colaboración de un número de socios, ha hecho una importante contribución hacia el desarrollo y evaluación de los Foros Regionales de Perspectivas Climáticas (RCOFs). Desde sus inicios el proceso RCOF ha fomentado un crecimiento del entendimiento de los vínculos entre el sistema climático y las actividades socio-económicas, identificando aplicaciones beneficiosas, estimando el valor potencial de los servicios climáticos, y colaborando con los tomadores de decisiones en sectores específicos de aplicación. Una demanda en aumento para servicios climáticos ha sido registrada en muchas partes de el mundo como resultado de estos desarrollos (IRI, 2001).

Los Foros Regionales de Perspectivas Climáticas están actualmente siendo llevados a cabo en varias regiones, tales como Africa del Este, Africa del Oeste y el Sahel, el Sur de Africa, América Central, El Sureste de Sur América (Región MERCOSUR), la costa Suroeste de Sur América (región Andina) y el Pacífico. Investigadores de instituciones nacionales, regionales e intencionales así como miembros del personal de los SNMH en estas regiones asisten a los foros, así como también representantes de los grupos de usuarios y agencias donantes. Los Foros usualmente revisan el estado actual del clima global (incluyendo variables tales como temperatura superficial del mar y los factores regionales que tienen potencial para modificar los sistemas globales climáticos) y su relación al clima en la región relevante, y la probable evolución de las variables climáticas. Ellos entonces producen pronósticos climáticos consensuados para cada región, que son usados por los SNMH participantes para producir pronósticos enfocados sobre sus propios países. El proceso incluye evaluación del rendimiento del pronóstico emitido anteriormente. La evaluación está basada sobre observaciones y de la retroalimentación de los usuarios.

El proceso del foro ha facilitado el reconocimiento en muchas partes del mundo de que la información y productos climáticos son elementos esenciales en la planificación de la mitigación de los impactos de las variaciones climáticas. Los RCOFs han proveído también de una importante función de construcción de capacidades tanto para proveedores como para usuarios de PLR en muchas partes del mundo. En adición, los foros han fomentado interacciones e intercambio de información entre los científicos del clima y usuarios de la información climática. Instituciones regionales tales como los Centros de Monitoreo de la Sequía (DMCs) en Africa del Este y del Sur, el Centro Africano de Aplicaciones Meteorológicas para el Desarrollo (ACMAD) en Niamey, Nigeria, el Comité Regional de Recursos Hídricos del Istmo Centro Americano (CRRH) en Costa Rica, y el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) en Guayaquil, Ecuador han jugado un rol clave en la organización e implantación total de estos foros. La colaboración con otros involucrados tales como la Agencia para el desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID), la Administración nacional del Océano y de la Atmósfera / Oficina de Programas Globales (NOAA/OGP), y el Centro Internacional de Investigaciones para Predicción del clima (IRI), en los RCOFs han sido muy importantes, especialmente en crear capacidades a los expertos en clima y usuarios de la información y de los productos climáticos.

6.2 Ejemplos de Colaboración Regional

Se necesita de una considerable colaboración para desarrollar pronósticos de consenso, empezando por la gestión de fondos y otros soportes para las sesiones, y la creación de capacidades e identificación de asuntos regionales compartidos. Algunos ejemplos de colaboración actual se detallan a continuación.

Los seis países de la Asociación de Naciones Asiáticas del Sureste (ASEAN) han cooperado en el pronóstico estacional para la región del ASEAN desde 1997. Singapur funciona como el centro para la cooperación. Los pronósticos oficiales de los países miembros son puestos en el sitio Web de la Intranet.

El Programa Ambiental Regional del Sur Pacífico (SPREP), en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Atmosféricas y del Agua de Nueva Zelanda, el Bureau Australiano de Meteorología y un número de SNMH de las Islas del Pacífico, empezaron emitiendo pronósticos climáticos para un número de islas estados/territorios en el Pacífico Sur oriental vía un boletín en Octubre del 2000. Los pronósticos son elaborados después de consultar a todas las partes involucradas. Se espera que esta actividad cree capacidades en los SNMH de la región para el pronóstico climático, de forma que ellos sean capaces de emitir sus propios pronósticos en el futuro.

Desde 1998, se ha efectuado en el mes de Mayo un encuentro conjunto para la predicción estacional del monzón del Este de Asia en la república de Corea con la participación de pronosticadores de clima de los SNMH así como investigadores de la República de Corea, China y Japón. Los objetivos del encuentro son mejorar los aspectos operacionales de predicción así como del entendimiento del monzón del verano en el Este de Asia.

En América Latina, Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay efectúan regularmente encuentros de pronóstico climático, generalmente cada tres o cuatro meses. La costa Oeste de Sur América efectúa, a través de la coordinación del CIIFEN un foro cada año alrededor de noviembre. América Central también efectúa, bajo la coordinación del Comité Regional de Recursos Hídricos del Istmo Centro Americano (CRRH), tres a cuatro foros cada año. Otra cooperación regional y bilateral está en progreso en los campos de pronóstico climático operacional e investigación relacionada.

En Africa tres instituciones meteorológicas regionales los Centros de Monitoreo de las Sequías (DMCs) en Harare y Nairobi, y el Centro Africano de Aplicaciones Meteorológicas para el Desarrollo (ACMAD) han contribuido a crear capacidades para la producción y uso de información del pronóstico climático en países de Africa del Sur, Africa del este y Africa del oeste respectivamente. Algunas sub-regiones económicas han hecho algunos esfuerzos para enfrentar desafíos en el manejo de desastres regional/nacional y otras aplicaciones de información climática por medio del establecimiento de instituciones regionales especializadas en clima tales como ACMAD y el DMC en Nairobi y Harare. Eventualmente tales centros se convertirán en componentes esenciales de la red RA I de Centros Climáticos Regionales.

Aplicaciones de la Información Climática y Productos para el Sector Agrícola

Los humanos requieren comida para vivir, y dependen del sector agrícola para obtener mucho de lo que es consumido. El sector agrícola puede bien ser el más grande empleador en el mundo, y es por lo tanto extremadamente importante para la economía global. En muchas regiones del mundo, la industria es altamente sensitiva a las fluctuaciones del tiempo y clima. La alteración de alguna de las partes de la cadena alimenticia puede resultar en terrible sufrimiento, pérdidas económicas e inestabilidad.

La variabilidad climática y, en particular, los extremos climáticos pueden tener impactos significativos sobre actividades tales como la agricultura, tanto en forma directa como indirecta. Sequías prolongadas afectan la producción agrícola llevando a la malnutrición e inanición tanto para la población humana como para el ganado. Las inundaciones pueden arruinar las reservas de comida, remover la fértil capa superficial del suelo y dañar por varias estaciones posteriores la producción de comida con similares impactos, contribuyendo significativamente a la severidad y extinción de la reducción de la producción de comida llevando con esto a una severa escasez. Las condiciones climáticas extremas pueden alterar la producción nacional de comida y consecuentemente afectar la seguridad alimenticia nacional.

Los productos de pronóstico de largo rango proveen información útil a los gobiernos y otros usuarios en la planificación de sus actividades agrícolas en una estación dada. La información oportuna sobre la pluviosidad esperada para la próxima estación ayuda a los agricultores de cultivos a decidir el tipo de semilla que plantar, en cuales áreas y en que tiempo de la estación. Los agricultores decidirán si siembran semillas resistentes a la sequía o de rápida maduración si están pronosticadas condiciones de sequía y otros cultivos para condiciones lluviosas. Los granjeros de ganado programarán el sacrificio, transporte y los calendarios de mercadeo, basándose también en las precipitaciones estacionales pronosticadas. El conocimiento previo de las condiciones estacionales esperadas a través de los Pronósticos de Largo rango, permite a los gobiernos hacer planes de acción, como por ejemplo almacenar suficientes reservas de comida para apoyar aquellas áreas que probablemente enfrentarán escasez de comida debido a la falta de precipitaciones.

Un pronóstico efectivo para granjeros apoyará la toma de decisiones que en última instancia mejorará el rendimiento a largo plazo de la empresa agrícola, sea incrementando las ganancias, por el mejoramiento de los indicadores de sustentabilidad (e.g. erosión, materia orgánica del suelo) o por la reducción de riesgos de producción (Meinke et al, in G.L. Hammer et al. (eds). 2000). Si bien la información de PLR tiene un elemento de incertidumbre, en particular para periodos de tiempo más largos, la retroalimentación de los granjeros que usan la información sugiere que la misma les da una orientación útil en la planificación. Una relación fuerte entre los productores de los pronósticos y el granjero, para el entendimiento de sus necesidades, y para el desarrollo de capacidades en interpretación de pronósticos probabilísticos fortalece la probabilidad de mejorar la toma de decisiones, sin embargo debe ser destacado que información confiable de tiempo y clima es solo uno de los factores de decisión a ser tomado en cuenta en el manejo de una operación de agricultura. Otros factores que pueden influenciar en las decisiones incluyen la percepción de riesgo de las pérdidas económicas, flujo de caja, control de malas hierbas y enfermedades, riesgo de degradación del suelo, y estilo de vida. Muchas decisiones deben encajar dentro de una plan estratégico agrícola total de modo que muchas decisiones son planeadas por varios meses por adelantado, y sus consecuencias observadas meses después (P. Carberry et al. en G.L. Hammer et al. (eds), 2000).

Temas críticos en la aplicación de la información climática para el sector de la agricultura incluyen el desarrollo de una ciencia que cruce varios sectores (lo que es conocido, lo que necesita ser investigado, etc.) y el desarrollo de los requerimientos para acceder a las bases de datos de clima y agricultura apropiados (y coordinación de la localización de los datos, escala, etc.). Otros asuntos críticos incluyen el desarrollo de herramientas y técnicas para alimentar a los GCM y productos de los modelos climáticos regionales, y datos locales detallados para estudios agrícolas y modelos de predicción y también para proyecciones climáticas bajo escenarios climáticos cambiantes. Los temas relacionados a aplicaciones exitosas para toma de decisiones dentro del sector incluyen realizar pronósticos de lo que el granjero necesita; reduciendo la confusión entre los usuarios debido a múltiples pronósticos de varias fuentes, echar abajo las barreras para la adopción de nuevos métodos (i.e., influenciar el conservadorismo del usuario); y reconocer y tratar las restricciones tanto de la producción como de los usuarios finales del proceso. El Programa Mundial del Clima, y especialmente la División de Aplicaciones Mundiales del Clima y CLIPS (WCAC) trabajan activamente con varios socios para considerar estos temas, y dar pasos para asegurar que las actividades agrícolas incluyan la creación de capacidad en clima/agricultura alrededor del mundo incluyendo la región Andina.

Conclusiones

Está claro que los Pronósticos de Largo Rango (PLR) para sectores específicos, si son proporcionados con suficiente tiempo, serían útiles al sector agrícola en proveer información que pueda ayudar a los agricultores y gobiernos a planificar las actividades agrícolas de la próxima estación. El PLR ayudará al sector agrícola a desarrollar sistemas de alertas tempranas relacionadas al clima como parte de las medidas de adaptación para lidiar con la variabilidad climática. Los pronósticos producidos hasta ahora han servido a la comunidad de usuarios. Si embargo hay aún mucho trabajo que es necesario para que los expertos climáticos mejoren la

precisión de los productos generados de los modelos de predicción, para reducir la escala y empaquetar la información para atender las necesidades de los usuarios y mejorar los nexos de comunicación entre los productores y los usuarios de esta información. La apropiada coordinación a nivel regional e internacional y entre instituciones y agencias relevantes se entiende que es un aspecto importante para tener éxito en el desarrollo y efectiva aplicación de los productos climáticos y pronósticos para varios sectores socioeconómicos incluyendo la agricultura.

Referencias

Buizer, J. L., J. Foster, y D. Lund, 2000: Global impacts and regional actions: preparing for the 1997-98 El Niño. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81, 2121-2139.

Hammer, G.L. et al.(eds), 2000 : Applications of Seasonal Climate Forecasting in Agriculture and Natural Ecosystems, The Australian Experience. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 469 pp.

International Research Institute for Climate Prediction, 2001: Coping with the climate, A way forward: preparatory report and full workshop report. A multi-stakeholder review of Regional Climate Outlook Forums concluded at an international workshop, October 16-20, 2000, Pretoria, South Africa, 168pp. Summary report and full report are available online at: <http://iri.columbia.edu/outreach/publication/irireport/PretoriaSumRpt2.html>

Kimura, 1999: Survey on the present status of climate forecasting. Unpublished report, World Meteorological Organization, 10pp.

McMichael, A. J., D.H. Campbell-Lendrum, C.F. Corvalan, K.L. Ebi, A. Githeko, J.D. Scheraga, A. Woodward, 2003: Climate Change and Human Health- Risks and Responses, World Health Organization, Geneva

NOAA/OGP, 1999: An experiment in the application of climate forecasts: NOAA-OGP activities related to the 1997-98 El Nino event. *NOAA/OGP Report*, 134 pp. [Available online from <http://www.ogp.noaa.gov/enso/retro/ensodoc.htm>]

O'Brien, K y C. Vogel, 2003: Coping with Climate Variability- The Use of seasonal Climate Forecasts in Southern Africa, ASHGATE

Patz, J.A., 2002: A human disease indicator for the effects of recent global climate change, *Proc. National Academy of Science. USA*, 99, No. 20, 12506 – 12508

Stern, P. C. y William E. Easterling, 1999: Making Climate Forecasts Matter. National Academy Press, Washington, D.C.

World Meteorological Organization, 2003: Report of the Climate Information and Prediction Services (CLIPS) Training Workshop for Eastern and Southern Africa, WMO-TD No. 1152.

World Meteorological Organization, 2003: Report of the Climate Information and Prediction Services (CLIPS) Workshop for Regional Association VI, WMO-TD No. 1164.

Aplicación de la Información sobre el Clima en la Agricultura de la Región Andina

José Daniel Pabón
Departamento de Geografía
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

Al tratar el tema de la estrecha relación entre el clima y el desarrollo de cultivos y pastos, se destaca la variabilidad y el cambio climático como factores que pueden incidir dramáticamente en la producción agropecuaria. De ahí la importancia de contar no solo con el conocimiento de las particularidades de estos en la región, sino también de disponer de información oportuna sobre el desarrollo presente y futuro de los procesos climáticos. Para los países andinos, cuya economía en una alta proporción (en promedio en cerca del 32%) depende de la agricultura, es de gran importancia disponer de conocimiento e información acerca del clima; esto último reduce la vulnerabilidad de los países ante la variabilidad climática y al cambio climático.

En la región existen diversas posibilidades para acceder a información climática actualizada y de predicción climática a partir de los Servicios Meteorológicos Nacionales y de Centros internacionales de análisis y predicción climática. Estos tienen características particulares en cuanto a las metodologías usadas y los productos emitidos, lo cual se señala en este artículo, en el que también se mencionan las necesidades de investigación y de fortalecimiento de los sistemas de observación y medición regional, así como la conveniencia de mantener sistemas adecuados de difusión de la información sobre clima para los agricultores, ganaderos y tomadores de decisiones en el sector agrícola y pecuario.

Introducción

En los países andinos (Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) la agricultura y la ganadería juegan un papel importante no solo como elemento de su seguridad alimentaria sino también como una base esencial de su economía. Aprovechando sus potencialidades biogeofísicas los países de la región se han especializado en la producción de uno u otro producto agropecuario, con los cuales han incursionado en el mercado internacional convirtiendo la exportaciones de los mismos en elemento fundamental de sus economías. Así, el café, el banano, la papa, la palma de aceite, el cacao, la caña de azúcar, entre otros, son fuentes de divisas y de empleo para los países de la región. No obstante, la producción agropecuaria se ve alterada de manera recurrente por diferentes factores, lo cual impacta la economía de los países andinos. Uno de esos factores es el clima que, con las fases extremas de su variabilidad o con la alteración de sus patrones (cambio climático), trae impactos negativos de consideración. Por esta razón, el conocimiento sobre el clima y la información sobre los procesos climáticos corrientes y futuros tienen gran trascendencia para cada uno de los países y en el ámbito regional.

Actualmente se dispone de conocimiento acerca de los patrones del clima regional, de la variabilidad climática y del cambio climático sobre los países andinos; es conveniente fortalecer este conocimiento mediante la investigación. No obstante es urgente incorporar a la práctica de las actividades socioeconómicas el conocimiento disponible sobre diferentes aspectos climatológicos regionales; esta urgencia es aún mayor para la agricultura. Por ello, se requiere elaborar productos con información climatológica que entere claramente al sector agrícola acerca de las condiciones climáticas corrientes (diagnóstico climático) y le oriente sobre las situaciones que se podrían presentar en el futuro (predicción climática) y que le puede afectar. Dicha información expresada de manera clara y de fácil asimilación, permite a los diferentes niveles del sector agropecuario tener una base para la toma de decisiones en planificación de corto y mediano plazo.

Hoy en día es posible encontrar este tipo de información en diferentes fuentes como los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), en Centros de Investigación públicos o privados de la región o extraregionales. Es necesario hacer conocer las diferentes fuentes de información y las características de sus productos a los agricultores, gremios de agricultores y a la comunidad agropecuaria en general. Sin embargo, al hacerlo hay que llamar la atención sobre el hecho de que, aunque la información disponible pueda parecer abundante, en muchos casos no está adecuada suficientemente para ser incorporada al sector. Por ello es conveniente explorar formas o mecanismos para mejorar la comunicación entre quienes generan la información climatológica y los usuarios del sector agrícola con el fin de que la información pueda ser fácilmente interpretada, asimilada e incorporada en el sector

Como una forma de avanzar en el proceso de superación de las dificultades expuestas hasta aquí, esta ponencia pretende sintetizar cada uno de los tópicos mencionados. Por ello a continuación se presenta una breve revisión conceptual de la relación clima-cultivo que pone en evidencia la necesidad de contar con conocimiento e información sobre el clima, la variabilidad climática y el cambio climático; posteriormente, se hace un resumen acerca del conocimiento de estos para la región y se menciona las fuentes donde la información climática está disponible; finalmente, se analizan aspectos relacionados con la difusión de dicha información

El Clima y el Desarrollo de los Cultivos

Uno de los factores que tiene gran incidencia en las actividades agrícolas y pecuarias es el clima; este último, a través de la relación clima-planta ejerce gran influencia en la producción de los cultivos; tanto cultivos, pastos y bosques como animales dependen del clima (ver detalles, por ejemplo, en *Thompson and Perry, 1997*). Obviamente, hay otros factores que inciden en el desarrollo de las plantas y particularmente de los cultivos, sin embargo, el clima es el factor mas variable y menos controlable. Las plantas se pueden desarrollar normalmente bajo condiciones climáticas adecuadas; cuando estas condiciones se alteran, se dificulta el proceso de desarrollo de la planta, lo cual implica alteraciones en la producción agropecuaria, que en ocasiones pueden ser considerables.

La relación clima y vegetación se puede presentar en un modelo conceptual como el que se sintetiza en el esquema de la Figura 1, en la cual se resaltan los componentes de la cadena causa efecto que se describen a continuación.

El clima se puede definir como las condiciones predominantes en el espacio atmósfera-superficie, las cuales están controladas por los factores radiativos (radiación solar y efecto invernadero), por la interacción de los componentes del sistema Tierra (atmósfera, litosfera, hidrosfera, biosfera y antroposfera) y por características fisicogeográficas (latitud, altitud sobre el nivel del mar, orografía, continentalidad, exposición a corrientes marinas y los elementos de la circulación general de la atmósfera) del lugar o región específica (ver cuadro de la derecha de la Figura 1). Estas condiciones predominantes se representan comúnmente con los valores medios de las variables meteorológicas, que al promediarlas se constituyen en variables climatológicas (cuadro del centro de la Figura 1).

Tanto las especies vegetales y animales, como el ser humano y la sociedad, se han adaptado a las condiciones climáticas predominantes en las diferentes regiones del planeta y sus fases de desarrollo están sincronizadas con la estacionalidad climatológica. Las labores agrícolas (prácticas culturales) se ajustan igualmente a las particularidades espacio-temporales del clima. Debido a ello se han conformado patrones de distribución de la vegetación, de los cultivos y de las actividades agropecuarias. Pero el clima no es constante, presenta fluctuaciones de diversa escala conocidas como variabilidad climática.

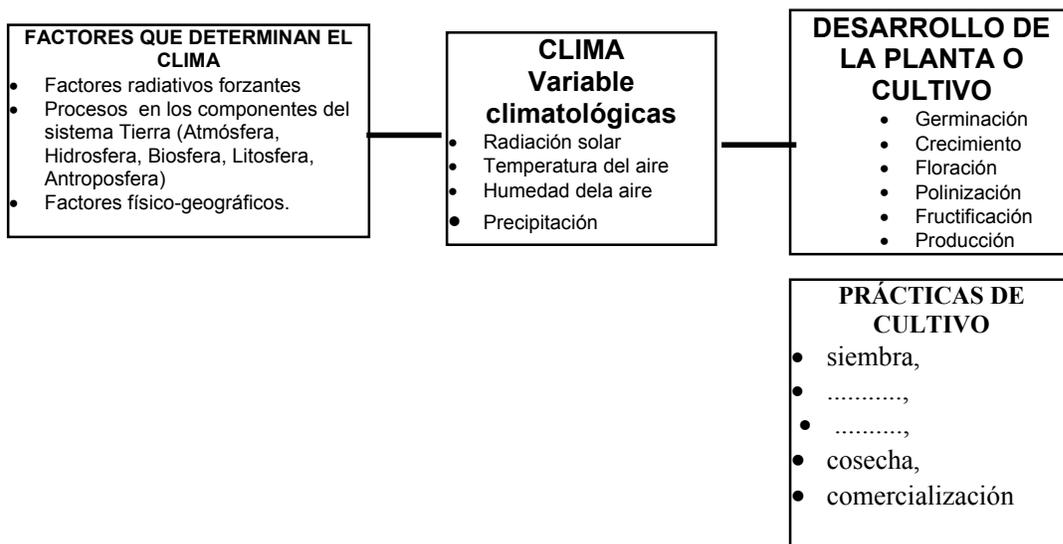


Figura 1. Representación esquemática de la relación clima - planta (cultivo) y agricultura en general.

La variabilidad climática consiste en las fluctuaciones de los elementos climatológicos alrededor de sus valores usuales (Pabón, 1997); generalmente se visualiza graficando la secuencia de las desviaciones de las variables climatológicas alrededor de su promedio multianual. La variabilidad climática puede desarrollarse en oscilaciones con recurrencia de meses, años y decenios. Como ejemplo, de variabilidad climática interanual se puede mencionar las fluctuaciones generadas por El Niño-La Niña Oscilación del Sur (ENOS), las cuales inducen la señal más destacada en dicha variabilidad. Las fases extremas del ciclo ENOS generan alteraciones temporales de las condiciones climáticas de una región, las cuales se manifiestan en anomalías de temperatura del aire y de precipitación, así como de otras variables climatológicas. Estas anomalías impactan las actividades socioeconómicas, en particular la agricultura y la ganadería trayendo como consecuencia fluctuaciones en la producción. En la Figura 2 se ilustra esta cadena causa-efecto en el caso del ciclo ENOS.



Figura 2. Esquema representativo de la cadena causa-efecto en la relación fases extremas de variabilidad climática y la producción agropecuaria, utilizando como ejemplo el ciclo ENOS.

De otra parte, las condiciones predominantes cambian en el largo plazo, desajustando los patrones de distribución espacio temporal de las variables climatológicas, lo que se conoce como **cambio climático**. Este último puede afectar las actividades socioeconómicas que se han establecido en una región, como la agricultura, tal y como se muestra en la Figura 3.

Lo anterior sustenta la necesidad de contar con conocimiento e información del clima para la planificación y el desarrollo de las actividades agropecuarias, lo cual no debe limitarse únicamente al conocimiento de los patrones de distribución espacio-temporal sino que debe incluir aspectos relativos a la variabilidad climática y al cambio climático. La combinación del conocimiento de los procesos climáticos y la información de seguimiento y predicción de los mismos son de gran ayuda para el sector agropecuario.

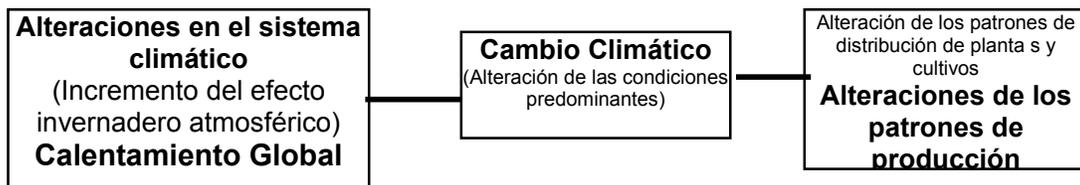


Figura 3. Representación esquemática de la forma como el cambio climático puede alterar los patrones de producción agropecuaria.

El **seguimiento del clima** el cual se hace a través de las redes de observación y medición como las del Sistema Global de Observación del Clima (SMOC) permite establecer la realidad en el desarrollo corriente de los procesos climáticos. Este sirve de base para establecer la disponibilidad real de la energía y la humedad necesaria para los cultivos, lo que sirve de base para la toma de decisiones sobre ajustes o correctivos necesarios. La información de seguimiento y los diagnósticos climáticos basados en ella son difundidos por los SMHNs y otras instituciones y resultan ser muy útiles para considerar en el sector agropecuario.

Para la planificación y el desarrollo de las actividades agropecuarias la **predicción climática** es de vital importancia. La *predicción* se refiere a un juicio anticipado sobre futuros acontecimientos o del futuro desarrollo de procesos, que en el caso de los climáticos va a horizontes de meses al año. Actualmente con el gran avance del conocimiento de los procesos climáticos y el progreso en la computación de alto desempeño se ha fortalecido la predicción climática estacional (a tres - seis meses) basada en modelos numéricos; también se utilizan otros métodos empíricos, estadísticos y esquemas que combinan diferentes tipos de modelos. Los productos de estos modelos y esquemas de predicción pueden ser muy útiles para el sector agropecuario; claro está que deben ser adecuados para uso como información para el sector.

¿Cómo está la región andina en cuanto a conocimiento sobre el clima, la variabilidad climática y el cambio climático, así como en información climática (seguimiento, diagnóstico y predicción) útil para actividades agropecuarias?

El Clima, la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en la Región Andina

El conocimiento sobre el clima de la región se ha incrementado durante el último decenio. Es posible encontrar la descripción de los patrones climatológicos nacionales y regionales en publicaciones de los diferentes países. Descripciones del clima de los países están disponibles en la mayoría de los SMHNs (algunos tiene disponible dicha información en su página Web, como se presenta mas adelante); también merecen mencionarse las publicaciones *CAF, 2000a, b, c, d*, así como *Pabón et al., 2001*. En cuanto a la variabilidad climática, se ha prestado especial atención a lo relacionada con el ciclo ENOS, tema que tiene una rica bibliografía en cada uno de los países de la región (en *CAF, 2000a, b, c, d* se tiene síntesis de ese conocimiento y lista de publicaciones de cada país); la variabilidad climática intraestacional ha sido poco estudiada aún, a pesar de los efectos e impactos considerables que puede tener el sector agropecuario. Sobre estudios de cambio climático regional se destacan los trabajos de *Hulme and Sheard, 1999* y *IPCC, 1997* e *IPCC, 2001*.

En la nota introductoria a este seminario se hace una breve descripción de las características más destacadas del clima regional. Este último esta determinado por la localización en el extremo occidental del continente suramericano, cubriendo principalmente la zona templada (latitudes medias) y tropical de Suramérica. En esta posición se ve afectada por factores fisicogeográficos como la exposición a los sistemas regionales de la circulación general de la atmósfera (como los alisios y la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), los Oeste de latitudes medias y la corriente chorro polar), la influencia de los océanos Pacífico, Atlántico y de la Amazonía.

Los patrones climáticos regionales han sido detalladamente descritos a nivel nacional y regional, en especial la distribución espacio-temporal de la precipitación y de la temperatura del aire, elementos climatológicos importantes para la agricultura. Resulta fácil confirmar que los patrones de producción agropecuaria regional (zonas especializadas en determinados cultivos, calendarios agrícolas, etc.) están estrechamente ligados a esa distribución espacio-temporal promedio de las variables climatológicas; esto se ha logrado ya sea empíricamente en el desarrollo histórico y mediante el uso del conocimiento tradicional o como producto del ordenamiento territorial y la planificación basada en argumentos técnico-científicos.

Así, de esta forma, diversas zonas en los países de la región se han especializado en determinado cultivo o actividad agropecuaria y año tras año repetitivamente buscan sacar el mejor provecho posible considerando que la condición climática está dada; normalmente se presta mayor atención a mejorar otras condiciones como suelos y sus nutrientes, tipos de semillas, etc. Pero, como se anotó arriba, el clima es variable y en ocasiones ocurren fases extremas de esa variabilidad que alteran los patrones climáticos regionales y pueden impactar dramáticamente la producción agropecuaria; para la región andina se tiene identificado que las alteraciones más destacadas del clima regional son las ocasionadas por el ciclo ENOS y por las ondas intraestacionales. Por ello, para el sector agropecuario es de trascendental importancia contar con información sobre las situación corriente (diagnóstico) y de predicción que le oriente sobre las condiciones presentes y futuras en el marco de esa variabilidad climática.

En el largo plazo, el sector agrícola y pecuario y a cadena de producción-distribución-consumo podrá ser afectada por la alteración de los patrones climáticos. Ya se han encontrado evidencia de dicho cambio climático en los diferentes países: aumento de la temperatura del aire, tendencias de largo plazo en la precipitación y, la evidencia más clara, el retroceso de los glaciares. Algunos estudiosos (*Hulme and Sheard, 1999*) han estimado que en la región la temperatura del aire podría aumentar HASTA EN 2° C en relación con la observada en el período 1961-1990 y que la precipitación aumentará en algunas regiones y disminuirá en otras. Estos cambios afectarán los países de la región y la agricultura no escapará; por ello es conveniente tener en cuenta qué podría pasar en el largo plazo con un cambio climático a fin de prepararse para reducir los impactos negativos y sacar provecho de situaciones que pudieran ser favorables.

La Información Climatológica disponible para la Región

El sector agrícola y pecuario de los países andinos disponen de información climatológica útil para sus propósitos. Diferentes organismos nacionales e internacionales se ocupan del suministro de la información. En la Tabla 1 se presenta una síntesis de las instituciones nacionales (especialmente SMHNs) y el tipo de información que difunden ya sea como información climatológica general o dentro de programas específicos de agrometeorología y agroclimatología.

Resulta conveniente llamar la atención acerca de que en cada país hay instituciones diferentes de los SMHNs que desarrollan investigación y realizan actividades operativas de seguimiento de los procesos climáticos y difunden información; no todas ellas son del sector agropecuario, sin embargo pueden producir información climatológica útil para la agricultura.

Instituciones de investigación como las presentadas en la Tabla 2, difunden información de seguimiento y predicción climática. Aunque esta información puede ser útil para el sector agropecuario, la misma es de difícil interpretación para un agricultor.

Tabla 1. Disponibilidad de información climatológica en los países andinos. La información de diagnóstico se divide en diagnóstico basado en el seguimiento del ciclo ENOS y de las ondas intraestacionales (OIE).

PAIS (Institución)	INFORMACION CLIMATOLÓGICA						
	Datos clima general	PATRON ES CLIMAT.	SITUAC · RECIEN TE	DIAGN OST ENOS	DIAGNO S OIE	PREDIC C. (ENOS)	PREDICC. (OIE)
BOLIVIA (SENAMHI)	X	X	X	X		X	
CHILE (Direcc. Met. Chile)	X	X	X	X		X	
COLOMBIA (IDEAM)	X	X	X	X	X	X	X
ECUADOR (INAMHI)	X	X	X	X		X	
PERU (SENAMHI)	X	X	X	X		X	
VENEZUELA (FF.AA. VV.)	X	X	X				

Sobre la Difusión de la Información

Como se desprende de lo anterior, en la región hay un buen soporte de información climatológica para el agro. Sin embargo, un análisis de las características de dicha información permite encontrar que la mayor parte son informes técnicos, boletines, artículos técnico-científicos en lenguaje que difícilmente puede ser asimilado por el agricultor para ser incorporado como base para toma de decisiones en sus actividades. Aún se requiere trabajar en documentos basados en un lenguaje de divulgación popular de la información de tal manera que el usuario del sector agropecuario se entere fácilmente de la situación climática.

Tabla 2. Información de seguimiento y predicción climática de instituciones internacionales que incluye a la región andina

CENTRO o INSTITUCION	SEGUIMIENTO		PREDICION
	ENSO	OIE	
International Institute for Climate Prediction (IRI), Internacional-USA	X		X
Centro de Previsión del Tiempo y del Clima (CPTEC), Brasil	X		X
National Ocean and Atmosphere Administration (NOAA), USA	X	X	X
Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) Estudio Regional del Fenómeno El Niño (EFRÉN)	X		X
Centro Internacional de Investigaciones sobre el fenómeno El Niño (CIIFEN)			

También es posible detectar que en la mayoría de los casos los informes no llegan al agricultor operativo, sino que se quedan en otras instituciones técnico-científicas, en las oficinas administrativas de asociaciones de productores o gremios. Aunque hay excepciones a esta regla general, es conveniente avanzar en hacer llegar la información en el lenguaje adecuado a

aquellos productores de campo. En este sentido, resulta conveniente explorar el medio de comunicación más adecuado: no todos los agricultores, tiene igual acceso a la TV, a la radio o al Internet, o a una publicación escrita de distribución periódica.

Igualmente es posible identificar que, aunque en algunos países hay avances en cuanto a la oportunidad de la información, muchos aún difunden la información con retardo. Esto hace que la utilidad y el valor de la información no sea el deseable.

A manera de conclusión

No basta con conocer la distribución espacial y el régimen anual de las variables climatológicas. Dichas condiciones no son constantes y son recurrentemente alteradas por fases extremas de la variabilidad climática intraestacional e interanual; estas últimas pueden afectar considerablemente la producción agrícola y pecuaria, por lo que es necesario conocer mejor esta variabilidad y disponer de información que permita prever el advenimiento de dichas fases extremas.

En los países de la región andina hay infraestructura de producción y difusión de información climatológica y de hecho hay información muy útil para el sector agropecuario. No obstante, se requiere fortalecer el sistema de observaciones para hacer seguimiento climático, desarrollar esquemas de predicción climática que involucren los diferentes procesos que intervienen en la variabilidad del clima y consolidar sistemas eficientes de concentración, procesamiento, análisis y visualización, así como de difusión adecuada y oportuna de la información.

Para mejorar el soporte al sector agropecuario es necesario desarrollar investigación sobre las ondas intraestacionales, sus particularidades regionales y subregionales, así como su efecto en la agricultura.

La región andina no será ajena a los efectos del cambio climático. La agricultura es uno de los sectores de la economía regional que podría tener impactos considerables. Es urgente desarrollar estudios sobre los posibles impactos del cambio climático en la agricultura regional, con el fin de que se puedan adoptar medidas que permitan reducir la vulnerabilidad del sector.

Bibliografía

Corporación Andina de Fomento (CAF), 2000a: Las lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Volumen II: BOLIVIA. Unidad de Publicaciones de la CAF. Caracas, Venezuela, 280 páginas.

Corporación Andina de Fomento (CAF), 2000b: Las lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Volumen III: COLOMBIA. Unidad de Publicaciones de la CAF. Caracas, Venezuela, 242 páginas.

Corporación Andina de Fomento (CAF), 2000c: Las lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Volumen IV: ECUADOR. Unidad de Publicaciones de la CAF. Caracas, Venezuela, 311 páginas.

Corporación Andina de Fomento (CAF), 2000d: Las lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Volumen V: PERU. Unidad de Publicaciones de la CAF. Caracas, Venezuela, 293 páginas.

Corporación Andina de Fomento (CAF), 2000e: Las lecciones de El Niño - Bolivia. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Volumen VI: VENEZUELA. Unidad de Publicaciones de la CAF. Caracas, Venezuela, 248 páginas.

Hulme M., Sheard N., 1999: Escenarios de Cambio Climático para Países de los Andes del Norte. Unidad de Investigación Climática, Reino Unido, 6pp.

IDEAM-MINAMBIENTE-PNUD, 2001: Colombia, Primera Comunicación Nacional ante la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá D.C, 307 páginas.

IPCC, 2001: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. **Chapter 13: Latinamerica.** Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. / McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S. (Eds)/. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Pabón J.D., 1997: Variabilidad Climática. En: *Técnicas Agrometeorológicas en la Agricultura Operativa de América Latina*. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra-Suiza. pp. 99-103.

Pabón J.D., Eslava J.A., Gómez R.E., 2001: Características de gran escala del clima de la América tropical. *Meteorología Colombiana*. No. 4, pp. 39-46.

Thompson R.D., Perry A., 1997: Applied Climatology. Principles and Practice. Routledge, London - New York. 352 p.

Avances recientes en Aplicaciones Agrometeorológicas a Nivel Global

Raymond P. Motha

*Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América
World Agricultural Outlook Board*

Introducción

El incremento en las demandas de producción de comida y la urgente necesidad de conservar los recursos naturales así como preservar el medio ambiente están poniendo un mayor énfasis en la agricultura sustentable. La Sustentabilidad en agricultura se relaciona con la capacidad de un ecosistema para mantener su producción en forma predecible a través del tiempo. Un concepto clave de sustentabilidad es la estabilidad bajo un conjunto determinado de circunstancias ambientales y económicas, incluyendo la preservación de recursos no renovables. La rapidez del desarrollo tecnológico y el grado en el cual las innovaciones tecnológicas son aplicadas al desarrollo de la agricultura influenciarán grandemente tanto la estabilidad como la productividad de la agricultura, silvicultura y pesquerías.

Se ha demostrado que un sector agrícola saludable es prerrequisito para un crecimiento económico sostenido tanto en países en desarrollo como en los desarrollados. Provisiones adecuadas de comida a bajo costo son esenciales para la disminución de la pobreza y el desarrollo económico. La agricultura es el empleador más grande del mundo y una de las actividades humanas más dependientes del clima. A medida que la productividad de la agricultura se expande, existe una creciente demanda para más información agrometeorológica oportuna y efectiva para aplicaciones en las haciendas. La información del tiempo es extremadamente importante para muchas decisiones tácticas tales como sembrado, cultivo, fumigación y riego, que son realizadas diariamente. La información del tiempo y clima es también valiosa para la toma de decisiones estratégicas tales como el tipo de cultivo, prácticas de manejo, y estrategias de mercadeo que están basadas en una planificación a más largo plazo. El manejo de la sequía y estrategias de mitigación así como la reducción de desastres naturales relacionados con eventos extremos del tiempo son también temas claves que afectan a la agricultura, silvicultura y pesquerías. Esto es especialmente verdad en esta región, la misma que es seriamente afectada por la presencia recurrente del fenómeno de El Niño. El impacto potencial de la variabilidad climática inducida por el hombre o la naturaleza y los cambios climáticos a largo plazo sobre la agricultura, silvicultura y áreas de pastoreo han creado nuevas demandas de información y evaluaciones por parte de los agrometeorólogos. Las implicaciones son enormes no sólo para los agricultores quienes dependen día a día del tiempo para su existencia, y los servicios de extensión de agricultura quienes están proporcionando el nexo entre las aplicaciones operacionales y los nuevos resultados de investigación, pero también para los tomadores de decisiones a nivel de políticas que son responsables por la seguridad alimenticia y decisiones de mercado para sus productos agrícolas.

Análisis Agrometeorológico

Es útil hacer la distinción entre datos e información. Datos son las observaciones en crudo, son bloques de construcción fundamentales necesarios para establecer información relevante. La información es luego usada para tomar decisiones. Para transformar datos en información, es necesario un procesamiento en un formato para decisión. Es en este contexto que los sistemas de información agrícola han ido creciendo rápidamente en años recientes. Productos informacionales son el marco para cualquier proceso de decisión basado en el conocimiento. La habilidad para integrar la información de fuentes interdisciplinarias utilizando nuevas tecnologías basadas en computadoras y telecomunicaciones crea una gran oportunidad para fortalecer el rol de los agrometeorólogos en muchos procesos de toma de decisiones. Información amigable al usuario es valiosa únicamente si ésta ayuda a la decisión o realza el conocimiento para decisiones futuras. La información puede estar en la forma de avisos a agricultores con respecto a

decisiones como la siembra o fumigación. La información puede ser usada también en sistemas de manejo de cultivos que los servicios de extensión proveen a la comunidad agrícola para el manejo de riesgos y adaptación de cultivos. La información puede también ser incorporada en las alertas de aviso temprano relacionadas a los campos de cultivo, seguridad alimenticia o implicaciones de mercado.

En el campo de la agrometeorología, desarrollos en la tecnología de computación y mejoras en las telecomunicaciones han contribuido a los sistemas de redes de observación, capacidades de procesamiento analítico y tecnologías de información para comunicación y disseminación. Innovaciones en comunicaciones y medios electrónicos, en particular las conexiones siempre en expansión en el cyber espacio a través de Internet y la World Wide Web, están cambiando la forma en que las personas recogen los datos, analizan los productos y distribuyen e intercambian la información. El potencial para fortalecer el intercambio internacional de ideas, conceptos, datos e información a nivel global esta expandiéndose rápidamente. La expansión del poder computacional disponible está haciendo más fácil que nunca la manipulación de los datos. Sistemas de Información Geográfica (SIG) y otras herramientas de modelación espacial están haciendo posible integrar factores biológicos, físicos y socio económicos en una forma holística.

Tecnología de la Estación de Tiempo Automatizada

El desarrollo rápido de las Estaciones de Tiempo Automatizadas (ETA), capaces de ser operadas en forma remota, y la instalación de redes de ETAs empezó en los años ochenta gracias a las nuevas tecnologías provenientes de la industria electrónica. Los componentes funcionales comunes para todas las redes ETA incluyen 1) sensores electrónicos, 2) sistema electrónico, y 3) equipamiento para telecomunicaciones (Tanner, 2001). Durante los últimos 20 años, las capacidades de rendimiento han mejorado significativamente con diseños simplificados y costos reducidos de los componentes electrónicos integrados. Mientras tremendos avances han sido hechos en la tecnología para ETA, sus aplicaciones han sido muy exitosas en los países desarrollados pero altamente limitadas en países en desarrollo. En los países en desarrollo, recursos financieros y humanos limitados, sistemas económicos frágiles, y métodos tradicionales de agricultura (en muchos casos, agricultura de subsistencia) difieren grandemente de las naciones desarrolladas. Sin embargo, con las metas de mejorar los sistemas de alerta temprana, proporcionando asistencia técnica durante la estación de cosecha, y mejorando los sistemas de producción, las ETA se pueden combinar con varios sistemas de datos existentes tanto como sea posible para desarrollar un sistema de tiempo integrado para agricultura. La característica más valiosa de las ETA son: costo relativamente bajo, simplicidad de uso, y confiabilidad. Una instalación y operación de inspección simples con equipamiento modular son preferibles. Por otra parte, los altos costos de inicio de operación, el requerimiento de entrenamiento, y la rutinaria inspección de mantenimiento de las ETA inhiben la instalación de las mismas.

Alguna forma de telemetría es requerida para transmitir datos desde las ETA hasta un data logger centralizado. La telemetría satelital es una buena solución a pesar de sus costos. Otro medio es la tecnología de comunicación denominada "meteor burst". La comunicación "meteor burst" usa la senda del gas ionizado de billones de partículas del tamaño de granos de arena ubicadas en la región de la atmósfera localizada entre los 80 y los 130 Km. de altura para transmitir señales de radio de regreso a la tierra (Schaefer y Paetzold, 2001). Estas señales generan una senda de comunicaciones sobre la tierra. Sitios remotos localizados en la senda pueden transmitir datos a la estación central. Esta técnica permite que se puedan efectuar comunicaciones entre un sitio remoto y una estación central separados hasta en 1.900 Km. En la estación central, los datos son chequeados para verificar que estén completos. Si están completos, un mensaje de recibido es enviado de regreso al sitio remoto dándole instrucciones de no transmitir nuevamente hasta la próxima toma de datos programada.

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA/NRCS), opera un sistema de recolección de datos hidroclimáticos de alta elevación para los cuerpos de agua más grandes de las montañas del oeste, llamado SNOTEL. SNOTEL usa la tecnología de comunicaciones "meteor burst" para obtener datos en sitios remotos

casi en tiempo real. Este sistema juega un rol clave en proveer casi en tiempo real información de precipitación, temperatura del aire y cobertura de nieve para pronosticar volúmenes de caudal. SNOTEL también proporciona información crítica a las agencias de administración de emergencias para mitigar efectivamente inundaciones, avalanchas, y otros eventos asociados con condiciones extremas de tiempo. Otro sistema ETA a nivel nacional que usa tecnología "meteor burst" es SCAN (Soil Climate Analysis Network). SCAN es también operado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, con el apoyo de la oficina del Economista en Jefe del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. La ETA mide humedad del suelo y temperaturas del suelo a diferentes profundidades así como también los parámetros típicos del SNOTEL. La red SCAN esta siendo empleada en áreas agrícolas para complementar otras redes para monitoreo de sequías, condiciones óptimas para sembrar en primavera, estado de la humedad del suelo, etc. Mientras que el costo de la estación central del "meteor burst" es alto, el hecho que una estación central pueda llegar hasta un sitio remoto ubicado a una distancia de hasta 1.900 Km. ofrece la oportunidad de unificar recursos regionales como una alternativa a ser considerada.

Es esencial sin embargo, que las redes de estaciones sean mantenidas y no permitir que se deterioren. Una red de observación modernizada, integrando estaciones tanto manuales como automáticas, puede proveer datos verdaderos en el sitio, necesarios para monitorear las condiciones actuales, para aplicaciones en modelos, y para operaciones de pronóstico. Mientras más densa sea la red, más confiable será la base de datos de observación para todos los usos.

Administración de Datos Agrometeorológicos

Los datos de tiempo y clima, recolectados de todas las fuentes, deben ser transformados en la información correcta necesitada por los tomadores de decisión para una variedad de aplicaciones. En agricultura y negocios asociados, avisos diarios son necesarios para actividades dentro de las granjas así como para la planificación agrícola a largo plazo. En investigación aplicada, información de tiempo y clima es requerida para un número de aplicaciones incluyendo simulaciones en modelos para rendimiento y fisiología de cultivos, manejo de plagas y riego; generadores de tiempo; y, análisis de escenarios. Finalmente, a nivel de gobierno, información de tiempo y clima es necesaria para la evaluación de cultivos, bosques, pastizales, y condiciones del ganado; irrigación y reservas de abastecimiento de agua; rendimientos de cultivo potenciales; y perspectivas de mercadeo.

Información del tiempo y clima es usada por agrometeorólogos para el manejo de riesgos de sequías e inundaciones, manejo de irrigación y suministro de agua, mapeo espacial del clima, probabilidades de heladas, fenología de cultivos, y patrones de cultivos basados en tendencias climáticas. Las observaciones forman la base para evaluaciones agrícolas, reportes, y publicaciones. Estas observaciones incluyen tanto parámetros básicos del tiempo como productos derivados. Pronósticos basados en estas observaciones proveen alertas tempranas para eventos episódicos inminentes que afectan a la agricultura, incluyendo inundaciones, sequías, tormentas severas, y olas de calor. Perspectivas a mayor plazo proveen orientación para análisis de escenarios, incluyendo el impacto de extremos y variabilidad climáticos.

¿Cuáles son las necesidades específicas de datos para la agricultura? Datos de humedad del suelo determinan siembra, cosecha, fertilización, irrigación, condiciones de crecimiento e índice s de estrés. Datos de temperatura del suelo son usados para determinar siembra, modelaje de cultivos, trasplante, y fertilización. La tasa de evaporación es necesaria para la programación de irrigación, balance de agua, cálculo de la evapo-transpiración potencial (ETP), y uso de agua para el cultivo. La velocidad y dirección del viento impacta el riesgo de incendios naturales y las fumigaciones. Datos de humedad relativa ayudan en la fumigación de cultivos, índice s de estrés de las cosechas y cálculos de ETP. Radiación solar se necesita para ETP y cálculos en la modelación de cultivos y ayudas para actividades de sembrado, crecimiento y cosecha.

Antes de discutir algunas herramientas analíticas para la información agrometeorológica, es importante mencionar brevemente la metadata, o datos acerca de los datos, y los requerimientos

de datos de entrada para el análisis de la información. Es esencial entender la historia de las observaciones registradas en cada sitio usado para el análisis, incluyendo el tipo de sensor, elevación, localización de las estaciones, sitio y cambio de sensores, etc. La falta de estos datos con respecto a la “meta base” puede sesgar el análisis, especialmente en términos de estudios de tendencias y patrones a largo plazo. Otros factores que inhiben el análisis agrometeorológico incluyen la densidad insuficiente de observaciones de datos en áreas agrícolas; el acceso oportuno a una base de datos comprensiva y en un formato listo para ser usado; la disponibilidad de datos en un formato no estandarizado que requieran software para ser convertidos; y la carencia de una base de datos climáticos unificada junto con un software para crear productos necesarios para análisis agrícolas.

El manejo de las bases de datos tanto agrícolas como meteorológicas (tiempo y clima) en la era electrónica/informática se ha vuelto más fácil, rápido y eficiente. Sin embargo, el manejo de los datos es quizás uno de los aspectos más críticos. Si datos de buena calidad son recolectados e información de buena calidad puede ser producida, pero hay un sistema de manejo de datos ineficiente, la obtención de los resultados puede ser obstaculizada rutinariamente. Existen varias áreas claves donde es necesario dirigir la atención cuando uno considera los requerimientos para el diseño de un sistema de manejo de datos (Doraiswamy et al. 2000). Estas áreas incluyen la recolección de datos, el procesamiento de datos, el control de calidad, archivos, el análisis de datos, la generación de productos, y la entrega de productos.

La USDA/WAOB/JAWF usa un eficiente Sistema de Manejo de Base de Datos (SMBD) para agricultura y tiempo que ha sido desarrollado utilizando Oracle, un paquete de software capaz de mantener una amplia base de datos (Puterbaugh et al. 2001). Con el fin de implementar adecuadamente este software y así imitar las capacidades del sistema operacional ya existente, fue necesaria la siguiente arquitectura de componentes: un servidor para la base de datos, un servidor para la administración; y un cliente. El servidor de la base de datos consiste de hardware y software de la base de datos, El servidor de administración es el vínculo de comunicación entre el cliente y la base de datos, Oracle usa el software Oracle Management Server (OMS) para manejar la administración de la base de datos. El OMS actúa como la fila para los requerimientos a la base de datos. El hardware para la OMS consiste de una computadora con más de 100 MB de RAM y un procesador de 100 MHz. También, el OMS requiere de un software en el lado del servidor de apoyo (i.e., Microsoft NT) como el sistema operativo. El cliente es generalmente cualquier computadora que hace una petición a la base de datos. Dependiendo del alcance de la adquisición y diseminación de datos, incluso más servidores de nivel medio pueden ser adicionados, incluyendo un servidor para la Web, para diseminar datos que son distribuidos directamente a la Internet.

El software para las aplicaciones en la WWCB está escrito en C/C++ e integrado dentro del ambiente de Microsoft Windows a través del uso de “Microsoft Foundation Classes”. A los datos se les hace control de calidad a través de análisis y son totalmente integrados dentro de otros paquetes basados en Windows como Microsoft Excel, para análisis adicionales y visualización.

Aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Con la proliferación de redes ETA y de tecnología mejorada para transmitir y procesar datos, acompañadas de computadoras de escritorio más poderosas, la habilidad para ver datos en una dimensión espacial se ha vuelto más viable. La tecnología SIG provee una herramienta valiosa para sobreponer información cartográfica con datos en base alfanumérica relacionados. La evolución de la tecnología SIG de una herramienta de investigación científica a un sistema de soporte productivo y operacional a nivel de computadora de escritorio lo convierte en un sistema de soporte de información agrícola práctico.

Los sistemas agrícolas son esencialmente complejos, con aire, agua, suelo, plantas, y animales interactuando en el agro-ecosistema. El SIG ofrece una capacidad única para fusionar cualquier número de estas bases de datos y facilitar el procesamiento y la visualización de las bases de datos de información. La tecnología SIG es usada de manera operacional en un formato amigable

para el usuario, empleando grandes cantidades de datos (tanto geográficos como alfanuméricos), por el World Agricultural Outlook Board (WAOB) Joint Agricultural Weather Facility (JAWF) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. JAWF utiliza esta tecnología para reuniones, presentaciones, reportes, y publicaciones. WAOB provee estimados oficiales del gobierno de bienes agrícolas, incluyendo producción de cultivos, suministros y comercio. El Estimado de Ofertas y Demandas Agrícolas Mundiales producido cada mes por WAOB, depende de las condiciones del tiempo en las áreas de cultivo, lo que influencia el progreso del cultivo, las condiciones y en última instancia a la producción. El SIG ha sido implementado operacionalmente para ampliar las capacidades analíticas por medio del mejoramiento de la habilidad para identificar y cuantificar las áreas de cultivo de interés; y, para ayudar a facilitar y automatizar el procesamiento de datos, análisis y visualización. La tecnología SIG tiene la habilidad de hacer requerimientos a las bases de datos meteorológicas operacionales (bases de datos rutinarias diarias de tiempo, bases de datos especiales de tiempo tales como ciclones tropicales y redes meso escala, y bases de datos climáticos históricas) y bases de datos agrícolas, incluyendo producción histórica de los cultivos, progreso observado de los cultivos y condición e inventario del ganado. De estas bases de datos, cualquier combinación de campos o áreas de cultivos puede ser superpuesta en una distribución espacial para su análisis y visualización.

Los análisis espaciales son extremadamente valiosos para analizar correctamente los datos y preparar evaluaciones precisas. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están siendo ampliamente usados para análisis espacial y visualización, y JAWF ha instalado un software amigable para el usuario, comercial, disponible en el mercado, para sus necesidades operacionales. El SIG fue implementado operacionalmente para fortalecer las capacidades analíticas, facilitando la automatización de los datos, procesamiento y visualización; mejorando la habilidad de JAWS para identificar y delinear área de preocupación, con respecto al impacto del tiempo sobre la agricultura (Shannon y Motha, 2002). Ejemplos de aplicaciones del SIG incluyen: mapas de contornos de precipitación, mapas de áreas de cultivos, mapas de progreso de cultivos, trayectorias de los ciclones tropicales sobrepuestos en áreas de cultivos. La tecnología SIG ofrece gran potencial como un sistema de soporte de información agrícola. La evolución de la tecnología SIG de una herramienta científica a un sistema de soporte de producción y operacional a un nivel de escritorio ha permitido operarla no solo en el gobierno o los negocios sino también en servicios de extensión agrícola y otros ambientes operacionales.

Un sistema de manejo de información agrícola puede ser implementado en una forma efectiva en relación al costo usando software comercial disponible en el mercado y computadoras de escritorio que utilicen esta tecnología SIG. El diseño conceptual básico de tal sistema es un set vertical de modelos en capa, con cada capa llevando a cabo un subset de funciones de manejo requeridas para intercambiar información con otra capa dentro de la arquitectura del sistema. Idealmente, cada capa es modular de tal forma que los cambios en una capa no impliquen hacer cambios en las otras capas. Un ejemplo de un sistema de manejo de información podría ser capas más bajas de datos de tiempo (actuales e históricos) y datos de producción agrícola (actuales e históricos) formando capas básicas de manejo de recursos. Las próximas capas superiores son capas de soporte de decisión las cuales pueden incluir modelos y productos para tomadores de decisión. Finalmente, las capas de manejo de aplicaciones proporcionan un medio para que el usuario tome una decisión basado en información de manejo integrada.

Tecnología de Sensores Remotos para Aplicaciones Agrícolas

La tecnología de Sensores Remotos ha avanzado en años recientes debido al mejoramiento de los sensores, hardware para computadoras, software, y servicios. La agricultura esta empezando a cosechar algunos beneficios de esta tecnología combinando tecnología de sensores remotos con SIG y sistemas de posicionamiento global (SPG), fortaleciendo grandemente el flujo de información para agricultura de sitios específicos.

El tipo de información disponible de tales tecnologías incluye: inventario de suelos, estrés de cultivos y detección de nutrientes. Investigaciones de suelos, encuestas y mapeo, son tres tipos específicos de aplicaciones en inventario de suelo usando sensores remotos. Investigadores y

administradores de granjas pueden usar esta información para definir mejor condiciones del suelo tales como la capacidad de retener agua, la erosión, y el contenido de materia orgánica. Imágenes de sensores remotos, si son accesibles dentro de un periodo de tiempo razonable, ofrecen medios de identificación prometedores del estrés del cultivo después que las plantas están sujetas a condiciones que alteran los patrones de crecimiento tales como deficiencia de nutrientes, erosión del suelo, daño por plagas, sequía, agua estancada o heladas. Técnicas de Sensores remotos pueden también detectar el estado de los nutrientes en el campo lo cual es de gran ayuda para el monitoreo del vigor del cultivo y para la aplicación de los nutrientes.

Sistemas de Información de Tiempo Agrícola

Datos agrícolas y de tiempo están integrados dentro de información relevante y oportuna para tomadores de decisiones por medio de la aplicación de estas herramientas analíticas a los sets de datos agrometeorológicos. Tecnologías de información y comunicación han avanzado para ofrecer este potencial al sector agrícola global para mejorar su eficiencia en la planificación y la toma de decisiones. Ejemplos de cómo la tecnología en computación está transformando los productos y la diseminación de la información son presentados.

Boletín Semanal de Tiempo y Cultivos (WAOB del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)

Como se ha mencionado antes, el World Agricultural Outlook Board (WAOB) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos provee en forma oficial estimados mensuales de producción de cultivos, suministro y mercado. Este estimado de oferta y demanda agrícola mundial depende del tiempo y su influencia sobre el progreso de los cultivos durante la temporada de crecimiento. Como parte de la responsabilidad de WAOB en el monitoreo del tiempo global, su Joint Agricultural Weather Facility (JAWF) publica el *Boletín semanal de tiempo y cultivos (Weekly Weather and Crop Bulletin, WWCB)*. El *WWCB* empezó como un resumen semanal de una página en 1872. Ha crecido sustancialmente a lo largo de sus más de 130 años de historia hasta un promedio de aproximadamente 35 páginas por boletín, incluyendo texto, tablas, figuras y varios mapas de eventos de tiempo agrícola que afectan las áreas de producción alrededor del mundo.

La demanda por una oportuna diseminación de información, unida a un mayor acceso del usuario a Internet y a la World Wide Web, incrementa las peticiones a JAWF para publicar este documento en un formato electrónico en lugar de la publicación en papel. El Sistema de Manejo de Base de Datos (SMBD) de JAWF y la tecnología SIG ofrecen una herramienta de manejo eficiente para procesar y analizar grandes volúmenes de datos, y publicaciones de escritorio se han convertido en una alternativa práctica y factible para las publicaciones en papel. Consecuentemente, el *WWCB* es ahora publicado y diseminado electrónicamente. La comunidad de usuarios recibe el *WWCB* mucho más rápido electrónicamente que por entrega postal. Adicionalmente, la información puede ser buscada y bajada en una manera oportuna a medida que sea necesaria. La conversión de publicación en papel a publicación electrónica ha sido altamente exitosa. Archivos históricos de la *WWCB* han sido escaneados para convertirse en parte de los archivos de datos basados en la red.

Monitoreo de Sequías

Otro ejemplo de como Internet es empleado de una manera operacional para redactar un borrador, editar y hacer el control de calidad de un producto de tiempo agrícola, es el Monitor de Sequías de los Estados Unidos (United States Drought Monitor). Este producto evolucionó como parte de una recomendación de la Comisión de Políticas Nacionales para Sequías en el año 2000 para ampliar la colaboración entre científicos y administradores para fortalecer la efectividad de la red de observaciones, monitoreo, predicción, entrega de información, y para fomentar un entendimiento público de la preparación para las sequías. El Monitor de Sequías de los Estados Unidos es un esfuerzo conjunto entre los Departamentos de Comercio (DOC) y de Agricultura (USDA) de los Estados Unidos, y el Centro Nacional de Mitigación de Sequías (NDMC), siendo publicado semanalmente en Internet (Motha, 2000). El Monitor sirve como un ejemplo excelente de un

esfuerzo compartido para juntar las diversas fuentes de datos de tiempo (varios tipos de redes de tiempo a todos los niveles) y compilarlas en un reporte nacional único y detallado de las etapas de la sequía de acuerdo al tipo de sequía (agricultura, agua, peligro de incendios forestales). En adición al mapa, el Monitor incluye un sumario del tiempo reciente que sea significativo, así como pronósticos de condiciones que podrían afectar la intensidad de la sequía en semanas venideras. El Monitor es puesto en el web cada semana del año.

Los autores del Monitor se rotan cada varias semanas entre las agencias colaboradoras. Cuando el primer borrador del Monitor es preparado, es enviado vía email a climatólogos estatales, hidrólogos, agrónomos, servicios de extensión agrícola, y personal del servicio forestal alrededor del país para sus comentarios y su aportación local. Existen plazos para recibir estas respuestas luego de lo cual un segundo borrador es preparado y distribuido nuevamente vía email para comentarios. Los comentarios finales deben ser recibidos el Miércoles en la tarde para cumplir el plazo del Jueves en la mañana, día en el cual se realiza la publicación final del Monitor de Sequías de los Estados Unidos. Este proceso ha sido muy exitoso y el número de contribuidores a los comentarios editoriales se ha expandido significativamente. El Monitor de Sequías esta siendo usado por muchas jurisdicciones locales y estatales como una herramienta significativa para monitorear sequías y declaraciones de emergencia de sequía.

Sistema Mundial de Información Agrometeorológica (SMIAM)

Reconociendo la necesidad para mejorar el acceso a productos agrometeorológicos para todos los miembros, CAgM inicio un proyecto para usar tecnología de Internet y un servidor basado en la Web para aplicaciones de tiempo agrícola. CAgM patrocinó un Taller Inter-Regional sobre mejoramiento de Boletines Agrometeorológicos, en Bridgetown, Barbados en Octubre del 2001, al cual asistieron 25 participantes de 21 países alrededor del mundo. De este taller, los participantes desarrollaron el concepto de un servidor centralizado para productos agrometeorológicos. Un Encuentro de un Grupo de Expertos en Aplicaciones de Internet para Productos Agrometeorológicos se efectuó en Washington, D.C., en Mayo del 2002 con la asistencia de 12 técnicos expertos de siete países.

Estos técnicos expertos desarrollaron un plan para implementar un servidor centralizado de web para actuar como servidor de los boletines agrometeorológicos nacionales, asesoramientos agrometeorológicos y módulos de entrenamiento agrometeorológicos. El servidor de web dedicado fue oficialmente nombrado Servicio Mundial de Información Agrometeorológica (World Agrometeorological Information Service, WAMIS). Para asegurar que los boletines, asesoramientos y módulos de entrenamiento estuvieran archivados y accesibles a toda hora, se acordó que servidores de respaldo deben ser establecidos de manera operacional para asegurar una total e impecable continuidad en la entrega de información alrededor del mundo. Servidores en Washington, D.C.; Seúl, República de Corea; y Florencia, Italia han sido establecidos y recientemente se volvieron operacionales.

WAMIS ofrece una gran oportunidad de asistencia para agricultores, administradores de negocios agrícolas y oficiales gubernamentales en sus procesos de toma de decisión, proporcionándoles de información relevante entregada por comunicaciones de Internet en una forma oportuna. Estableciendo y manteniendo líneas de comunicación abiertas entre proveedores y usuarios de la información un plan de acción sistemático puede ser desarrollado e implementado para enfrentar el impacto de los eventos El Niño sobre la agricultura, silvicultura y pesquerías.

Dos aspectos adicionales de WAMIS serán también clave para su éxito. Primero, entrenamiento y educación es un componente esencial. Como se ha mencionado, módulos de entrenamiento serán incluidos en los servidores para el beneficio de todos los miembros. Con el fin de optimizar completamente los beneficios de WAMIS, tanto los proveedores como los usuarios de los datos y la información (avisos y boletines) deben ser capaces de “hablar” y “entender” el mismo lenguaje. Segundo, recursos humanos y económicos son limitados. Formas de alcanzar la máxima eficiencia coordinando y combinando recursos son: compartir ideas, intercambiar experiencias, establecer normas estándar y formular recomendaciones para el mejoramiento de boletines entre regiones con necesidades comunes. Con un adecuado reconocimiento para las contribuciones y

un acceso mutuo a los productos, grandes logros pueden ser alcanzados más rápidamente gracias a un esfuerzo concertado y coordinado. Y, si la meta final es mejorar las alertas tempranas ante inminentes desastres naturales relacionados con El Niño, WAMIS puede ayudar a reducir los daños económicos a largo plazo.

Tendencias Futuras

Mientras la tecnología ha dado pasos rápidos en el desarrollo de la red ETA, transmisión de datos y capacidad de procesamiento, recursos analíticos y computacionales, y sistemas de entrega de información, parece cierto que el uso potencial de la autopista de la información para la agricultura recién ha empezado. La importancia del hardware y software de computación, infraestructura en comunicaciones y herramientas analíticas no puede ser exagerada. Sin embargo, consideraciones igualmente importantes serán dadas a las habilidades analíticas sofisticadas, conocimiento, sabiduría e interés de los tomadores de decisiones agrícolas. El rol de un asesor foráneo entrenado, tal como el personal del servicio de extensión, también se volverá cada vez más importante. El entrenamiento se volverá aún más esencial.

Infraestructura Global de Computación

Los sistemas de información modernos están contruidos con una arquitectura de multi-niveles que generaliza al tradicional servidor-cliente para convertirse en un modelo servidor-corredor-cliente. Un cliente es típicamente un usuario individual y provee la interfase para la entrada y salida del usuario. Clientes son usuarios o computadoras que necesitan recursos computacionales extras. Un servidor es un programa de computadora aislado que es típicamente multi-usuario y que en su más simple definición, acepta una o más entradas y produce una o mas salidas. Esta capacidad puede ser implementada completamente vía software en la máquina del servidor o requiere acceso a uno o más supercomputadoras, bases de datos u otros recursos de información. En un sistema distribuido, múltiples servidores y clientes, que están en general geográficamente distribuidos, están enlazados juntos. Los clientes y servidores se comunican por medio de mensajes para lo cual hay varios formatos estándar diferentes. En la lógica multi-niveles, un nivel medio o corredor permite a muchos clientes compartir y escoger entre los diferentes servicios. El corredor coordina la oferta y la demanda de los recursos computacionales.

El corredor computacional ofrece el potencial de formar una infraestructura computacional global más poderosa tal como lo describe Fox (2000). El corredor reúne y monitorea recursos, y los servicios requeridos para estos recursos. Un usuario interactúa con el corredor en dos vías, registrando o solicitando recursos. El corredor conecta clientes con servidores para realizar cálculos. Cuando un cliente requiere recursos, el corredor mapea estos hacia el próximo servidor disponible, usando un simple algoritmo "round robin". Una vez que el servidor ha sido seleccionado, el corredor recupera el applet del cliente (URL) y lo envía al servidor. Entonces el servidor empieza ejecutando y enviando el resultado directamente al cliente. Finalmente, después de finalizar la tarea, el servidor contacta otra vez al corredor y envía la señal de estar listo para nuevas tareas.

"Metbrokers" están siendo introducidos en aplicaciones agrometeorológicas en la actualidad y esta tecnología, junto con comunicaciones inalámbricas, ofrece aún más rápidos desarrollos en los años por venir. Datos de tiempo en línea varían ampliamente con diferentes formatos de archivos y accesibilidad. Uno de los gastos más grandes en los sistemas de manejo de datos tradicionales es el mantenimiento de archivos lo cual es proporcional al número de módulos de código. Metbrokers reducen el número de módulos de código y hacen que el aumentar bases de datos adicionales sea muy simple para la aplicación. Los Metbrokers proveen una interfase consistente para las bases de datos de tiempo, incluyendo metadata. El Metbroker puede manejar la administración firewall de los archivos de datos. Bases de datos nuevas pueden ser añadidas al sistema.

Internet Inalámbrico

Los proveedores de servicio inalámbrico ofrecen una nueva dimensión de servicio que complementa las características existentes de sus redes. Es una tecnología rápidamente creciente y sofisticada que abre otro canal de TI para aplicaciones agrometeorológicas en el futuro. Traer el poder de la computación a un aparato manual inalámbrico abre un nuevo gran mercado para el acceso a la información. Sin embargo hay algunas limitaciones y restricciones obvias en el ambiente de la comunicación comparado con redes cableadas. Debido a limitaciones fundamentales de potencia, espectro disponible y movilidad, las redes de datos inalámbricas tienden a tener menos ancho de banda, menos estabilidad en la conexión, y menos disponibilidad predecible. Los dispositivos de mano inalámbricos presentan un ambiente computacional más restringido comparado con las computadoras de escritorio. Los dispositivos de mano tienden a tener un CPU de menos poder, menos memoria (ROM y RAM), potencia de consumo restringida, visualizaciones más pequeñas, y diferentes dispositivos de ingreso (e.g., un teclado de teléfono, ingreso de voz, etc.). Debido a estas limitaciones, la interfase del usuario de un dispositivo inalámbrico es fundamentalmente diferente que aquel de la computadora de escritorio.

El atractivo de los dispositivos inalámbricos incluye su facilidad de uso, patrón de uso y orientación de la tarea. Dispositivos de computación inalámbricos pueden ser a menudo usados en un ambiente dinámico donde el usuario se involucra en múltiples actividades. Las aplicaciones generalmente están construidas para la mejor interfase de usuario posible. Se espera que el acceso inalámbrico a los datos esté disponible instantáneamente. Los suscriptores de Internet inalámbrico esperan que los dispositivos realicen sus tareas rápida y eficientemente. No se espera que sean usados para navegar por Internet. A medida que se desarrollan nuevas tecnologías para dispositivos inalámbricos, protocolos de redes y estándares de Internet, su aplicación en agrometeorología se convertirá más rápidamente factible y disponible.

Una tecnología de la información que actualmente está atrayendo más interés es la agricultura de precisión que combina Manejo de Cultivos para sitios específicos (site-specific crop management, SSCM) con la última tecnología (Harsh, 1998). El uso potencial para SSCM ha aumentado considerablemente con la venida de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) precisos y de bajo costo. Con GPS, es más fácil relacionar información de campo (e.g., mediciones en tiempo real de rendimiento, muestras de suelos, etc.) a una localidad en particular. Esta información puede ser usada para controlar la cantidad de entradas aplicadas para obtener un objetivo óptimo. Dispositivos de computación inalámbricos ofrecen en el futuro un potencial aún más grande para asistir en estas decisiones de manejo.

Sumario

Los desarrollos rápidos de la tecnología en el campo de la meteorología agrícola, que van desde innovaciones a las redes de estaciones de tiempo automáticas y sistemas integrados de manejo de bases de datos hasta mecanismos de información y comunicación, ofrecen amplias oportunidades para incrementar la eficiencia y productividad de los sistemas agrícolas. Muchos obstáculos deben ser vencidos, especialmente en países en desarrollo, para utilizar estas nuevas tecnologías. El incremento del acceso a la conectividad de Internet, y la expansión potencial de sistemas de computación distribuidos cliente-corredor-servidor, ofrece una gran oportunidad para ayudar a vencer algunos de estos obstáculos en un intervalo de tiempo mucho más corto, en una manera más eficiente y, a la larga, de una manera menos costosa.

Referencias

Doraiswamy, P.A., P.A. Pasteris, K.C. Jones, R.P. Motha, y P. Nejedlik. 2000. Techniques for Methods of Collection, Database Management, and Distribution of Agrometeorological Data. In *Agrometeorology in the 21st Century: Needs and Perspectives*. (M.V.K. Sivakumar, C.J. Stigter, y D. Rijks, eds.). *Agricultural and Forest Meteorology* Vol. 103: 83-97.

- Fox, G.C. 2000. Portals and Frameworks for Web Based Education and Computational Science. School for Computational Science and Information Technology and Department of Computer Science, Florida State University. <http://www.new-npac.org/users/fox/documents/pajavaapril00/>
- Harsh, S.B. 1998. Agricultural Information Systems: Current Applications and Future Prospects. Agricultural Information Technology in Asia and Oceania. The Asian Federation of Information Technology in Agriculture.
- Motha, R.P. 2000. Recommendations on Drought Monitoring by the U.S. National Drought Policy Commission. In Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management (D.A. Wilhite, M.V.K. Sivakumar, and D.A. Wood, eds.). Proceedings of an Expert Group Meeting. 5-7 September 2000, Lisbon, Portugal, WMO/TD No. 1037.
- Puterbaugh, T.L., B.P. Morris, H.D. Shannon, B.R. Rippey, M.D. Brusberg, y R.J. Stefanski. 2001. Weather Data Management and Software Applications at the USDA Joint Agricultural Weather Facility. In Software for Agroclimatic Data Management (R.P. Motha and M.V.K. Sivakumar, eds.). Proceedings of an Expert Group Meeting, 16-20 October 2000, Washington, D.C., USA, WMO/TD No. 1075.
- Schaefer, G.L. y R.F. Paetzold. 2001. SNOTEL (SNOWpack TELEmetry) and SCAN (Soil Climate Analysis Network). Evolution of Automated Weather Station Technology through the 1980s and 1990s. In Automated Weather Stations for Applications in Agriculture and Water Resources Management: Current Use and Future Perspectives. (K. Hubbard and M.V.K. Sivakumar, eds.). Proceedings of an International Workshop, 6-10 March 2000, Lincoln, Nebraska, USA.
- Shannon, H.D. y R.P. Motha. 2002. Application of GIS Technology for Agrometeorological Bulletins. In Improving Agrometeorological Bulletins (M.V.K. Sivakumar, ed.). Proceedings of the InterRegional Workshop, 15-19 October 2001, Bridgetown, Barbados, WMO/TD No. 1108.
- Tanner, B.T. 2001. Evolution of Automated Weather Station Technology through the 1980s and 1990s. In Automated Weather Stations for Applications in Agriculture and Water Resources Management: Current Use and Future Perspectives. (K. Hubbard and M.V.K. Sivakumar, eds.). Proceedings of an International Workshop, 6-10 March 2000, Lincoln, Nebraska, USA.

Predicción Climática y Agricultura

M.V.K. Sivakumar

*Organización Meteorológica Mundial
7bis Avenue de la Paix, 1211 Geneva 2,
Suiza*

Introducción

La agricultura y sus industrias asociadas son las fuentes primarias de comida y el mayor sector de empleo en la mayoría de los países en desarrollo. Se estima que el hambre está actualmente afectando a una de cada siete personas en el planeta tierra. En los países en desarrollo, más de 800 millones de personas, principalmente niños, están crónicamente sub-alimentados (FAO, 2001). Más de 80 países están actualmente clasificados dentro de la categoría de países de bajos ingresos y con déficit alimenticio. Al menos la mitad de estos se encuentran en el Africa Sub-Sahariana, mientras el resto se ubican en Asia, el Pacífico, el este de Europa, Latino América, el Caribe y el norte de Africa. Esta proyectado que para el año 2020, la población global va a exceder los 8 billones. Las actividades humanas no sustentables están disminuyendo la capacidad de los recursos naturales base para sustentar la vida. Como consecuencia degradación de la tierra, desertificación, deforestación y contaminación están ocurriendo en muchas regiones (Hassan y Dregne, 1997).

La producción agrícola es muy dependiente del tiempo, clima y la disponibilidad del agua, y es afectada negativamente por desastres relacionados con el tiempo y el clima. Por ejemplo, en muchos países en desarrollo donde la norma es la agricultura regada por lluvia, una buena estación lluviosa conlleva a una buena producción de los cultivos, una mejor seguridad alimenticia y una economía saludable. Una falla en la presencia de lluvias y/o la ocurrencia de desastres naturales tales como inundaciones y sequías pueden llevar a un fracaso en las cosechas, inseguridad alimenticia, hambruna, pérdidas de propiedades y vidas, migraciones masivas, y un crecimiento económico nacional negativo. Según un estudio realizado por la Corporación Andina de Fomento-Bolivia CAF (Jovel et al. 1998), el impacto de El Niño en 1997/98 fue significativo para Bolivia, con la sequía contribuyendo en un 53% del daño total de los \$ 527 millones sufridos por el país. Por lo tanto la variabilidad climática puede incrementar la falta de sustentabilidad de las condiciones de vida en todas partes (Magalhaes, 2000). Los agricultores en los sistemas de producción semi-áridos de las tierras altas de los Andes enfrentan una variabilidad climática caracterizada por sequías periódicas y los eventos El Niño Oscilación Sur (ENOS) (Valdivia et al. 2000).

Las condiciones climáticas extremadamente pobres y los desastres naturales dieron como resultado una marcada disminución en la velocidad de la razón de crecimiento de la producción agrícola alcanzando solo 1.8 por ciento en América Latina en 1998. Dos desastres naturales inusualmente severos tuvieron un impacto en la región en ese año: El fenómeno de El Niño, el cual afectó la región Andina en particular; y el Huracán Mitch, el cual provocó el peor desastre natural en América Central en más de 50 años. La producción agrícola en Sur América se incrementó sustancialmente en 1999 con comida y producción de ganado llegando a un porcentaje de 5.4 y 5.7 respectivamente (FAO, 2001) después de una razón de crecimiento de 1.8 y 0.7 por ciento en 1998. Pero hubo diferencias sustanciales entre los países en la región Andina. En Chile, la producción agrícola cayó en un 1.7 por ciento en 1999 debido a las sequías. Fuertes lluvias e inundaciones a finales del 1999 en Colombia causaron muchas muertes humanas y daños en los cultivos, especialmente de café. En Venezuela, lluvias torrenciales y fuertes inundaciones en Diciembre de 1999 causaron la muerte de cerca de 30 mil personas y daños en la agricultura. En contraste, Perú y Ecuador registraron razones de crecimiento de entre 13.5 y 19.4 por ciento en 1999.

La información presentada arriba confirma que año a año la variabilidad del clima afecta significativamente las fortunas agrícolas de los países Andinos. Los agricultores tienen que tomar

un número de decisiones cruciales en el manejo del agua y tierras durante cada estación las cuales están basadas en las condiciones climáticas y algunas veces estas decisiones deben ser tomadas varias semanas por adelantado. Vlek et al. (1997) cita la variabilidad climática, con sus riesgos resultantes de pérdidas financieras en años pobres, como la razón clave para la sub inversión en insumos de fertilizantes. Para hacer frente a tales desafíos, es importante integrar los temas de variabilidad climática en el uso de los recursos y las decisiones de desarrollo. El decrecimiento de la vulnerabilidad de la agricultura a la variabilidad climática natural a través de un más informado escogimiento de políticas, prácticas y de tecnologías reducirá, en muchos casos, su vulnerabilidad de largo plazo al cambio climático. Por ejemplo, en la región del Asia y el Pacífico, El Niño es asociado con cielos despejados y sequías, mientras La Niña es relacionada a cielos nublados e inundaciones (Centeno et al. 2000). La introducción de pronósticos estacionales del clima dentro del manejo de decisiones puede reducir la vulnerabilidad de la agricultura a las inundaciones y sequías causadas por el fenómeno ENOS.

Las aplicaciones en predicciones del clima y agricultura están basadas en la premisa que se debe tomar ventaja de las bases de datos actuales, incrementando el conocimiento sobre el clima y mejorando las capacidades de predicción para facilitar el desarrollo de información climática relevante y productos de predicción para aplicaciones en agricultura para reducir los impactos negativos debido a las variaciones del clima y fortalecer las actividades de planificación basadas en la capacidad desarrollada de la ciencia del clima.

¿Por qué necesitamos pronósticos del clima para agricultura?

Magalhaes (2000) argumenta que la variable climática debe ser tratada como un componente del capital natural legado de la región y como un factor que puede activar crisis que impactan a las personas, las actividades económicas y sociales, y el ambiente. Es por esto que la información de predicción del clima debe ser introducida en los procesos de planificación como un insumo al diseño de los planes de adaptación/mitigación. Hay varias buenas razones por las cuales debe ser tratada como tal y estas se listan a continuación:

La agricultura es el sector más dependiente del clima

La agricultura es el empleador más grande del mundo y es probablemente la más dependiente del clima de todas las actividades humanas (Oram, 1989). La agricultura es un sector importante para las economías de los países Andinos, y emplea el 29% de la fuerza laboral de Colombia, 32% en Ecuador, 35% en Perú, 43% en Bolivia, 14% en Chile y 13% en Venezuela. Muchos de los países producen cultivos para la venta tales como café, bananas, algodón, caña de azúcar, etc., destinados a la exportación mientras que los agricultores de subsistencia siembran maíz, arroz, trigo, cebada, papas, etc. En Colombia y Chile, las industrias de la madera y pulpa están sostenidas por los bosques. Información mejorada del tiempo y el clima podría hacer al sector más productivo.

La agricultura regada por lluvias continúa siendo un negocio riesgoso

La agricultura en muchas partes del mundo, especialmente en las regiones áridas y semi áridas de los países en desarrollo, continúa siendo un negocio riesgoso debido a que un insumo esencial, el clima, es altamente variable. En algunos países tanto como el 80% de la variabilidad en la producción agrícola es debido a la variabilidad de las condiciones del tiempo, y la variabilidad de la producción en agricultura tiene importantes e inmediatos impactos macroeconómicos. En contraste con Asia, el área bajo irrigación en vastas regiones de Africa es muy limitada y puesto que la producción agrícola es predominantemente alimentada por las lluvias, cambios inesperados en los patrones de lluvia se traducen en una producción de los cultivos variable.

Un pronóstico estacional oportuno de las condiciones favorables podría permitir a los agricultores ajustar los patrones de cultivo y uso de insumos con el fin de beneficiarse completamente de las condiciones favorables. También un pronóstico oportuno podría dar al sistema de mercadeo y a

los usuarios secundarios, tales como la industria del procesamiento de comidas, tiempo para prepararse para una cosecha abundante. (Arndt et al. 2000).

Es importante recordar que bajo condiciones de riego por lluvias, incluso un pronóstico poco confiable pero temprano puede ser más valioso que un pronóstico preciso pero tardío (Mjelde et al. 1998). Las ganancias se derivan del uso eficiente de insumos, principalmente nitrógeno, así como una mejor programación de las operaciones de las haciendas usando información anticipada del tiempo.

Los desastres naturales tienen un efecto devastador sobre la producción agrícola

La variabilidad climática y sus eventos severos del tiempo asociados, responsables de desastres naturales tienen un impacto enorme sobre el desarrollo socio-económico de muchas naciones especialmente los países en desarrollo. Un evento extremo severo puede retroceder el PNB de los países por varios años, por lo tanto obstaculizando el desarrollo sustentable. Un progreso sustancial ha sido hecho durante las últimas tres décadas para reducir la pérdida de vidas a través del incremento de alertas precisas y oportunas y de programas de toma de conciencia.

En los 20 años pasados, los desastres naturales han matado más de 3 millones de personas, producido lesiones, facilitado la propagación de enfermedades y desplazado más de 1 billón de personas. Los costos económicos anuales relacionados a desastres naturales han sido estimados en cerca de US\$ 50-100 billones. De hecho, en algunos años, las pérdidas económicas globales son mucho más altas, algunas veces alcanzando los US\$ 440 billones (Munasinghe, 1998).

Puesto que la agricultura de subsistencia continua siendo el principal modo de vida para millones de agricultores de pocos recursos en el mundo en desarrollo, la incidencia de desastres naturales tales como sequías e inundaciones lleva consigo consecuencias desastrosas para sus sustentos. Por ejemplo, la sequía en China en 2001 fue la segunda más extendida desde 1949, superada solo por el periodo seco de 1978. Habiendo afectado a 73 millones de hectáreas de tierras de cultivo. En Africa, más de 23 millones de personas están en riesgo de hambruna como una consecuencia de la continua sequía en el Cuerno de Africa, y en muchas partes del este y sur de Africa.

Si se toman medidas adecuadas para predecir y reducir los impactos de los riesgos naturales, estos pueden no resultar en desastres mayores. Los desastres ocurren cuando los riesgos dan como resultado impactos sociales inmensos que afectan vidas, sustentos, economías nacionales o locales y medio ambientes. Una mejor aplicación de la ciencia y tecnología, incluyendo la predicción y alerta temprana del tiempo inminente y los riesgos climáticos con un buen tiempo de adelanto, proveen la mejor solución para la minimización de las pérdidas de vidas y daños a las propiedades debido a desastres naturales. La información y transferencia de tecnología tienen un rol importante que jugar en las tres áreas críticas de preparación, respuesta efectiva y reducción de vulnerabilidades. Arndt et al. (2000) argumenta que si las sequías predecibles son menos malas que las sequías que ocurren aleatoriamente y el clima favorable predecible es mas benéfico que acontecimientos aleatorios de un clima favorable, entonces la información climática puede influenciar sustancialmente el valor de los recursos naturales.

La variabilidad extrema conlleva impactos multi-dimensionales

Quinn y Niell (1987) señalaron que un evento ENOS fuerte ha ocurrido cada 42 a 45 años, entre los años 1525 a 1983; pero los Eventos El Niño fuertes recientes parecen ocurrir más frecuentemente (1982, 1997). Los cambios en la frecuencia de eventos ENOS inducidos por el cambio climático tendrán consecuencias económicas. Estas consecuencias involucran cambios tanto en los niveles y variabilidad de los precios agrícolas como en la caída del bienestar.

Como las frecuencias e intensidades de los eventos extremos del clima continúan incrementándose, podría haber serias implicaciones para varias industrias tales como las industrias basadas en el agro incluyendo pesquerías así como el turismo, construcción, transporte y seguro. Como explicó Arndt et al (2000), lluvias inadecuadas o fuera de tiempo implican no solo

bajas cosechas, desperdicio de insumos y altos precios, sino también, en muchos casos inseguridad alimenticia o hambruna, importaciones de comida a gran escala, deterioro de la balanza de pagos, gastos gubernamentales sustanciales en programas para aliviar el impacto de las sequías, disminución de la demanda de bienes no agrícolas y migración rural-urbana.

Avances en la Ciencia Del Pronóstico Climático

Las variaciones climáticas, también llamadas anomalías, son diferencias de las condiciones normales en el estado del sistema climático (promediadas sobre muchos años, usualmente un periodo de 30 años) para esa época del año. Las variaciones climáticas a corto plazo son periodos de unos pocos meses hasta de unos pocos años que son inusualmente calientes o fríos (o húmedos o secos). El Programa TOGA (Océanos Tropicales y Atmósfera Global) fue el primer esfuerzo organizado para estudiar, entender, y predecir las variaciones de año a año del sistema climático dado que estas variaciones están fuertemente influenciadas por interacciones entre la atmósfera y las superficies subyacentes del océano y la tierra. El origen de los estudios empíricos y de predicción del Programa TOGA puede ser localizado en el trabajo de Sir Gilbert Walker, quien asumió el cargo de Director General del Observatorio en India en 1904. Walker, estableció la existencia de la Oscilación Sur como un patrón espacial global de variaciones climáticas interanuales con centros de acción identificables (Walker, 1924). Él sospechó que los procesos oceánicos eran responsables de la oscilación, pero no pudo explorar estas ideas con los datos disponibles en ese entonces (Walker y Bliss, 1932).

Bjerknes (1966) conectó las fluctuaciones de gran escala en la circulación de los Vientos Alisios en el sector del Pacífico tanto en el hemisferio norte como en el sur, a la Oscilación Sur. Basándose en evidencia empírica, Bjerknes hipotetizó que El Niño y la Oscilación Sur (ENOS) eran el resultado del acoplamiento entre la circulación atmosférica este y oeste en el sector del Pacífico y también al acoplamiento entre la corriente y la estructura térmica de la capa superior en el Océano Pacífico ecuatorial del este. En base de una hipótesis que enlaza la temperatura y las anomalías del viento, Wyrki et al. (1976) hicieron el primer pronóstico del ENOS. Seis grandes programas de campo oceánicos empezaron durante 1976-87 que proporcionaron una base de observaciones para lograr un mejor entendimiento del ciclo anual y de la variabilidad interanual de los tres océanos tropicales. Las características a larga escala de la circulación oceánica ecuatorial parecen estar conectadas a los cambios en el esfuerzo del viento superficial en escalas de tiempo mensuales-a-estacionales.

Aunque el ENOS era la señal más grande y coherente en el rango estacional-a-interanual, la conexión de anomalías de la temperatura superficial del mar en el Atlántico tropical con precipitaciones sobre el noreste de Brasil y el Sahel (Hastenrath y Heller, 1977; Moura y Shukla, 1981), y las conexiones de anomalías de la temperatura superficial del mar en el este del Océano Índico con anomalías de lluvias sobre Australia (Streten, 1983) también provocaron mucho interés.

El Programa de los Océanos Tropicales y la Atmósfera Global (TOGA) iniciado en 1985 (WCRP, 1985) proporcionó los muy necesitados datos para obtener una mejor descripción de los océanos tropicales y de la atmósfera global como un sistema independiente del tiempo, con el objeto de determinar el grado que este sistema es predecible sobre escalas de tiempo de meses a años y para entender los mecanismos y procesos que permiten esa predictibilidad. El programa estaba dirigido a estudiar la factibilidad de modelar el sistema acoplado océano-atmósfera con el propósito de predecir sus variaciones en escalas de tiempo de meses a años y proveer el respaldo científico para diseñar un sistema de observación y transmisión de datos para predicciones operacionales, si esta capacidad podía ser demostrada por el sistema acoplado océano-atmósfera. El mayor avance en modelaje del período TOGA fue la simulación con éxito del ciclo ENOS usando modelos acoplados de la atmósfera y el océano para la región del Pacífico tropical. El primer modelo acoplado exitoso del ENOS consistió de un modelo de la atmósfera tipo-Gill (Gill, 1980), con una convergencia de humedad mejorada (Zebiak, 1986) acoplado a un modelo oceánico reducido por gravedad con una capa de mezcla superficial incrustada (Zebiak y Cane, 1987). Esquemas de predicción del ENOS basados en modelos estadísticos fueron producidos por Graham et al. (1987a, b), Xu y von Storch (1990) y Penland y Magorian (1993).

El primer pronóstico de ENOS usando modelos numéricos acoplados fue hecho a inicios de 1986 (Cane et al. 1986). Barnett et al. (1988) compararon predicciones para 1986/88 hechas por el modelo de Zebiak y Cane con predicciones de los modelos estadísticos desarrollados por Graham et al. (1987a, b) y encontraron un rendimiento similar a tiempos de adelanto de 9 meses o menos. Evaluadas sobre un registro más largo, los rendimientos de los modelos dinámicos y estadísticos fueron comparables para tiempos de adelanto de 4 meses o menos, sin embargo las predicciones dinámicas son cada vez más superiores para tiempos de adelanto más largos (Latif et al. 1994). Una tendencia reciente es examinar el uso potencial de los Modelos Climáticos Regionales (MCR). Estos son modelos atmosféricos muy complejos que manejan solo una región relativamente pequeña (talvez del tamaño de Europa) pero con mucha más resolución de la que es posible usando los modelos globales actuales, y que usa condiciones de frontera suministradas por una pre-corrida de un modelo global. (Harrison, 2003). Es esperado que los productos de tales modelos puedan proveer detalles temporales y espaciales más grandes que los que están disponibles a partir de los modelos globales. Estaciones de Trabajo relativamente baratas, e incluso PCs equipadas con Pentium 4, son todo lo que es requerido para correr un MCR, un número de sistemas experimentales está ejecutándose en varios países con o sin otras capacidades numéricas usando condiciones de frontera suministrada por un centro global.

Es ahora conocido que el uso de modelos múltiples, cada uno ejecutando su propio ensamble a partir de diferentes condiciones iniciales, provee un mejoramiento en la habilidad que no dispone un modelo simple aislado. En Europa, bajo el proyecto DEMETER (Development of a European Multimodel Ensemble system for seasonal to interannual prediction: Desarrollo de un Sistema Europeo de Ensamble multimodal para predicciones estacionales a Interanuales), se están trazando planes para un sistema operacional usando múltiples modelos acoplados. Sistemas de modelos múltiples han sido examinados en Europa bajo los proyectos DEMETER, en USA bajo los proyectos DSP (Predicción Dinámica Estacional), internacionalmente bajo SMIP (Proyecto de Inter comparación de Modelos de pronóstico estacional), y está siendo establecido un nuevo centro de multi-organismos cuya sede está en Seúl, Sur Corea, la Red del Clima de Asia-Pacífico (APCN), el mismo que utilizará también insumos de los modelos múltiples (Harrison, 2003).

Los pronósticos ahora son libremente transmitidos alrededor del globo por Internet, a menudo directamente disponible a los usuarios, en una forma que puede ser usado por los SNMHs. Sin embargo en algunas partes del mundo la interpretación y entrega de la información de predicción climática ha sido promovida en mayor grado a través del desarrollo de Foros Regionales de Perspectivas Climáticas, en los cuales tanto los servicios meteorológicos como los usuarios agrícolas finales participan, más que a través de información disponible en Internet. Actualmente foros de perspectivas climáticas están siendo realizados en diferentes partes del mundo de manera regular para desarrollar pronósticos climáticos consensuales (Nyenzi, 2003). Estas evaluaciones climáticas regionales están basadas en un acuerdo consensuado entre pronósticos de modelos acoplados océano-atmósfera, modelos estadísticos basados en aspectos físicos, resultados de análisis de diagnósticos e investigaciones publicadas de la variabilidad climática sobre la región e interpretación experta de esta información en el contexto de la actual situación (Berri, 2000). Los pronósticos estacionales de precipitación son expresados en términos probabilísticos.

En una evaluación emprendida durante el año 2000 en nombre del Proyecto Servicios de Información y Predicción del Clima (Kimura, 2001), fue revelado que cerca de una tercera parte de los Miembros de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) tenían ya, o planeaban obtener en el futuro cercano, la capacidad para proveer alguna forma de predicción operacional estacional o interanual (SIP). Según Kimura (2001), desde lejos la mayoría de los modelos en uso predicen solamente por país en forma individual, siendo la lluvia el parámetro más popular a ser predecido, usualmente los pronósticos son para una única estación de tres meses (o una parte de este periodo) a cero anticipación, y en la vasta mayoría de casos se usan modelos empíricos.

Comunidad de Usuarios para Pronósticos Climáticos

Las suposiciones iniciales sobre el valor de los pronósticos climáticos fueron a menudo exageradas debido a la falta de entendimiento de la variedad de entornos entre los tomadores de decisiones y los usuarios. Una importante lección aprendida de esta década pasada de actividades en la aplicación de pronósticos climáticos es que los usuarios son diversos y no pueden ser fusionados dentro de un grupo homogéneo (Phillips et al. 2000). La comunidad de usuarios de los pronósticos climáticos puede ser entendida en su más amplio sentido que cubre el espectro desde instituciones y gobiernos hasta agricultores en el nivel de subsistencia. Las categorías de usuarios podrían variar desde la Comunidad de agricultores, Comunidad de Investigación, Cuerpos Gubernamentales, sector Privado, hasta Agencias Públicas e Internacionales.

Los productores primarios usan información climática para ayudarse con muchas decisiones en escalas estacionales e interanuales. Las decisiones se relacionan a: selección del cultivo (Ej. Trigo si condiciones buenas son esperadas; zahína si son secas); selección de fechas de cultivo (temprano o tarde al florecer); mezcla de cultivos, uso de fertilizantes, control de pestes y enfermedades; sincronización de la cosecha, calendario de irrigación, el área plantada de un determinado cultivo (y/o rotación de campos), tiempo y cantidad de labranza, y tasas de abastecimiento. La planeación estratégica y decisiones de mercadeo usan sobre todo la información climática para el año próximo.

Debe ser entendido que las necesidades de los proveedores de semillas y de los comerciantes de granos varían claramente de las de los agricultores a niveles locales. Aún a nivel de hacienda, las metas de los agricultores de subsistencia, es decir auto suficiencia y supervivencia son bastante distintas de las metas de maximización de ganancias de los agricultores comerciales. Es igualmente importante determinar cuidadosamente el grado de flexibilidad con el cual los diferentes grupos operan en la aplicación de los pronósticos climáticos. Como Phillips et al. (2000) explicaron, las haciendas familiares potencialmente tienen una flexibilidad algo mayor para cambiar las fechas de actividades críticas que aquellas que tienen que planificar por adelantado sus necesidades laborales o que tienen que considerar fechas límites de producción.

Dada la naturaleza de la diseminación de información del pronóstico climático y las complejidades asociadas con el entendimiento de la información del pronóstico y su aplicación en decisiones de manejo, Blench (1999) y Finan (1999) argumentaron que estos pronósticos serán probablemente útiles sólo para cierto tipo de productores, dado que no todos los agricultores pueden tener acceso ni utilizar la información. Según Blench (1999), los pronósticos son sólo relevantes para los productores que se ajustan al siguiente perfil: operaciones grandes y especializadas; grandes en recursos como educación, redes seguras e información; y que sean dependientes de las lluvias. Sin embargo, otros estudios muestran que también puede haber una correlación positiva entre el bienestar y la diversificación en áreas rurales (Ellis, 1998), implicando que no son solo los agricultores ricos quienes pueden beneficiarse de los pronósticos.

Prerrequisitos para el uso útil de los pronósticos

Hansen (2002) argumentó que el uso sostenido de la predicción climática para mejorar las decisiones también depende de una comunicación adecuada y de un apropiado soporte institucional y de políticas y elaboró una lista de cinco prerrequisitos para el uso efectivo de los pronósticos climáticos:

- Lo pronósticos climáticos deben tratar una necesidad que sea al mismo tiempo verdadera y percibida
- El beneficio depende de la existencia y entendimiento de opciones de decisión que sean sensibles a la información incremental que los pronósticos proveen, y compatibles con las metas y restricciones del tomador de decisiones

- La predicción de componentes relevantes de la variabilidad del clima en períodos relevantes, y en una escala apropiada, con suficiente exactitud y tiempo de adelanto para decisiones relevantes
- El uso de los pronósticos del clima requiere que la audiencia adecuada reciba e interprete correctamente la información correcta en el tiempo apropiado, en una forma que pueda ser aplicada a los problemas de decisión
- El uso operacional sostenido de pronósticos más allá de la vida de un proyecto requiere el compromiso institucional para proporcionar la información, el apoyo para su aplicación en la toma de decisiones, y políticas que favorezcan el uso útil de los pronósticos climáticos.

De lo anterior, Hansen (2002) identificó el siguiente grupo de asuntos claves que deben ser entendidos y tratados si los tomadores de decisiones agrícolas quieren cosechar los beneficios potenciales de la predicción climática:

- Tomadores de decisiones
- opciones de decisión
- predicción climática
- comunicación
- Ambiente institucional y de políticas

Beneficios del Pronóstico Climático para la Agricultura

El avance en la ciencia de pronósticos climáticos descrito arriba son desarrollos emocionantes para la agricultura. Una efectiva aplicación de un pronóstico climático estacional se define como el uso de información de pronóstico que lleva a un cambio en la decisión que genera resultados mejorados en el sistema de interés (Hammer y Meinke, 2000). Como Rosenzweig (2000) explicó, tener alguna noción de la probabilidad de ocurrencia de variables climáticas claves, especialmente precipitación, pero también temperatura, antes que la temporada empiece permite el desarrollo anticipado de estrategias agrícolas, y también puede ayudar a informar decisiones de mitad y fin de estación. Es importante recordar que el centro de atención está sobre decisiones y probables resultados, mas no en el pronóstico climático por si mismo.

A continuación se mencionan algunos de los beneficios percibidos del pronóstico climático en agricultura

Un pronóstico oportuno de condiciones climáticas favorables podría permitir a los agricultores ajustar los patrones de cultivo y el uso de insumos para beneficiarse completamente de condiciones favorables.

Puesto que los pronósticos climáticos son enunciados probabilísticos, las aplicaciones de pronósticos estacionales deben ser hechos dentro de un marco de gestión de riesgo (Hammer y Meinke, 2000). La información dirigida a una decisión de manejo específica podría ayudar a maximizar los beneficios de pronósticos climáticos. La información previa sobre la naturaleza de la estación lluviosa, es decir, por encima de lo normal, normal o por debajo de lo normal, podría ayudar a los agricultores a ajustar sus patrones de cultivos y uso de insumos para beneficiarse completamente de las condiciones favorables si estas fueran a ocurrir. Hansen (2002) informa acerca de agricultores de maíz en las Pampas de Argentina quienes incrementaron sustancialmente sus ingresos plantando más maíz anticipándose a las precipitaciones favorables asociadas con El Niño 1997-98. En un estudio de tres años sobre el uso proyectado y actual de los pronósticos de precipitaciones a lo ancho de un rango de zonas de precipitaciones en Zimbabwe, Philipps et al. (2000) mostraron que los agricultores en la región de altas precipitaciones recortaron las áreas plantadas de todos los cultivos en espera de un año muy húmedo en 1998/99 para así minimizar las pérdidas de producción, mientras agricultores en las áreas secas tomaron ventaja de la esperada estación lluviosa para incrementar sustancialmente el área plantada para aumentar la producción total de la hacienda tanto para cultivos para comida como para los generadores de efectivo.

Las herramientas para el pronóstico climático estacional son cada vez más usadas en el manejo de riesgos para sistemas de cultivos anuales tales como el de maní (Meinke y Hammer, 1997), maíz (Meinke y Hammer, 1997), trigo (Hammer et al., 1996) y algodón (Dudley y Hearn, 1993).

Un pronóstico oportuno podría dar al sistema de mercadeo y a los usuarios secundarios tiempo para prepararse para una cosecha abundante

Después de los casos de estudio iniciales sobre aplicaciones de los pronósticos climáticos a la agricultura a nivel de campo, ahora se está incrementando la atención en cómo estos pronósticos podrían ayudar a la industria de procesamiento primario en el aumento de sus ganancias. A través de un simple análisis de costo beneficio, Lumsden et al. (2000) mostraron que el uso de los pronósticos climáticos estacionales podría dar pie a los más grandes beneficios económicos para la industria del azúcar en África del Sur. Los pronósticos climáticos estacionales, acoplados con modelos de simulación de cultivos, presentan a la industria del azúcar la posibilidad de obtener pronósticos mejorados de producción de la cosecha. A escala del área de suministro de molinos, los pronósticos podrían ser aplicados en la planificación de las operaciones del molino tales como la determinación de las fechas para abrir y cerrar los molinos, calendario de transporte y en la determinación de tarifas de molido y extracción. Everingham et al. (2002) también mostraron que hay la necesidad de sistemas de pronóstico climático para tomar en cuenta las necesidades cambiantes de las industrias de caña de azúcar.

Un estudio para el “Foresight Food Chain and Crops for Industry Panel” del Reino Unido (Foresight Steering Committee, 2001) mostró que hay beneficios potenciales enormes para los negocios de cadenas de comida a través de una mejor toma de decisión basada en pronósticos estacionales. El estudio encontró que la industria de productos congelados parece ser que más se presta para beneficiarse de los pronósticos estacionales. En el caso de la remolacha, el estudio mostró que una gama de decisiones podrían beneficiarse de pronósticos de tiempo hábiles, incluyendo fechas de sembrado, calendario y uso óptimo de agroquímicos y fechas para las campañas de procesamiento. Fue encontrado que por lo general mientras más perecibles y sensibles al tiempo sean los cultivos más grande es el beneficio potencial del uso de los pronósticos estacionales.

Las lecciones claves aprendidas de este enfoque incluyen la necesidad para un enfoque participativo de Investigación y Desarrollo con los involucrados y la necesidad de considerar la cadena de valores de la industria en su totalidad. El aprendizaje más importante fue que tenemos que ir más allá de la “ciencia” de la climatología y conectarla con procesos de implementación participativa para entender los beneficios del conocimiento emergente para la industria. Las ganancias de los pronósticos climáticos a las economías con capacidades sustanciales de procesamiento de productos primarios podrían ser mucho más grandes que para la etapa temprana del desarrollo de economías que son básicamente dependientes de los productos primarios.

Pronósticos climáticos anticipados y fiables podrían permitir acciones de parte de los actores económicos y gobiernos para idear estrategias de contingencia

Las variaciones del clima intra e inter-anales pueden llevar a eventos climáticos tales como sequías, inundaciones, ciclones, heladas, etc., los cuales impactan a la sociedad, economía y medio ambiente. El éxito de las estrategias para enfrentar tales eventos depende de la acción oportuna y rápida de parte de los gobiernos y otros actores activos en la economía nacional. Pronósticos climáticos estacionales e interanuales proveen información anticipada que podría ser bastante valiosa en regiones que son vulnerables a las sequías, inundaciones, etc. Dado que los impactos de estos eventos dependen de la intensidad de los mismos, la información sobre la probabilidad de ocurrencia de esos eventos como es proporcionada en los pronósticos climáticos puede ser muy útil para los gobiernos, organizaciones no gubernamentales así como la sociedad civil en general trabajando juntos en el desarrollo e implementación de estrategias efectivas de preparación y mitigación.

Casos de Estudio sobre Aplicaciones de Pronósticos Climáticos

El proyecto CLIMAG (Predicción Climática y Agricultura) es un proyecto internacional iniciado por START (Sistema de Cambio Global para Análisis, Investigación y Entrenamiento; parte de IGBP, el Programa Internacional Geosfera-Biosfera), en conexión con el WCRP e IHDP (Programa Internacional de Dimensiones Humanas). Tiene el objetivo de aplicar predicciones de la variabilidad climática sobre escalas de tiempo de un mes a un año para el manejo de cultivos y la toma de decisiones con el fin de incrementar la productividad agrícola desde la escala de una hacienda hasta escalas nacionales. En un encuentro llevado a cabo en la sede de la OMM en Septiembre de 1999 las actividades actuales en SIP y aplicaciones agrícolas fueron revisadas y proyectos pilotos construidos sobre experiencias e instalaciones fueron propuestos para América Latina, el sur de Asia y Africa (Sivakumar, 2000).

Como parte del programa más amplio de CLIMAG, APN y START apoyaron un proyecto de investigación multidisciplinario para evaluar el potencial de los pronósticos climáticos estacionales para reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática en Asia del Sur. Usando un enfoque analítico de sistemas en el sur de la India y en el norte de Pakistán, el proyecto demostró que la administración de los sistemas de cultivos puede ser alterada por medio de la adaptación a la subyacente variabilidad climática. Usando un enfoque de investigación participativo, el equipo del proyecto recogió datos de línea base para los sitios de los estudios de casos en India y Pakistán. Interacciones con grupos de agricultores en los sitios del proyecto indicaron que los pequeños usuarios están desde su propia perspectiva, en posición de poder beneficiarse de los pronósticos climáticos estacionales. Ellos expresaron un entusiasmo fuerte por el proyecto, y demostraron una conciencia sofisticada de la variabilidad climática y la relevancia de la predicción climática para sus decisiones. El análisis de los sistemas agrícolas para el norte de Pakistán mostró considerable potencial para intensificar el actual sistema trigo-sin cultivar-trigo introduciendo granos de leguminosas dentro de la rotación. Estudios de sensibilidad mostraron que un pronóstico estacional habilidoso podría ser muy importante bajo diferentes escenarios de costos/precios. Estas conclusiones demostraron la importancia de los enfoques analíticos de sistemas para decisiones de políticas. En los dos sitios de estudio en Tamil Nadu, India, cultivos de algodón y maní –actualmente dos de los cultivos más rentables - son sensibles a la escasez de precipitaciones en diferentes periodos. El estudio mostró considerable potencial para incrementar el promedio de ingresos y para reducir el riesgo, adaptando las asignaciones de tierra de las granjas para estos cultivos, a los pronósticos estacionales. En años de IOS positivo el maní superó al algodón en el 70% de los años, pero la diferencia en ingresos puede aun estar en el rango entre -15,000 a +15,000 Rs/ha. Sin embargo bajo condiciones descendientes del IOS el maní tenía solo una ventaja menor en el 40% de los años (hasta 3,800 Rs/ha). Tal información provee bases importantes para decisiones bien informadas de selección de cultivo.

Basados en el éxito del estudio piloto CLIMAG de Sur Asia, una red interdisciplinaria titulada RES AGRICOLA (“negocio de agricultores” en Latín), ha sido desarrollada y utilizará la destreza colectiva de la comunidad de investigación global para desarrollar sistemas de agricultura ‘resistentes’. RES AGRICOLA es concebida como una red de agricultores, científicos, asesores de políticas, especialistas en extensión y otros involucrados interesados en conectar el clima, la ciencia agrícola y la toma de decisiones. Actualmente apoyo financiero semilla ha sido obtenido de APN, START y NOAA-OGP.

El IRI, una organización que ha sido un contribuyente importante para el proyecto CLIMAG revisado arriba también tiene un programa de actividades agrícolas en varias partes del mundo, tanto dentro como fuera del paraguas de CLIMAG. Estudios pilotos en varias partes del mundo con varios cultivos y sistemas de cultivos han indicado que, mientras que aún es muy temprano para ser completamente específicos acerca del valor potencial de las predicciones climáticas para la agricultura, hay razones para ser optimistas en lo concerniente a futuras oportunidades producto de investigaciones adicionales (Hansen, 2002).

Un proyecto internacional es enfocado más hacia el planeamiento agrícola a escalas regionales. Fundado en parte por la Comunidad Europea, PROMISE es un esfuerzo combinado entre 13 organizaciones Europeas, CPTEC, IITM, IMTR y LASG, para examinar el potencial de la

predicción estacional y los beneficios que acumularía en términos del manejo de recursos hídricos y agricultura. Un objetivo secundario equivalente trata con el cambio climático. El proyecto se enfoca principalmente en las regiones del monzón y tiene un sustancial componente de modelaje, tanto climático como de aplicaciones.

Mullen (2003) proporcionó una excelente descripción de estudios de casos en Australia donde varios sitios web proveen una combinación de productos de monitoreo climático así como información de perspectivas que pueden ser usadas por aquellos en agricultura – notablemente, el Bureau web site (www.bom.gov.au), SILO (www.bom.gov.au/silo), Queensland Department of Primary Industry (QDPI) Long Paddock (www.dnr.qld.gov.au/longpdk/) entre otros. El proyecto Aussie GRASS (Australian Grassland and Rangeland Assessment by Spatial Simulation) también proporciona información climática y de recursos específicamente para evaluación y manejo de pastoreo vía web (<http://www.nrm.qld.gov.au/longpdk/AboutUs/ResearchProjects/AussieGRASS/>). Trabajo reciente ha sido enfocado en trasladar estas perspectivas climáticas basadas en probabilidades en herramientas que puedan ser usadas por el agricultor. Esto ha incluido proyectos usando modelos de simulación agrícola, desarrollo de programas de software para análisis de escenarios, talleres de entrenamiento así como servicio “interactivo” semanal a través de respuesta con fax. La Unidad de Investigación de Sistemas de producción agrícola en Queensland ha desarrollado una herramienta de software, ‘Whopper Cropper’, para ayudar a predecir el riesgo de producción que enfrentan los cultivadores. Esta combina un pronóstico climático estacional con modelamiento de sistemas de cultivo para ayudar a los productores a escoger las mejores opciones de manejo. Los agricultores pueden investigar el impacto de cambiar las fechas de siembra, población de plantas, tasa de fertilizador de nitrógeno y otras variables. Esto provee un sistema de soporte de discusión para futuras decisiones de manejo. QDPI ha desarrollado un Regional Commodity Forecasting System (RCFS) que combina el IOS con un modelo para trigo basado en el índice de estrés del condado. El sistema evalúa la probabilidad de exceder la mediana de largo plazo del rendimiento de los campos del condado, y tiene potencial para el uso de pronósticos estacionales en predicciones de bienes para soporte de políticas de gobierno y para toma de decisiones en la industria. El sistema fue diseñado principalmente en relación con las necesidades de políticas y está cerca de hacerse operacional para este propósito.

Meinke & Hochman (2000) presentan un estudio de caso de toma de decisión táctica para un agricultor de grano/algodón de tierras secas (DCF) en el sur de Darling Downs, Queensland. DCF ha usado pronóstico climático en las decisiones tácticas de manejo de cultivo por varios años y recientemente ha intensificado y racionalizado sus esfuerzos. La toma el pronóstico estacional en cuenta para todas sus decisiones de manejo y apunta a incrementar la proporción de algodón en su sistema rotacional sin comprometer la sustentabilidad a largo plazo. Este enfoque apunta a maximizar la rentabilidad de toda la operación de la hacienda.

El Servicio Meteorológico de Fiji (FMS) corre un modelo de predicción, conocido como el FMS Rainfall Prediction Model (RPM), basado en esquemas que ha sido ejecutados en el Centro Nacional del Clima del Bureau de Meteorología de Australia (NCC). Estos son esquemas estadísticos basados en la relación entre el IOS y los subsecuentes tres meses de pluviosidad total. Los pronósticos iniciales fueron para las divisiones occidentales y del norte de Fiji, volviéndose operacionales en Julio de 1999. En Marzo del 2000, este modelo fue modificado por Fiji para incluir veinticinco sitios individuales cubriendo todas las cuatro divisiones en Fiji. En cada caso la probabilidad de pluviosidad baja, media y alta en el siguiente periodo de tres meses es proporcionada. Hay dos sets de pronósticos para cada sitio: el primer esquema usa el IOS promediado sobre el periodo de tres meses más reciente y el segundo esquema usa el IOS promediado del periodo más reciente de seis meses precedentes al periodo del pronóstico. Solo los resultados del primer esquema de RPM's han sido incorporados en el Sumario Mensual del Tiempo de FMS desde Enero de 1999.

En Indonesia, las condiciones secas relacionadas a El Niño 1997-98 condujeron a daños a gran escala principalmente debido a fuegos forestales incontrolables en Sumatra y Kalimantan. El ENOS puede tener implicaciones significativas para los sectores agrícolas y de seguridad alimenticia. Este es un tema muy importante para el gobierno, el cual está luchando aún por superar una crisis económica. Los pronósticos indicando el posible comienzo de un evento El

Niño estaban disponibles para el Bureau Indonesio de Meteorología y Geofísica (BMG) tan pronto como finales de 1996. BMG incorporó esta información dentro de los pronósticos climáticos estacionales para la estación seca para todo el país, el cual fue distribuido a todos los sectores de usuarios a niveles nacionales y provinciales en Marzo de 1997. La información del pronóstico fue comunicada a través de la red de información existente, utilizada para funciones administrativas rutinarias.

Como una iniciativa del Gobierno del Reino Unido, el proyecto Pronóstico Estacional del Tiempo para la Cadena Alimenticia probó ser extremadamente exitoso (Foresight Steering Group, 2001). Aunque ejecutado en un país con una predictibilidad estacional relativamente limitada, las conclusiones de tres de los cuatro sub-proyectos (enfocado en campos de vegetales, remolacha dulce y tomates – manzanas probaron ser la excepción) fueron que valor podía ser obtenido de las predicciones. En campos de vegetales, bajo el cual guisantes y “baby leaf salads” tuvieron el mayor enfoque, los mayores beneficios parecen estar en el sector de productos congelados. Numerosas decisiones operacionales podrían beneficiar potencialmente el crecimiento de la remolacha dulce, incluyendo varios aspectos de programación así como la planificación en el uso de agroquímicos, mientras que los cultivadores de tomate se beneficiarán de la integración de pronósticos en un rango de escalas. Solo en el crecimiento de manzanas y las cadenas de proveedores parece que no hubo beneficio de los pronósticos. Una conclusión importante del proyecto merece mencionarse. Se concluyó que el beneficio óptimo fue obtenido a través de acciones basadas en los pronósticos coordinadas a lo largo de la cadena alimenticia más que teniendo a todos los involucrados tomando decisiones independientes.

Estrategias Sugeridas para Fortalecer las Aplicaciones Agrícolas de Predicciones Climáticas para los Países Andinos

Mientras los eventos ENOS han estado ocurriendo a frecuencias mas o menos regulares en los países Andinos durante varios siglos pasados, el evento 1997-1998 puede ser visto como significativo en términos de que creó la necesidad de tener una conciencia anticipada sobre su incidencia tanto entre las poblaciones como en los hacedores de políticas. El tiempo es claramente maduro para tomar ventaja de la presencia del CIIFEN en la región y fortalecer las aplicaciones agrícolas de predicción climática para los países Andinos. Entre muchos de los componentes que podrían ser considerados importantes en desarrollar estrategias efectivas para fortalecer estas aplicaciones tenemos los siguientes.

- a) *Considerar cuidadosamente los usuarios finales y desarrollar un perfil detallado de estos usuarios en colaboración con los científicos sociales*

Como puede ser visto claramente de las presentaciones de los agrometeorólogos de los diferentes países Andinos, hay un amplio rango de usuarios finales para las aplicaciones de predicción climática. Estos incluyen los agricultores grandes con capacidad de invertir en insumos, trabajo y equipamiento costosos; y con la habilidad para responder rápidamente a las recomendaciones sobre la asignación de la tierra y los patrones de cultivo basados en pronósticos climáticos. Por otro lado, los agricultores pequeños pueden tener muchas limitaciones para invertir en insumos y necesitan una guía cercana para implementar las recomendaciones sobre cambios en los patrones de cultivo ya que ellos usualmente siguen estrategias de cultivo respetando la época del año, que les ha permitido sobrellevar bien tiempos de variabilidad climática extrema, aunque con una productividad del cultivo baja. Como fue discutido antes, es igualmente importante considerar las aplicaciones del pronóstico para la industria así como a los procesadores primarios de productos agrícolas. Será necesario desarrollar un perfil completo de estos diferentes usuarios incluyendo datos socio-económicos, nivel educativo, características agro-ecológicas de la región (con énfasis en el entendimiento cuantitativo del riesgo climático) donde ellos operan, la naturaleza de las estrategias de manejo del riesgo climático que usan actualmente, su acceso a los insumos, e información sobre la naturaleza de la información de los pronósticos climáticos que necesitan para las decisiones de manejo en sus granjas. Tales perfiles detallados pueden ayudar a

categorizar los usuarios dentro de diferentes grupos basados en su vulnerabilidad a los impactos de la variabilidad climática, desarrollar productos de pronósticos climáticos apropiados, dirigidos a quienes están en posición de beneficiarse de ellos y decidir sobre el tipo de mecanismos de retroalimentación que deben ser establecidos para evaluar los productos proporcionados. Es importante asociar a los científicos sociales desde el inicio en la elaboración de esos perfiles.

b) *Generar opciones de decisiones apropiadas para las necesidades de los usuarios de los pronósticos climáticos*

Los pronósticos son útiles sólo si tienen habilidad, son oportunos y relevantes para las acciones, las cuales pueden ser incorporadas por los usuarios potenciales dentro de las decisiones para mejorar los resultados potenciales (Stern y Easterling, 1999). Por esta razón es importante que tanto los usuarios como los pronosticadores climáticos sean capaces de anticipar los resultados asociados con cada opción de decisión bajo diferentes condiciones de pronóstico.

Hansen (2002) presentó una buena descripción de las dificultades inherentes en este proceso puesto que los agricultores confrontan los mismos desafíos que los investigadores afrontan en descifrar las múltiples interacciones entre las estrategias de decisión viables y el rango de variabilidad climática. En este contexto, será importante usar tanto métodos descriptivos como de modelaje para evaluar las respuestas de las decisiones (Hansen, 2002). Será útil probar modelos adecuados de simulación de cultivos a nivel regional en los países Andinos para entender la respuesta de los cultivos a componentes predecibles de la variabilidad climática y desarrollar opciones de manejo alternativas para los sistemas de cultivo/cosecha importantes en los países Andinos.

c) *Comunicar la información de la predicción climática en una forma apropiada y oportuna*

Como fue discutido anteriormente el propósito de diseminar los pronósticos climáticos a los usuarios es influenciar sus decisiones de producción de tal forma que mejoren los resultados. Cualquier valor asociado con la información de pronósticos es por tanto asociado a su relevancia para las decisiones viables (Hansen, 2002). Hammer et al. (2001) argumentaron que la información más relevante para la toma de decisiones es el resultado probable eg., incremento de productividad o incremento del ingreso de las opciones de decisión viables dentro del sistema que esta siendo manejado, más no las influencias climáticas en esos resultados. La discusión presentada en las anteriores secciones (a) y (b) es crucial en este sentido dada que la naturaleza de la información que es transmitida a los agricultores debe estar basada en un mejor entendimiento de sus necesidades y el tipo de decisiones operacionales que necesitan ser generadas en respuesta a sus necesidades. Estudios exploratorios sirven como herramientas muy útiles para obtener las percepciones de los agricultores que permitan priorizar las necesidades de información. Se debe tener atención en tales estudios para recolectar información sobre pronósticos locales que los agricultores usan tradicionalmente y la naturaleza de la información que ellos extraen de tales pronósticos en su toma de decisiones ya que estos podrían influenciar en la forma en que ellos aplicarían los pronósticos climáticos.

La comunicación apropiada de la información implica que el usuario es receptivo a los canales "adecuados" es decir, fuentes que ellos ya conocen y en las que confían. Por esta razón las agencias de extensión agrícola deben estar involucradas desde una etapa temprana dado que ellos están en contacto regular con los agricultores. Dependiendo del contexto, otras fuentes confiables incluyen asociaciones de agricultores, ONGs, líderes de comunas, etc. Por esta razón se debe tener cuidado en fomentar fuertes vínculos entre ellos. Otro aspecto de la información "adecuada" está relacionado a los procesos de comunicación para traducir los pronósticos probabilísticos en un lenguaje comprensible para los agricultores. La interpretación equivocada de las probabilidades puede llevar a la pérdida de confianza y exponer a los granjeros a riegos innecesarios. La decisión apropiada y beneficiosa sobre la producción están siempre relacionadas a la sincronización y por

consiguiente la comunicación de la información del pronóstico climático también debe ser hecha en una manera oportuna.

- d) *Establecer comunicación de cuatro vías entre pronosticadores climáticos, agrometeorólogos, investigadores agrícolas y la comunidad de extensión agrícola*

Los agrometeorólogos tienen la ventaja de estar en la interfase entre los meteorólogos y la comunidad agrícola. Los pronosticadores climáticos están tan activamente involucrados con la investigación climática, monitoreo oceánico y atmosférico y desarrollo de los modelos climáticos que tienen poca o ninguna interacción con la comunidad agrícola. Ellos tienden a considerar que las decisiones sobre el uso de los pronósticos climáticos son del dominio de la comunidad de agricultores misma. Pero la retroalimentación de la comunidad agrícola es crucial para hacer a los pronósticos climáticos más relevantes y aplicables a la agricultura. La investigación agrícola y los servicios de extensión no dudan en reconocer el valor de los pronósticos climáticos, pero ellos los consideran como sólo uno de los varios componentes que van dentro de los paquetes de la producción de cultivos que ellos están tan involucrados en desarrollar y transferir a la comunidad agrícola. Por esta razón es imperativo que los agrometeorólogos en los países Andinos establezcan una comunicación de cuatro vías entre los pronosticadores climáticos, agrometeorólogos, investigadores agrícolas y la comunidad de extensión agrícola con el fin de asegurar el éxito total de las aplicaciones agrícolas de pronósticos climáticos para los países Andinos.

Conclusiones

Procedimientos de predicción climática sofisticados y efectivos están ahora emergiendo rápidamente y a través de los Foros Regionales de Perspectivas Climáticas ellos están encontrando cada vez más grandes usos y aplicaciones en diferentes partes del mundo. La disponibilidad de modelos de simulación de cultivos dentro la estructura de un sistema de decisión está haciendo posible generar decisiones alternativas para aplicaciones de campo a partir de los pronósticos climáticos. Los pronósticos climáticos estacionales son actualmente operacionales en varias partes del mundo y hay grandes oportunidades para aplicaciones operacionales en los países Andinos. El perfilamiento detallado de la comunidad de usuarios en colaboración con los científicos sociales y diálogos regulares con los usuarios podría ayudar a identificar las oportunidades para aplicaciones agrícolas en los países Andinos. La colaboración activa entre pronosticadores climáticos, agrometeorólogos, investigación agrícola y agencias de extensión para desarrollar productos apropiados para la comunidad de usuarios es esencial. Los agrometeorólogos de los países Andinos pueden jugar un rol crucial en establecer esta fuerte colaboración y lo que es más importante en asegurar las dos vías de retroalimentación entre los pronosticadores climáticos y la comunidad de agricultores.

Referencias

Arndt, C., Hazell, P. y Robinson, S. 2000. Economic value of climate forecasts for agricultural systems in Africa. Pages 157-180 *In* (Sivakumar, M.V.K., ed.) *Climate Prediction and Agriculture*. Proceedings of the START/WMO International Workshop held in Geneva, Switzerland, 27-29 September 1999, Washington DC, USA: International START Secretariat.

Barnett, T.P., Graham, N.E., Cane, M.A., Zebiak, S.E., Dolan, S.C., O'Brien, J.J. y Legler, D.M. 1988. On the prediction of the El Niño of 1986-1987. *Science* 241, 192-196.

Berri, G.J. 2000. Climate outlook fora of southeast south America. Performance of two years of seasonal climate forecasts. Pages 139-143 *In* Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development, 26-28 April 2000, Palisades, New York. International Research Institute for Climate Prediction (IRI), Palisades, New York, USA.

Bjerknes, J. 1966. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to anomalies of ocean temperature. *Tellus* 18, 820-828.

Blench, R. 1999. Seasonal climate forecasting: who can use it and how it should be disseminated? *Natural Resource Perspectives*. No. 47, November 25. Overseas Development Institute, UK. Available: <http://www.oneworld.org/odi/nrp/47.html>

Cane, M.A., Zebiak, S.E. y Dolan, S.C. 1986. Experimental forecasts of El Niño. *Nature* 321, 827-832.

Centeno, H.G.S., Dawe, D.D., Hammer, G. y J. Sheehy. 2000. Impacts of ENSO on rice yields in Asia. Pages 206-207 *In Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development*, 26-28 April 2000, Palisades, New York. International Research Institute for Climate Prediction (IRI), Palisades, New York, USA.

Dudley, N.J., Hearn, A.B., 1993. El Niño effects hurt manoi irrigated cotton growers, but they can do little to ease the pain. *Agricultural Systems* 42, 103-126.

Ellis, F. 1998. *Peasant Economics : Farm Households and Agrarian Development*. Second Edition. Cambridge University Press.

Everingham, Y.L., Muchow, R.C., Stone, R.C., Inman-Bamber, N.G., Singels, A. y Bezuidenhout, C.N. 2002 Enhanced risk management and decision-making capability across the sugarcane industry value chain based on seasonal climate forecasts. *Agric. Sys.* 74, 459-477.

FAO. 2001. *The State of Food and Agriculture 2001*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 295 pp.

Finan, J. 1999. Drought and demagoguery: A Political Ecology of Climate Variability in Northeast Brazil. *Workshop Proceedings from Public Philosophy, Environment and Social Justice*. October 21-22, 1999. Carnegie Council on Ethics and International Affairs, New York, USA.

Foresight Steering Committee (J. Sherlock, R. Clements, M. Davey, J. Fenlon, R. Graham, M. Hall, M. Harrison, C. Knott, G. Marston, R. Seaby, R. Sylvester-Bradley and D. Wurr), 2001: *Seasonal Weather Forecasting for the Food Chain*, UK Department of Trade and Industry Publication DTI/Pub 5232/4k/2/01/NP.URN 01/520, 43pp.

Gill, A.E. 1980. Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 106, 447-462.

Graham, N.E., Michaelsen, J., y Barnett, T.P. 1987a. An investigation of the El Niño – Southern Oscillation cycle with statistical models. 1. Predictor field characteristics. *J. Geophys. Res.* 92, 14251-14270.

Graham, N.E., Michaelsen, J., y Barnett, T.P. 1987b. An investigation of the El Niño – Southern Oscillation cycle with statistical models. 1. Model results. *J. Geophys. Res.* 92, 14271-14289..

Hammer, G.L., Holzworth, D.P., Stone, R., 1996. The value of skill in seasonal climate forecasting to wheat crop management in a region with high climatic variability. *Australian Journal of Agricultural Research* 47, 717-737.

Hammer, G. y Meinke, H., 2000. Linking climate, agriculture, and decision-making – experiences and lessons for improving applications of climate forecasts in agriculture. *Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development*. IRI-CW/00/1. International Research Institute for Climate Prediction, April 26-28, 2000, Palisades, New York, 72-76.

- Hansen, J.W. 2002. Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. *Agric. Sys.* 74, 309-330.
- Harrison, M. 2003. Report to the Commission for Agricultural Meteorology Working Group on the use of seasonal forecasts and climate prediction in operational agriculture. Mimeo.
- Hassan, H. y Dregne, H.E. 1997. Natural habitats and ecosystems management in drylands: an overview. Environment Department Papers nr. 51, ESD. The World Bank, Washington.
- Hastenrath, S. y Heller, L. 1977. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 103, 77-92.
- Jovel, R., A. Tapia y I. Thomson. 1998. Bolivia: Evaluación de los Daños Originados por el Fenómeno de El Niño en 1997-98. Corporación Andina de Fomento. La Paz, Bolivia, December 18, 1998.
- Kimura, Y., 2001: A Survey on the Present Status of Climate Forecasting. Available from the WMO Secretariat on CD-ROM: World Meteorological Organisation Commission for Climatology, Thirteenth Session, Geneva 21-30 November 2001.
- Latif, M., Barnett, T.P., Cane, M.A., Flugel, M., Graham, N.E., von Storch, H., Xu, J.-S. y Zebiak, S.E. 1994. A review of ENSO prediction studies. *Clim. Dyn.* 9, 167-179.
- Lumsden, T.G., Schulze, R.E., Lecler, N.L. y Schmidt, E.J. 2000. Assessing the potential for improved sugarcane yield forecasting using seasonal rainfall forecasts and crop yield models. Pages 267-286 *In* (Sivakumar, M.V.K., ed.) *Climate Prediction and Agriculture*. Proceedings of the START/WMO International Workshop held in Geneva, Switzerland, 27-29 September 1999, Washington DC, USA: International START Secretariat.
- Magalhaes, A.R. 2000. Sustainable development: climate and policy linkages. Pages 3-10 *In* Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development, 26-28 April 2000, Palisades, New York. International Research Institute for Climate Prediction (IRI), Palisades, New York, USA.
- Meinke, H., Hammer, G.L., 1997. Forecasting regional crop production using SOI phases: an example for the Australian peanut industry. *Australian Journal of Agricultural Research* 48, 789-793.
- Meinke, H. y Hochman, Z. 2000. Using seasonal climate forecasts to manage dryland crops in northern Australia – experiences from the 1997/98 seasons. Pages 49-165 *In* (Hammer, G.L., Nicholls, N. y Mitchell, C. Eds.) *Applications of seasonal climate forecasting agricultural and natural ecosystems*. Kluwer, Dordrecht, Netherlands.
- Mjelde, J.W., Hill, H.S.J. y Griffiths, J.F. 1998. A review of current evidence on climate forecasts and their economic effects in agriculture. *Amer. J. Agric. Econ.* 80, 1089-1095.
- Moura, A.D. y Shukla, J. 1981. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.* 38, 2653-2675.
- Mullen, C. 2003. Use of Seasonal Forecasts and Climate Prediction in Operational Agriculture in WMO Region V. Report to the Commission for Agricultural Meteorology Working Group on the use of seasonal forecasts and climate prediction in operational agriculture. Mimeo.
- Munasinghe, 1998. Natural disasters and sustainable development: linkages and policy options. IDNDR Press Kit, pages 1-5.

- Nyenzi, B. 2003. Current advances in climate predictions and future challenges. Paper presented at the Regional Technical Meeting on CLIPS and Agrometeorological Applications in the Andean Countries, 8-12 December 2003, Guayaquil, Ecuador.
- Oram, P.A. 1989. Sensitivity of agricultural production to climatic change, an update. Pages 25-44, *In: Climate and Food Security*, Manila, Philippines: International Rice Research Institute (IRRI).
- Penland, C. y Magorian, T. 1993. Prediction of NINO3 sea surface temperatures using linear inverse modelling. *J. Clim.* 6, 1067-1076.
- Phillips, J., Uganai, L. y Makauzde, E. 2000. Changes in crop management response to the seasonal climate forecast in Zimbabwe during a La Niña year. Pages 213-216 *In Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development*, 26-28 April 2000, Palisades, New York. International Research Institute for Climate Prediction (IRI), Palisades, New York, USA.
- Rosenzweig, C. 2000. Climate variability, seasonal prediction and agriculture. Pages 14-23 *In Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development*, 26-28 April 2000, Palisades, New York. International Research Institute for Climate Prediction (IRI), Palisades, New York, USA.
- Singels A., Potgieter A.B., 1997. A technique to evaluate ENSO-based maize production strategies *African Journal of Plant and Soil* 14(3), 93-97.
- Sivakumar, M.V.K. (Ed.) 2000. *Climate Prediction and Agriculture*. Proceedings of the START/WMO International Workshop held in Geneva, Switzerland, 27-29 September 1999, Washington DC, USA: International START Secretariat.
- Streten, N.A. 1983. Extreme distributions of Australian rainfall in relation to sea surface temperature. *J. Climatol.* 3, 143-153.
- Valdivia, C., Gilles, J.L. y Materer, S. 2000. Climate variability, a producer typology and the use of forecasts: experience from Andean Semiarid Small Holder Producers. Pages 227-239 *In Proceedings of the International Forum on Climate Prediction, Agriculture and Development*, 26-28 April 2000, Palisades, New York. International Research Institute for Climate Prediction (IRI), Palisades, New York, USA.
- Vlek, P.L.G., Kühne, R.F., y Denich, M. 1997. Nutrient resources for crop production in the tropics. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 352,975-985.
- Walker, G.T. 1924. Correlations in seasonal variations of weather IX: a further study of world weather. *Mem. Indian Meteor. Dept.* 24(4), 275-332.
- Walker, G.T. y Bliss, E.W. 1932. *World Weather V*. *Mem. Roy. Meteor. Soc.* 4(36), 53-84.
- WCRP. 1985. *Scientific Plan for the Tropical Ocean and Global Atmosphere Programme*. WMO/TD No. 64, World Meteorological Organization, Geneva, 146 pp.
- Wyrski, K., Stroup, E., Patzert, W., Williams, R., y Quinn, W. 1976. Predicting and observing El Niño. *Science* 191, 343-346.
- Xu, J-S. y Von Storch, H. 1990. Principal oscillation patterns –prediction of the state of ENSO. *J. Climate* 3, 1316-1329.
- Zebiak, S.E. 1986. Atmospheric convergence feedback in a simple model for El Niño. *Mon. Weather Rev.* 114, 1263-1271.

Zebiak, S.E. and Cane, M.A. 1987. A model El Niño / Southern Oscillation. *Mon. Weather Rev.* 115, 2262-2278.

Predicciones Climáticas del IRI para los Países Andinos

Tony Barnston

*International Research Institution for Climate Prediction (IRI),
Earth Institute of Columbia University, Palisades, NY 10964
tonyb@iri.columbia.edu*

Resumen

Cada mes, el Instituto Internacional de Investigaciones para Predicciones Climáticas (IRI) hace predicciones de temperatura y precipitación global para cuatro periodos traslapados de tres meses cada uno que se extienden hasta 6.5 meses de antelación. Las predicciones están basadas primordialmente en las indicaciones de cinco modelos dinámicos de circulación general de la atmósfera, cuyos comportamientos están gobernados principalmente por pronósticos globales de anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM). El procedimiento de pronóstico del IRI empieza con la predicción de las anomalías de TSM, las cuales son entonces usadas como base para la predicción del clima sobre los continentes. La habilidad histórica de los modelos atmosféricos en modo "hindcast", y el pronóstico en tiempo real para los 4 años recientes, son conocidos. Debido a la gran incertidumbre en la mayoría de los pronósticos de clima, el IRI expresa sus pronósticos como probabilidades en categorías de terciles definidos (por debajo, cerca y por encima de lo normal). El pronóstico de la precipitación en tiempo real para un periodo siguiente de tres meses es usado como un ejemplo para propósitos ilustrativos. El significado y la utilidad de tales pronósticos son discutidos en el contexto de las contingencias de costos/pérdidas de los usuarios, en vista del hecho de que muchas de las probabilidades del pronóstico no se desvían grandemente de la distribución climatológica (es decir una probabilidad del 33.3% para cada una de las tres categorías). Los formatos de pronósticos que serían más adecuados para la proporción más grande de usuarios son explorados, junto con prospectos para su producción.

El Proceso de Pronóstico del IRI – Una perspectiva

Los pronósticos del IRI son emitidos cada mes e incluyen los cuatro próximos periodos de tres meses en forma traslapada. Por ejemplo, el pronóstico hecho a mediados de diciembre del 2003 fue para el clima durante los periodos de interés de tres meses de (1) Enero-Febrero-Marzo del 2004, (2) Febrero-Marzo-Abril del 2004, (3) Marzo-Abril-Mayo del 2004, y (4) Abril-Mayo-Junio del 2004.

Debido a que se conoce que las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) - particularmente en los océanos tropicales - son la causa de un porcentaje sustancial de la porción predecible de las anomalías climáticas atmosféricas (Goddard et al. 2001), pronosticar las anomalías de TSM para los cuatro periodos de interés es la primera parte de la tarea para realizar el pronóstico climático. Así, la tarea de pronosticar el clima consiste de dos pasos o niveles: (1) pronosticar la TSM, y (2) usar la TSM encontrada para pronosticar el clima atmosférico. Debido a que las anomalías de TSM usualmente cambian en forma lenta, una predicción que asume persistencia de las anomalías de TSM observadas para el mes más reciente es realizada para el primer periodo de predicción, en adición al pronóstico que usa las anomalías de TSM predecidas. La versión usando las anomalías de TSM persistentes puede ser considerada como un pronóstico de control que es aproximadamente representativo, y de hecho puede tener mucho peso para ciertas regiones que se conoce están gobernadas por la TSM, donde el pronóstico de TSM es muy incierto y difiere grandemente de la TSM persistente. En algunos casos se encuentra que la TSM persistente y la predecida se diferencian solo por pequeñas cantidades sobre porciones significantes del globo. Las anomalías de la TSM persistente no son usadas para periodos de interés más lejanos en tiempo debido a que las anomalías pueden cambiar significativamente en muchas regiones con el paso de dos o más meses.

Pronosticando la TSM

Los pronósticos de TSM son hechos usando una combinación de dos modelos dinámicos y un modelo estadístico para la TSM del Pacífico tropical, y modelos puramente estadísticos para la TSM del Océano Indico, el Océano Atlántico Tropical y los extra-tropicales. Desde 1997 hasta principios del 2003, el modelo que al que se dio más peso para la TSM del Pacífico tropical fue el modelo océano-atmosférico acoplado del National Center for Environmental Prediction (NCEP). Los pronósticos del NCEP cubren el área desde los 30N hasta 25S, y de 70O a 120E. Empezando a mediados del 2003, las predicciones de otro modelo dinámico (el LDEO5) y un modelo estadístico (el modelo análogamente construido NOAA/CPC) fueron también promediados en la predicción de la TSM del Pacífico tropical. Predicciones de otros modelos, tales como el modelo COLA, el modelo NASA, y el modelo ejecutado en el European Center for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF), son también revisados y discutidos, pero no se les ha dado mucho peso formal. Están siendo diseñados planes para permitir a estos modelos adicionales contribuir a un multi-modelo de pronóstico de TSM que sería ponderado de acuerdo a la exactitud relativa de los modelos de entrada para una estación y tiempo de adelanto particulares. Pronósticos de TSM para el Atlántico tropical son hechos usando el método estadístico de análisis de correlación canónica (ACC) por el CPTEC/INPE en Brasil, usando como predictores los campos de TSM del Atlántico tropical y del Pacífico. Similarmente, pronósticos para el Océano Indico están actualmente siendo hechos en el IRI usando un ACC, utilizando como predictores la más reciente media de un mes de las anomalías de TSM observadas en el Indo-Pacífico, y el pronóstico del campo de TSM del Pacífico. Este modelo ACC del Océano Indico hace uso, entre otras cosas, de la tendencia observada de las anomalías de TSM del Océano Indico para seguir aproximadamente las anomalías de la TSM relacionadas al ENSO del Pacífico tropical centro-este, con un tiempo de retraso de unos pocos meses. Una tendencia similar también existe para el Atlántico tropical norte, en la estación de primavera boreal (Marzo-Abril-Mayo). Las predicciones de los Océanos Indico y especialmente Atlántico tropical, son más difíciles que el Pacífico tropical. Las revisiones de los pronósticos del modelo dinámico de la TSM global ejecutados en el ECMWF y otras instituciones indican que tales predicciones pueden tener suficiente habilidad para complementar las predicciones estadísticas usadas hasta ahora para los océanos Atlántico e Indico.

Para las latitudes extra-tropicales de todos los océanos, las anomalías de TSM del mes más reciente son lentamente amortiguadas hacia los promedios climatológicos observados del periodo de interés, de forma que las anomalías se convierten en cerca de 0.5 de su valor para la mitad del mes del primer periodo de interés y cerca de 0.2 de ese valor para la mitad del mes del periodo final de interés (centrado 3 meses tarde). La decisión de usar este procedimiento de pronóstico muy simple está basado en el hecho que la TSM extra-tropical es frecuentemente incapaz de ser pronosticada con habilidad útil, y también que la TSM fuera de los trópicos usualmente tiene mucha menos influencia significativa sobre el clima continental que la que tiene la TSM tropical. Mientras que las anomalías de TSM extra-tropicales influyen el clima (principalmente solo la temperatura) en masas de tierras inmediatamente adyacentes, ellas usualmente no generan teleconexiones remotas como lo hacen las anomalías tropicales de TSM.

Usando la TSM predecida para pronosticar el Clima Global

El segundo paso de este procedimiento de pronóstico de dos niveles consiste en usar la TSM como una condición de frontera establecida para ejecutar varios modelos atmosféricos de circulación general (AGCMs) para pronosticar las anomalías globales de precipitación y temperatura, entre otras variables. Hasta finales del 2003, seis modelos son ejecutados para cada pronóstico: (1) el MRF9 del NCEP en Washington, DC, U.S.A.; (2) el ECHAM4.5 del Instituto Max Planck en Hamburgo, Alemania; (3) el CCM3.6 del National Center for Atmospheric Research (NCAR) en Boulder, Colorado, U.S.A.; (4) el modelo NSIPP de la NASA/Goddard Space Flight Center (GSFC) en Greenbelt, Maryland, U.S.A., (5) el modelo COLA2 del Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (COLA) en Calverton, Maryland, U.S.A., y (6) el modelo ECPC del Instituto Scripps de Oceanography en La Jolla, California, U.S.A. El modelo NCEP es actualmente ejecutado en Queensland, Australia; los modelos ECHAM4.5 y CCM3.6 son ejecutados por el

personal del IRI en el IRI; el NSIPP en GSFC; el modelo COLA2 en COLA; y el ECPC en Scripps. Muchos de estos modelos son ejecutados a una resolución espacial T42, o aproximadamente 2.8 grados de longitud y latitud, y usando cerca de 18 niveles verticales. Una minoría de estos modelos es ejecutada a la resolución mayor de T63, y entonces convertidos a resolución T42 en el IRI. Muchos centros de modelaje están continuamente desarrollando versiones más refinadas de sus modelos (e.g. mayor resolución espacial o representaciones físicas mejoradas), y modelos adicionales a los actuales seis pueden ser usados en el futuro en el IRI. Por ejemplo, un modelo atmosférico del CPTEC en el sureste del Brasil está siendo examinado ahora, así como un nuevo modelo de pronóstico estacional completamente acoplado usado por el Climate Prediction Center. Montajes de 9 corridas o mas (e.g. 24 corridas para el modelo ECHAM4.5) son producidos de cada uno de los modelos actualmente usados, donde los miembros del montaje están expuestos a la misma TSM pronosticada (o persistente) pero inicializados con diferentes condiciones atmosféricas iniciales. El set del montaje de pronósticos de un modelo dado representa un estimado de la distribución probable del clima en respuesta al forzamiento de la anomalía de la TSM. El uso de varios GCMs ayuda a alcanzar un área mas grande del globo que tiene algunos indicios de pronóstico confiables, debido al hecho de que las fortalezas y debilidades de cada modelo difieren entre si y las debilidades de uno pueden ser contrarrestadas por las fortalezas de otro. Por lo tanto, en total hay por lo menos 70 corridas de los seis modelos originales, y 100 corridas para el primer pronóstico del periodo de interés si las corridas de la TSM persistentes están incluidas también. (El escenario de la TSM persistente es corrido solo por los modelos ECHAM4.5 y de Scripps, debido a restricciones institucionales).

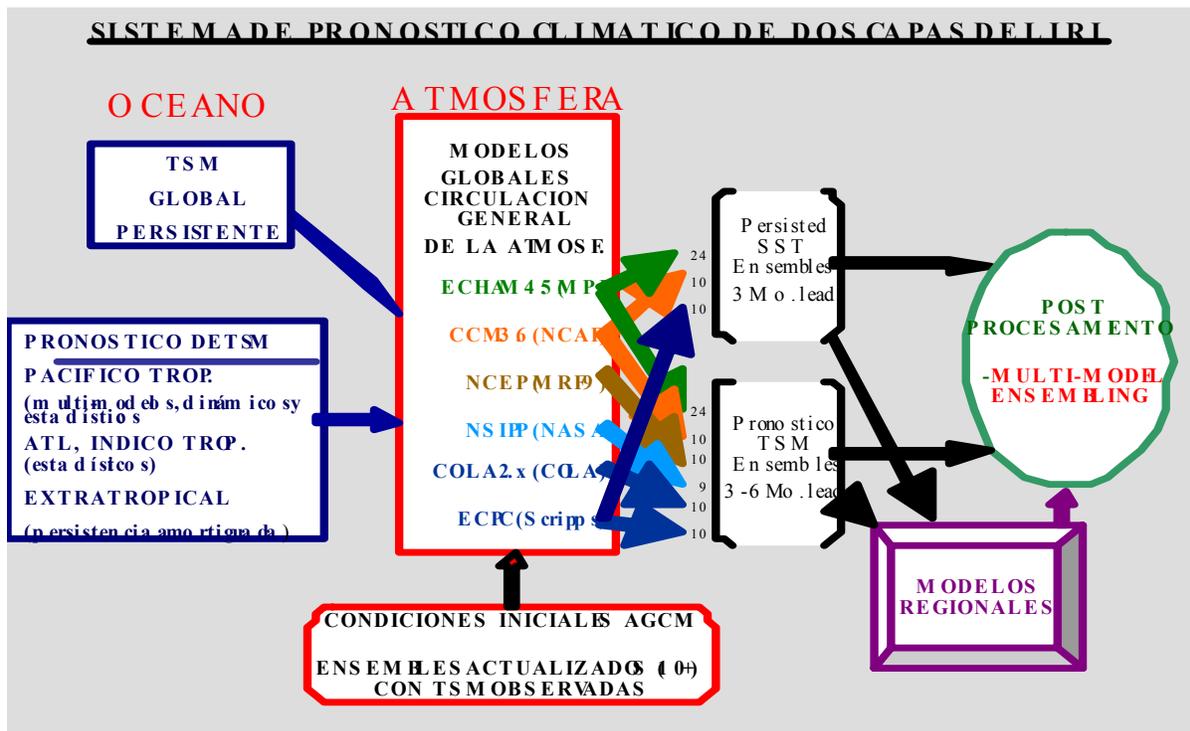


Figura 1. Diagrama esquemático que muestra el sistema operativo de pronóstico estacional de dos capas del IRI. Los números al final de las cabezas de las flechas muestra el número de miembros del ensamble que son producidos por cada modelo global de circulación general atmosférica (AGCM).

Al correr el set de 9 o más montajes para cada uno de los GCMs atmosféricos, las condiciones iniciales atmosféricas diferentes no son derivadas de aquellas observadas en realidad al tiempo del pronóstico, pero son seleccionadas aleatoriamente para la estación y lugar apropiados. Debido a que las condiciones actuales del tiempo son esencialmente impredecibles después de los primeros 10 o 15 días de la integración, el uso de condiciones iniciales ficticias (pero razonables) no hace daño a la exactitud de los pronósticos del clima para la media climática sobre periodos de tres meses, cuyas tendencias son gobernadas principalmente por las condiciones anómalas de

TSM antes que por las condiciones atmosféricas iniciales. La pluma de pronósticos de clima resultado del ensamble de condiciones atmosféricas iniciales tiene un máximo de representatividad cuando los errores sistemáticos de cada modelo son individualmente corregidos (o recalibrados) en forma apropiada. Tal recalibración es hecha para cada modelo usado como entrada para el pronóstico del IRI antes de la formación de un ensamble multi-modelo. Cuando los ensambles recalibrados de los diferentes modelos son combinados, se espera que la pluma resultante se vuelva más refinada, dado que el mayor número total de miembros permite una mayor definición de la pluma disminuyendo la probabilidad de error en el muestreo en la figura total de la distribución del pronóstico. La presencia de errores sistemáticos residuales que difieren entre modelos decrecería la probabilidad de sesgos residuales relacionados a solo uno o dos modelos dominantes. Dos esquemas de ensamble de multi-modelos son usados para combinar los pronósticos de varios modelos en un pronóstico simple. Un método es Bayesiano en naturaleza (Rajagopalan et al. 2002) y otro es una versión del análisis discriminatorio descrito en Mason y Mimmack (2002). Ambos esquemas dan más peso a los pronósticos de modelos cuyas historias de rendimiento indican una habilidad relativamente mayor cuando son forzados por la TSM observada. Los dos esquemas de ensambles de multi-modelos y más acerca del sistema de pronóstico del clima del IRI son descritos en mucho más detalle en Barnston et al. (2003) que lo que están aquí.

Un diagrama esquemático mostrando el procedimiento de pronósticos del IRI es mostrado en la Fig.1. La mitad izquierda ilustra los pasos generales básicos en el sistema de pronóstico, mientras el lado derecho indica algunos refinamientos y aplicaciones finales. Los números en las cabezas de las flechas indican el número actual de corridas de cada modelo que contribuye al ensamble.

Estimando las Habilidades Esperadas de los GCMs de la Atmósfera

Una manera que las habilidades, o exactitud, de los pronósticos de cada GCM son evaluadas aproximadamente en una localidad y estación dadas, es a través de experimentos de “hindcast” en los cuales la TSM observada de los años pasados es usada como una condición de frontera y los modelos son ejecutados para simular el clima atmosférico estacional simultáneo a esa TSM. Dado que la respuesta atmosférica es esperada en alrededor de dos semanas, se considera que simultaneidad es un escenario aceptable para un periodo tan largo como tres meses. Las observaciones climáticas reales son entonces examinadas para evaluar el rendimiento del modelo. Esta clase de evaluación de habilidades del modelo, cuando se extiende sobre un periodo suficientemente largo (e.g., 30 años o más), indica cuan realista es la respuesta del modelo a la TSM cuando la TSM es perfectamente conocida. En pronósticos reales, por supuesto, la TSM misma es predecida, y la predicción de TSM es imperfecta. Así las habilidades estimadas obtenidas de esta clase de “hindcasting” del modelo son considerados como un límite superior de las habilidades del pronóstico, esperando que la habilidad del pronóstico en tiempo real sea mas baja. Estimados más realistas de la habilidad del modelo son producidos en los llamados ejercicios de pronóstico retrospectivos en los cuales la información de la TSM observada no es permitida una vez que la ejecución del modelo ha empezado. En reemplazo, tanto los pronósticos hindcast u operacionales de TSM son usados como condiciones de frontera para el GCM. Resultados de las corridas de modelos atmosféricos basados en estos forzamientos de TSM más realistas (imperfectas) muestran el grado al cual la habilidad se pierde debido a errores en los pronósticos de TSM. Cualquiera de los tipos de ejercicio de arriba confirman usualmente las regiones que son ya conocidas, a través de análisis estadísticos, por tener habilidades predictivas debido a asociaciones con patrones de ciertos tipos de anomalías de TSM recurrentes, tales como aquellos de El Niño y La Niña, o el forzamiento de TSM un poco más localizado de los océanos Indico y Atlántico tropical.

Un debilidad de depender en la habilidad calculada sobre un gran número de años es que hay una gran variedad de situaciones climáticas que han tenido lugar, y es posible que las instancias de habilidad más alta estén concentradas grandemente en ciertas situaciones climáticas en vez de estarlo uniformemente. Es posible analizar la exactitud en términos de tales situaciones climáticas mirando a esos casos por separado. La estratificación por el estado de ENOS, o por la amplitud

de la desviación en cualquiera de las direcciones del valor normal de TSM relacionada al ENOS, son ejemplos de tales submuestras. Sin embargo, cuando hay sólo unos pocos (e.g. 4 o menos) casos de un tipo de situación dada, entonces hay peligro que el resultado pueda ser total o parcialmente accidental. No obstante, los resultados pueden ser sugestivos e informativos. Sea que esté o no estratificado por una situación climática, estimaciones de habilidades usando hindcasting ayudan a proveer una guía sobre en que regiones y época del año, un pronóstico dado por un GCM puede ser confiable y en que grado.

Un ejemplo del estimado de la habilidad de un modelo esta dado en la Fig. 2, mostrando la habilidad de simulación de hindcast, como un puntaje de la correlación temporal, del modelo ECHAM4.5 para la precipitación total durante el periodo de tres meses de Enero-Febrero-Marzo, usando TSM simultáneamente observadas para impulsar el clima atmosférico sobre un periodo de 33 años. Mientras que las habilidades no son muy altas en la mayoría de las localidades, son suficientemente altas para ser útiles en algunos lugares como el sur de los Estados Unidos, mucho del norte de Sur América (particularmente el noreste de Brasil), el sur de Africa, largas porciones de la costa de Chile, y otros. Lugares tales como partes de la región interior de los Andes sur tropicales tienen poca o nada de habilidades de simulación promedio usando este modelo. Es probable que la tosca resolución (cerca de 3 grados) de un modelo global es inadecuada para una región que tiene características terrestres extremas como la región Andina, y que un procedimiento para bajar la escala traería una habilidad mejorada a través de la recuperación de detalles relacionados a la orografía.

ECHAM4.5
Precipitation Anomalies : 1965–97 JFM
 Habilidad de las simulaciones del Modelo Usando TSM observada

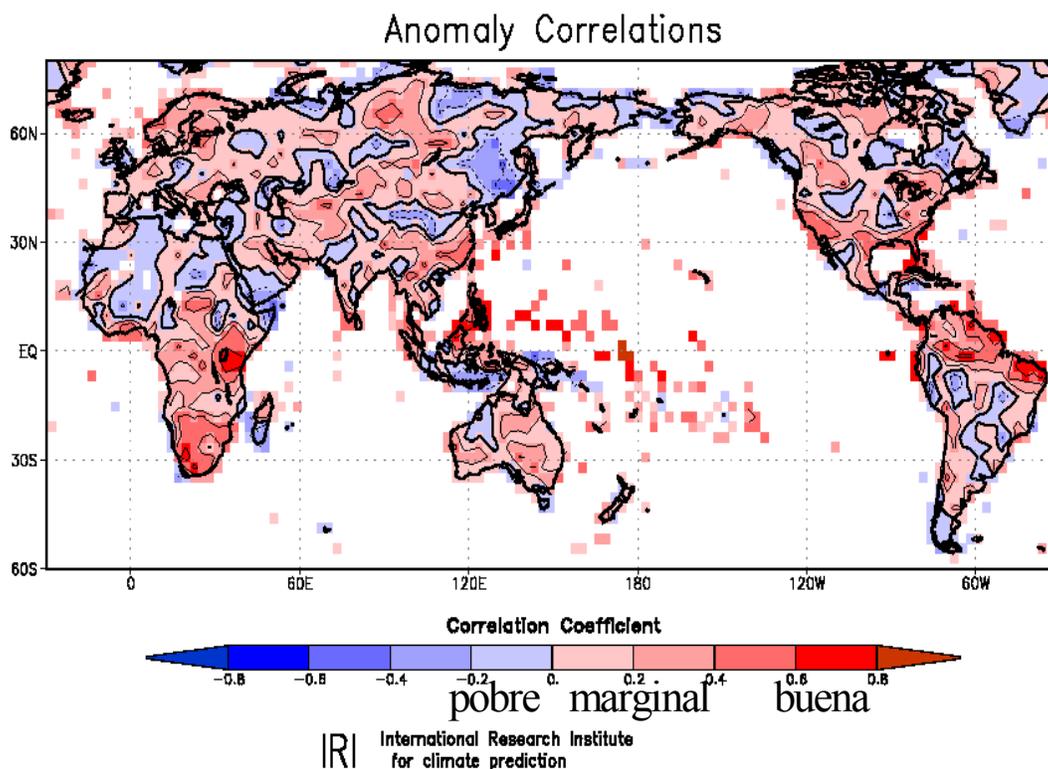


Figura 2. Habilidad en modo “hindcast” del modelo general de la circulación ECHAM4.5 en la simulación de las anomalías globales de precipitación para la estación de Enero-Febrero-Marzo cuando son forzadas con la TSM simultánea perfectamente conocida (observada). La habilidad se da como un coeficiente de correlación temporal entre los hindcasts de precipitación y las observaciones.

Habilidad de los Pronósticos de Precipitación en Tiempo Real del IRI desde finales de 1997

El IRI ha estado publicando pronósticos en tiempo real por solamente alrededor de 5 años desde su primer set de pronósticos para Octubre-Noviembre-Diciembre de 1997 durante El Niño fuerte de 1997-98. Las habilidades promedio de tal muestra de pronósticos pequeña no pueden ser consideradas como una medida robusta del rendimiento esperado del sistema de pronóstico del IRI. Sin embargo, la pequeña muestra podría al menos proveer señales, si no toscas aproximaciones, de la habilidad esperada. Para los usuarios de los pronósticos potenciales o actuales, el rendimiento operacional en tiempo real es una indicación concreta de lo que se podría esperar si los pronósticos fueran uno de los factores considerados para decisiones económicas o sociales grandes.

Los pronósticos de temperatura y precipitación del IRI son publicados como mapas que cubren la mayor parte del globo, indicando probabilidades por debajo, cerca y arriba de lo normal para la localidad y época del año. Aunque las probabilidades pueden cambiar sobre distancias relativamente cortas, los pronósticos de probabilidad del IRI son mostrados como áreas amplias (frecuentemente más de 1000 km de un lado a otro) compartiendo una distribución de probabilidad similar. De hecho, las anomalías climáticas observadas usualmente tienden a tener características de larga escala que están relacionadas con características anómalas similares del patrón de TSM a gran escala. Para características de escala mucho más pequeña relacionada a la orografía local o interfase tierra-mar, es necesario bajar la escala; el pronóstico global básico del IRI no incluye tales pronósticos de alta resolución.

A menudo, una porción substancial del área de tierra no tiene indicaciones significativas para probabilidades de pronóstico que difieran de lo neutral, es decir la distribución de probabilidad climatológica de 33% para cada una de las tres categorías, y aquellas regiones son indicadas como tales. Para verificación, las observaciones de precipitación usadas son aquellas de la CPC Análisis de precipitación acoplado (CMAP) sobre una rejilla de 2.5 grados (Xie y Arkin 1996). Pronósticos de temperatura son verificados usando los datos de la Universidad de East Anglia, sobre una rejilla de 2.0 grados (New et al. 2000). Los pronósticos son convertidos para las rejillas dictadas por su respectiva verificación de datos.

Debido a que los pronósticos del IRI son publicados en un formato probabilístico, la verificación es hecha usando una medida probabilística de la habilidad. Esta medida escogida es el puntaje de habilidad probabilística por rango, la cual toma en cuenta las probabilidades del pronóstico de todas las tres categorías para calcular el grado de acuerdo (y de error) con respecto a la observación. El puntaje de rango de probabilidad, o RPS (Epstein 1969; Wilks 1995), es definido como

$$RPS = \sum_{i=1}^3 (F_i - O_i)^2$$

Donde F_i es la probabilidad *acumulada* del pronóstico hasta la categoría i , y O_i es la observación acumulada hasta la categoría i . La distribución de probabilidad de la observación es dada como cero para las dos categorías dentro de la cual la observación no cae, y 1 para la categoría que fue observada. Así la probabilidad acumulativa (O_i) es cero hasta que la categoría observada es alcanzada, cuando se convierte en 1 y permanece 1 para categorías más altas. Bajos valores de RPS indican altas habilidades, y viceversa. El puntaje de rango probabilístico de habilidad, o RPSS es el puntaje final en el cual estamos interesados, y es el RPS del pronóstico comparado con el RPS del pronóstico climatológico de 33% para cada una de las categorías.

$$RPSS = 1 - (RPS_f / RPS_c)$$

Donde RPS_f es la RPS para el pronóstico, y RPS_c es la RPS del pronóstico climatológico. Se debe notar que la RPSS parece ser un puntaje de habilidad exigente. La única manera que

puntajes muy altos puedan ser alcanzados es emitiendo pronósticos con altas probabilidades de que sean correctos. Pronósticos de precipitación estacional con altas probabilidades son raramente vistos, como las probabilidades para la categoría del tercil preferencial están frecuentemente entre 0.333 y 0.55 (la primera es la probabilidad climatológica y la segunda considerada una inclinación relativamente fuerte de las probabilidades de ocurrencia). Probabilidades categóricas de más de 0.7 son raramente vistas. Incluso si los pronósticos publicados son perfectamente confiables probabilísticamente (esto significa por ejemplo, que 50% de los pronósticos que indican una posibilidad del 50% para precipitación por encima de lo normal son efectivamente seguidas por observaciones de precipitaciones por encima de lo normal), la habilidad RPSS será modesta. Habilidades RPSS de 0.10 son aproximadamente equivalentes a puntajes de correlación temporal de 0.5 (correlacionando el “centro” de la distribución de probabilidad con las observaciones). Así, habilidades RPSS de 0.10 deben ser considerados respetables en el negocio del pronóstico de la precipitación estacional, y habilidades de 0.20 como excelentes.

El panel superior izquierdo de la Fig. 3 muestra la distribución geográfica de habilidades RPSS de los pronósticos del IRI para pronósticos de precipitación para la primera estación sobre el globo durante el periodo de 1997-2001 para todas las estaciones. Los otros tres paneles muestran la misma evaluación de habilidad, pero para herramientas de pronóstico individuales: En el panel superior derecho, la habilidad es mostrada para pronósticos de probabilidad de acuerdo con probabilidades históricas asociadas con el estado del ENOS; en el panel inferior izquierdo, probabilidades del pronóstico son del 100% para la categoría que ha sido observada en la estación anterior, y 0% para las otras dos categorías (i.e. pronóstico de persistencia (determinístico) de máxima confianza); en el panel inferior derecho, las probabilidades son pronosticadas de la distribución del ensamble del error corregido del modelo ECHAM3.6 usado durante el periodo 1997-2001. Esta visto que de los cuatro sets de pronósticos, el pronóstico final del IRI (panel superior izquierdo) tiene la habilidad total más alta. Esta habilidad sin embargo, no es alta en muchas localidades. La región Andina está entre las regiones que carecen de habilidad útil cuando se promedian sobre todas las estaciones.

Average RPSS : Precipitation Fcsts 1997–2001 (1–mo lead)
Real–Time Forecast Skill

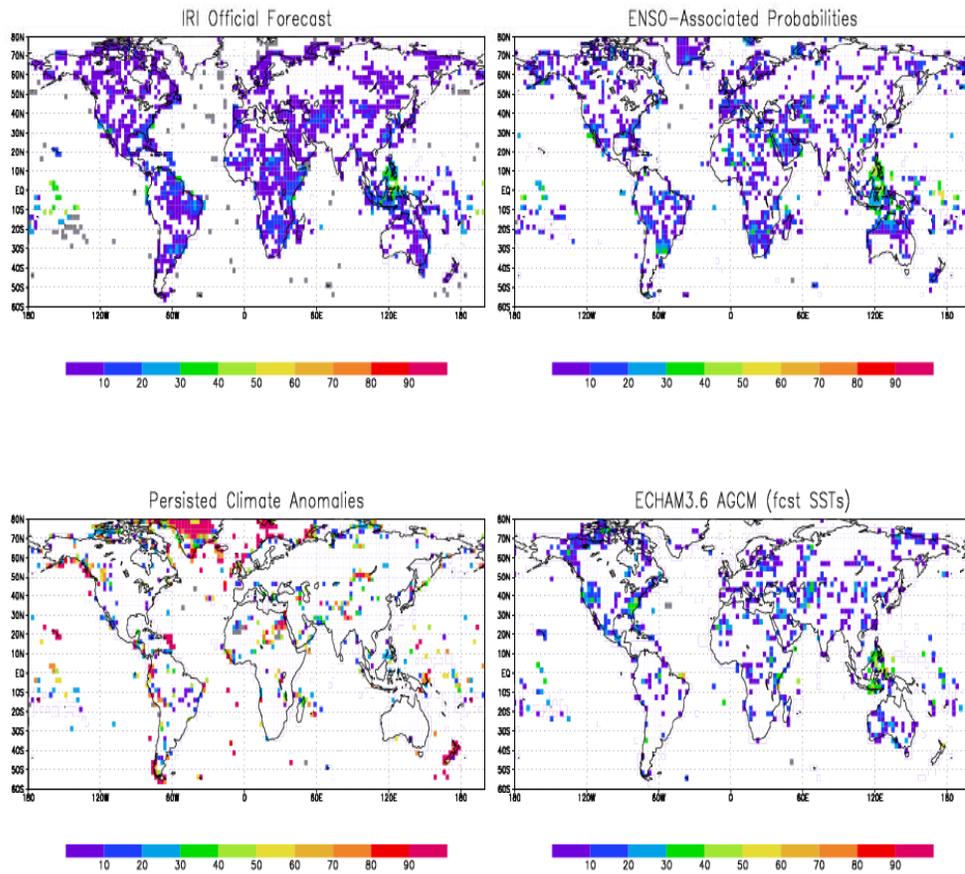


Figura 3. Distribución geográfica del puntaje del rango probabilístico de probabilidad (RPSS) para todas las estaciones para los pronósticos publicados por el IRI desde Octubre–Noviembre–Diciembre de 1997 hasta Octubre–Noviembre–Diciembre del 2001 (panel izquierdo superior), junto con las habilidades comparables para tres pronósticos individuales de referencia. Vea el texto para detalles adicionales.

Average RPSS : Precipitation Fcsts
 JFM 1998–2001 (1-month lead)
Real-Time Forecast Skill

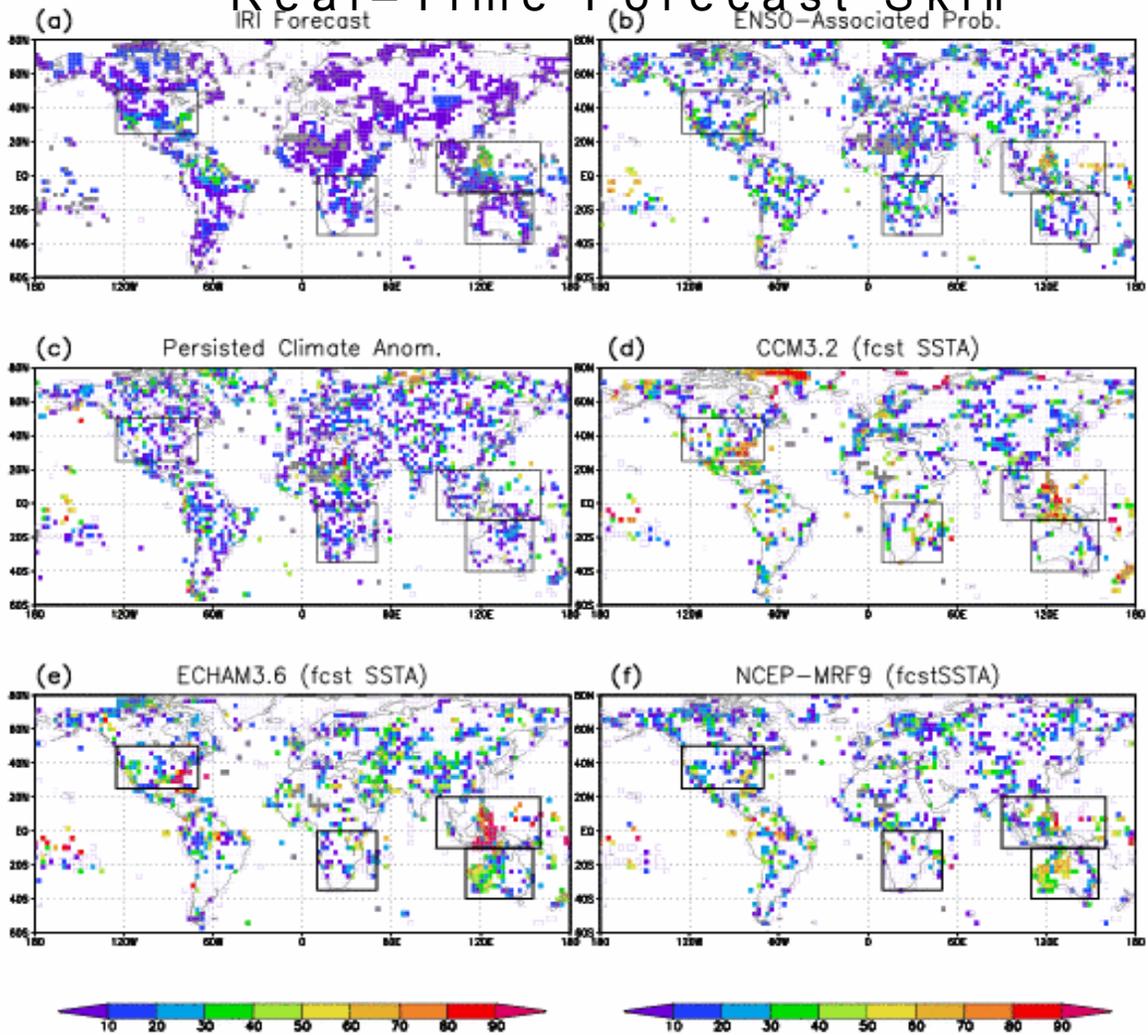


Figura 4. Distribución geográfica del puntaje del rango probabilístico de probabilidad (RPSS) para la estación de Enero-Febrero-Marzo para los pronósticos publicados por el IRI desde Enero-Febrero- Marzo de 1998 hasta Enero-Febrero- Marzo de 2001 (panel izquierdo superior), junto con las habilidades comparables para cinco pronósticos individuales de referencia. Vea el texto para detalles adicionales.

Localidades con alta habilidad tienden a estar en latitudes bajas, y tienden a ser aquellos lugares conocidos por tener influencia del ENOS (e.g. Africa ecuatorial del este, partes de Indonesia y Filipinas meridionales, noreste del Brasil, sudeste de Brasil y Uruguay, y sudeste de Estados Unidos). Este patrón coincide en forma general con la evaluación previa de la habilidad para los pronósticos operacionales del IRI conducido por Mason et al. (1999), cuyo periodo más corto de registro se enfocó en mayor grado sobre EL Niño de 1997-98 y la Niña del año siguiente. La habilidad de precipitación resultante se ajusta más claramente a las expectativas asociadas con el ENOS cuando las habilidades están estratificadas por estación (mostrados para cuatro estaciones en Goddard et al. 2003). Por ejemplo, el resultado estratificado de habilidad para Enero-Febrero-Marzo es mostrado en la Fig. 4, donde las habilidades de tres AGCMs son mostradas individualmente. En la Fig. 4, a diferencia de la Fig.3, el pronóstico de probabilidades para anomalías persistentes son aquellas de la frecuencia de ocurrencia histórica condicionada a la categoría observada en la estación precedente (i.e. persistencia probabilística) antes que 100% para la categoría observada en la anterior estación, y 0% para las otras dos categorías. La Fig. 4 muestra que sobre la región Andina, el esquema de la persistencia probabilística y el modelo ECHAM3.6 muestran evidencia de niveles de habilidad útil para la estación de Enero-Febrero-Marzo sobre este periodo de cuatro años.

Pronóstico de precipitación para Enero-Febrero-Marzo del 2004, hecho a mediados de Diciembre del 2003

El pronóstico de la TSM desde Enero hasta Marzo del 2003, hecho a mediados de Diciembre del 2002, es mostrado en la Fig. 5. Se espera que El Niño que se desarrolló en Junio del 2002 continúe durante la estación de Enero-Febrero-Marzo, y esta será la característica más importante afectando el clima de Enero a Marzo del 2003. Se espera que la TSM del Océano Indico también continúe por encima de lo normal, mientras un patrón de anomalía de TSM bastante débil es pronosticado para el Atlántico tropical con alguna TSM encima de lo normal en el lado este, así como bien al norte y sur del ecuador. La porción del Pacífico tropical de los pronósticos de TSM tiene una confianza bastante alta, la porción del Océano Indico tiene la confianza próxima más alta, y la porción del Atlántico tropical tiene la menor confianza relativa.

El pronóstico de la precipitación resultante de este pronóstico de TSM es mostrado en la Fig. 6, como fue formulado principalmente de un ensamble multi-modelo ponderado de los seis GCMs atmosféricos mencionados arriba (modelos ECHAM4.5, CCM3.6, NCEP/MRF9, NSIPP, COLA2 y Scripps/ECPC). Mientras que promedios estadísticos de las anomalías del clima durante los pasados El Niño son también usados a veces para dar forma al pronóstico, esto fue hecho en este caso debido a que el estado del ENOS es considerado dentro del rango neutral. Los colores en la Fig. 6 indican la probabilidad del tercil que se pronostica tendrá la más alta probabilidad de ocurrencia. El verde y el azul indican posibilidades realzadas de condiciones húmedas, mientras que el amarillo, anaranjado y rojo muestra igualmente lo mismo para condiciones secas. La exactitud de este pronóstico de precipitación depende, claro esta, de la precisión del pronóstico de TSM. El desarrollo del estado de ENOS es particularmente crítico. El pronóstico muestra probabilidades realzadas para precipitación por encima de lo normal en parte del noreste de Brasil y en el oeste del Africa central ecuatorial. Probabilidades un poco realzadas para precipitación por debajo de lo normal son pronosticadas para partes del norte de Sur América tales como Venezuela, y en partes de Argentina y Chile central. Pronósticos para las porciones tropicales de la región de los Andes carecen de una señal, debido probablemente al estado neutral del actual ENOS. En partes considerables del interior de la región de los Andes el pronóstico climatológico es debido a la carencia de habilidad histórica del AGCMs global. Dado que los métodos de pronósticos empíricos muestran alguna habilidad sobre el interior de los Andes sur-tropicales (e.g. una tendencia hacia condiciones secas con El Niño y hacia condiciones húmedas con La Niña), es razonable esperar que las herramientas dinámicas serían mas efectivas con un paso de disminución de escala sumado a la producción del pronóstico global. Este es debido particularmente a la importante y detallada orografía de la región.

Global Blend SST Anomalies
Tropical Forecast (Pacific + Indian + Atlantic)
Forecast from DEC-2003 - Season JFM-2004

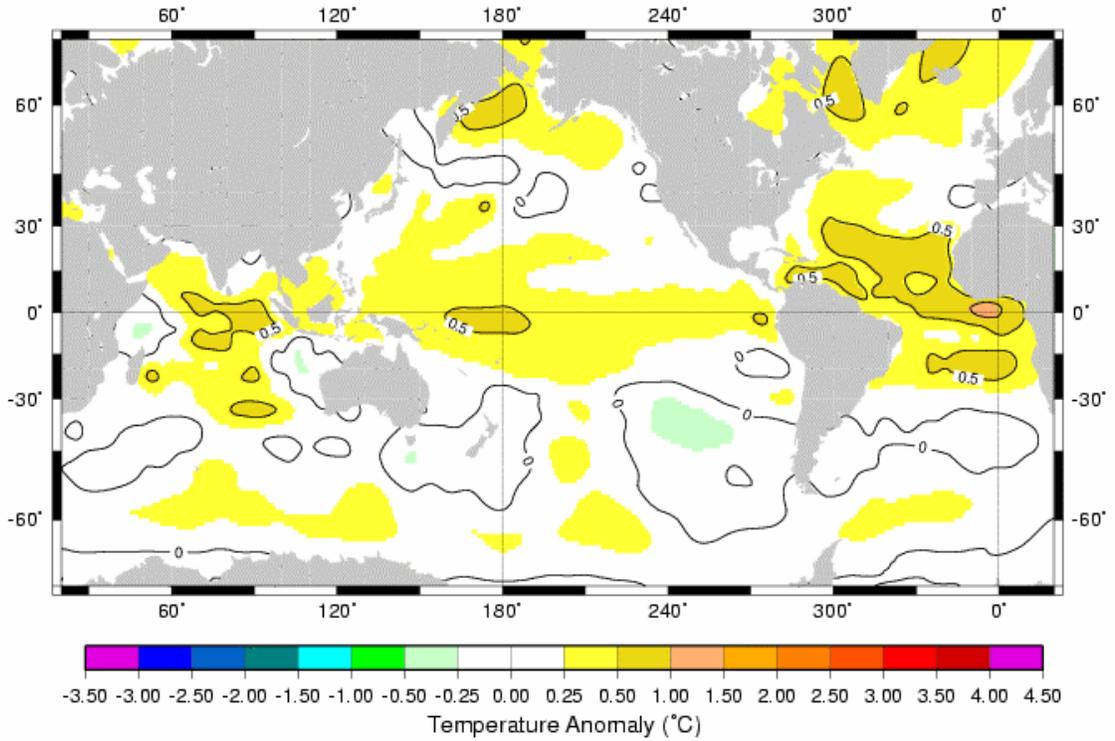


Figura 5. Pronóstico de TSM en tiempo real para Enero-Febrero-Marzo 2004, basado en una combinación de modelos dinámicos y estadísticos como fue descrito en el texto. Observe que el color amarillo denota una anomalía positiva de solo un cuarto de grado C.

IRI Multi-Model Probability Forecast for Precipitation January-February-March 2004 made December 2003

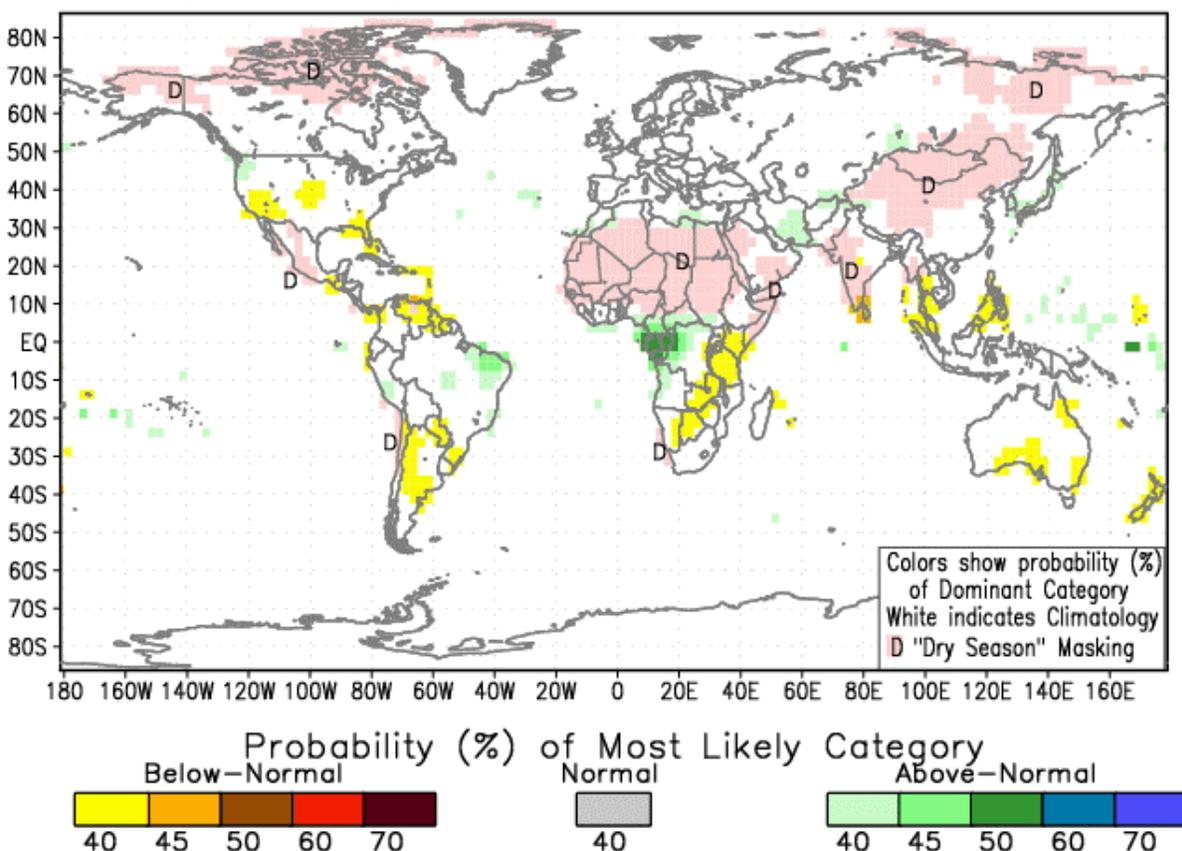


Fig. 6. Pronóstico de TSM en tiempo real para Enero-Febrero-Marzo 2003, resultante del pronóstico de TSM mostrado en la Fig. 5. Un esquema de ensamble multi-modelo es usado con el pronóstico de cinco modelos de circulación general atmosférica. El color del sombreado indica la probabilidad del tercil que es más probable.

Un Formato de pronóstico más flexible

Muchos usuarios de pronósticos expresan su insatisfacción con el formato usado en el pronóstico del clima del IRI, a saber probabilidades para las tres categorías de terciles. En muchos casos es la naturaleza probabilística de los pronósticos lo que ellos encuentran fastidioso, cuando ellos preferirían ver pronósticos determinísticos concretos de precipitación en unidades físicas como es hecho en los pronósticos diarios del tiempo. Usuarios que protestan acerca de este aspecto de los pronósticos deben entender que la naturaleza probabilística del clima es necesaria por su gran grado de incertidumbre, y que es lo mejor que, actualmente, puede ser hecho.

Otros usuarios, sin embargo, objetan un aspecto diferente del formato del pronóstico. Estos usuarios entienden que un formato probabilístico es necesario, dada la incertidumbre, pero desean enfocarse en otros sectores de la distribución del pronóstico además que terciles. Algunos pueden estar interesados en solamente el 40% inferior de la distribución climatológica, mientras otros necesitan saber específicamente acerca del 15% superior. En tales casos, los usuarios están justificados en sus protestas, pues es absolutamente posible que los productores del pronóstico publiquen las probabilidades para porciones más flexibles de la distribución climatológica

Hacia este objetivo, el IRI está planeando publicar pronósticos para localidades individuales en un

formato de densidad de probabilidad, o equivalentemente en un formato de probabilidad acumulativa (probabilidad de excedencia) Un ejemplo de la versión no acumulativa de tal curva se muestra en la Fig. 7, para un pronóstico de Noviembre-Diciembre-Enero 2003-04 hecho a mediados de Julio del 2003. El pronóstico indica un realzamiento débil de la categoría de precipitación por encima de lo normal (40% de probabilidades en lugar de la probabilidad neutral de 33%). De tal curva, los usuarios pueden determinar la probabilidad de ocurrencia del pronóstico dentro de cualquier rango escogido, y comparar esta probabilidad con la probabilidad climatológica para el mismo rango. Se planifica que una utilidad manejada por el usuario que permita tales cálculos acompañe los gráficos para un número de estaciones alrededor del globo. Junto con este producto aparecerá una incertidumbre estimada de las mismas probabilidades, reflejando una incertidumbre en la propia probabilidad de la evaluación. Este segundo nivel de incertidumbre puede estar relacionado a un error en el juicio del pronosticador, inexactitudes en datos observados recientes, errores en los pronósticos de TSM, y sesgos en el modelo dinámico residual después de las mejores correcciones.

3-MONTH TOTAL PRECIPITATION MULTI-MODEL PROBABILITY FORECAST FOR NDJ 2004 3.5 MONTH LEAD OUTLOOK - MADE MID-JULY, 2003

Station 736 PUCALLPA (CIV/MIL) Peru

-8.37 -74.58 149

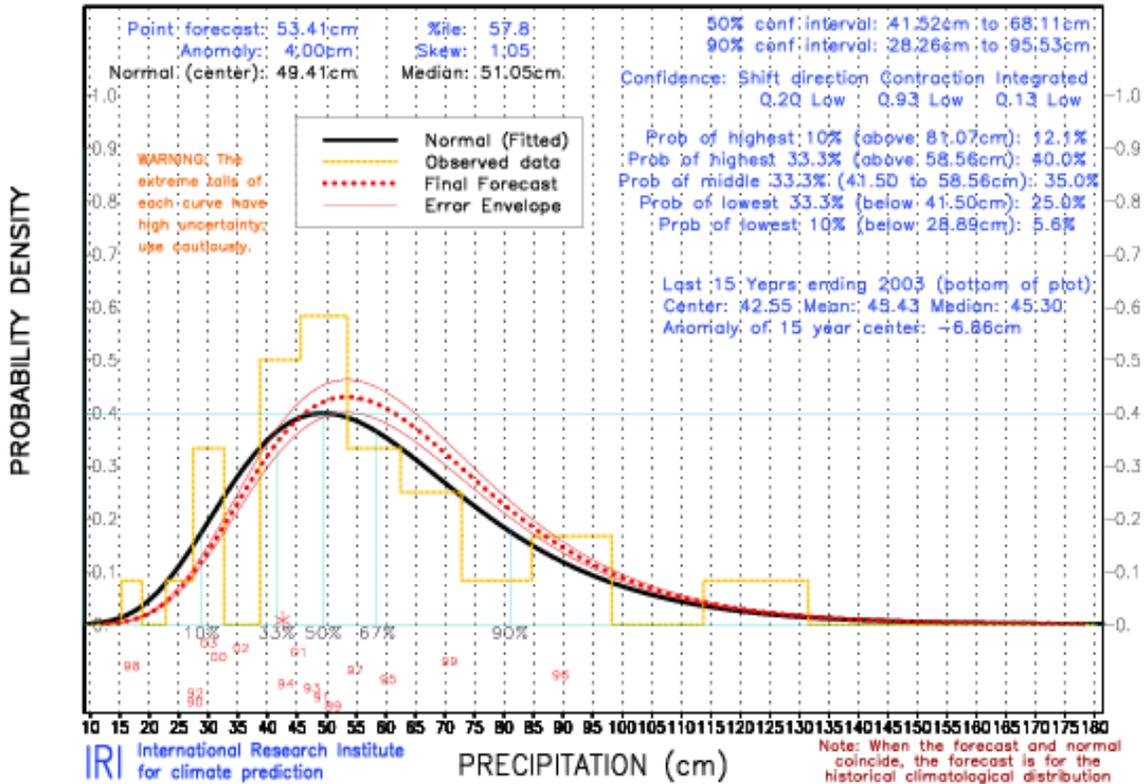


Figura 7. Curva de la densidad de probabilidad para el pronóstico de precipitación para Noviembre-Diciembre-Enero de 2003-04 para Pucallpa, Perú, hecho con un adelanto de 3.5-meses a partir de mediados de Julio de 2003. La curva negra representa la función de densidad de probabilidad para la distribución climatológica, y la curva roja muestra la función de densidad del pronóstico. La curva en amarillo que luce como histograma, muestra las frecuencias climatológicas de los intervalos definidos de precipitación discretos, a la cual es adaptada la curva negra usando una función Gaussiana y una transformación sesgada de poder ya determinada. Algunas estadísticas auxiliares son dadas en el texto de la figura, incluyendo el mejor pronóstico supuesto (punto) de 53.41cm, y las probabilidades del tercil de 25% para debajo de lo normal (debajo de 41.50 cm.), el 25% para cercano a lo normal (entre 41.50 y 58.56 cm.) y el 40% para encima de lo normal (sobre 58.56 cm.). Los números rojos en la parte inferior de la figura muestran las cantidades de precipitación observadas para esta estación en los 15 años más recientes, donde el número indica los dos últimos dígitos del año. En principio, un usuario puede obtener probabilidades de precipitación que estén entre cualquiera de dos cantidades elegidas. Mas información acerca de esta Figura y su contraparte acumulada ("probabilidad de excedencia") es dado en Barnston et al. (2000).

Referencias

- Barnston, A. G., S. J. Mason, L. Goddard, D. G. DeWitt, y S. E. Zebiak, 2003: Multimodel ensembling in seasonal climate forecasting at IRI. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **84** (December issue).
- Barnston, A. G., Y. He y D. Unger, 2000: A forecast product that maximizes utility for state-of-the-art climate prediction. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **81**, 1271-1279.
- Epstein, E. S., 1969: A scoring system for probability forecasts of ranked categories. *J. Appl. Meteor.*, **8**, 985-987.
- Goddard, L., S. J. Mason, S. E. Zebiak, C. F. Ropelewski, R. Basher y M. A. Cane, 2001: Current approaches to climate prediction. *Int. J. Climatol.*, **21**, 1111-1152.
- Goddard, L., A. G. Barnston y S. J. Mason, 2003: Evaluation of the IRI's "Net Assessment" seasonal climate forecasts: 1997-2001. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **84** (December issue).
- Mason, S. J., L. Goddard, N. E. Graham, E. Yulaeva, L. Sun y P. A. Arkin, 1999: The IRI seasonal climate prediction system and the 1997/98 El Niño. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 1853-1873.
- New, M., M. Hulme y P.D. Jones, 2000: Representing twentieth-century space-time climate variability. Part II: Development of a 1901-96 monthly grid of terrestrial surface climate. *J. Climate*, **13**, 2217-2238.
- Wilks, D. S., 1995. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. International Geophysics Series, Vol. 59, Academic Press, San Diego, 464 pp.
- Xie, P. y P. A. Arkin, 1996: Analyses of Global Monthly Precipitation Using Gauge Observations, Satellite Estimates, and Numerical Model Predictions. *J. Climate*, **9**, 840 -858.

Aplicación potencial para el pronóstico climático en los Países Andinos: Método de tabla de contingencia

Luis F. Alvarado
Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica

Introducción

En la actualidad todos los países que componen la región IV y la gran mayoría de la región III carecen totalmente de esquemas objetivos de predicción climática. En general no se cuenta con una metodología estandarizada, las diferentes contribuciones nacionales a la predicción regional no son uniformes y algunas veces son inconsistentes físicamente, por lo que sus perspectivas climáticas se basan en ocasiones en evaluaciones subjetivas, lo que da como resultado que países vecinos presenten pronósticos diametralmente opuestos a lo largo de sus fronteras. Con el fin de atender algunas de las necesidades que en materia de predicción climática tienen los servicios meteorológicos nacionales, un grupo de investigadores del Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica (CIGEFI-UCR) y el Laboratorio de Meteorología y Oceanografía para el Atlántico (AOML) de la NOAA, crearon un esquema estadístico de predicción climática que consta de una serie de programas ejecutables que usan interfaces amigables gráficas con el usuario, cuyo objetivo principal es el análisis cuantitativo y categórico de dos variables usando la teoría de los terciles. Esto se logra por medio de la construcción de una tabla de contingencia y calculando ciertos estadísticos para evaluar el grado de asociación entre las parejas de los dos conjuntos de datos.

En el año 2003 los Servicios Meteorológicos de México, de los países Centroamericanos y Andinos comenzaron a implementar y evaluar esta nueva metodología.

Este informe pretende presentar el método de la Tabla de Contingencia a los puntos focales de CLIPS y agrometeorólogos para que lo consideren como una herramienta objetiva de predicción climática estacional.

Características

Las siguientes son algunas de las ventajas que presenta el esquema de predicción de la Tabla de Contingencia:

- a. Es totalmente compatible con la forma en que actualmente los Servicios Meteorológicos están presentando las Perspectivas Climáticas en diferentes regiones del mundo (Figura 1).
- b. Se puede aplicar a diferentes escalas espaciales (puntual, regional, etc.) y temporales (mensual, estacional, anual e interanual).
- c. Es multidisciplinario, funciona tanto para pronóstico de parámetros meteorológicos (lluvia, temperatura, etc.) como también para parámetros indirectos (nivel de embalses, caudales de ríos, rendimientos de cultivos, etc.).
- d. Sólo requiere como datos de entrada los registros históricos de dos variables supuestamente correlacionadas. En caso de que los registros no estén completos, los programas aceptan un código para los datos faltantes.
- e. Los programas que realizan los cálculos estadísticos son totalmente amigables y requieren muy pocos recursos informáticos.
- f. Uno de los programas determina los niveles de confianza al 90% y 95% con el fin de rechazar o aceptar la significancia estadística de las correlaciones entre las variables.

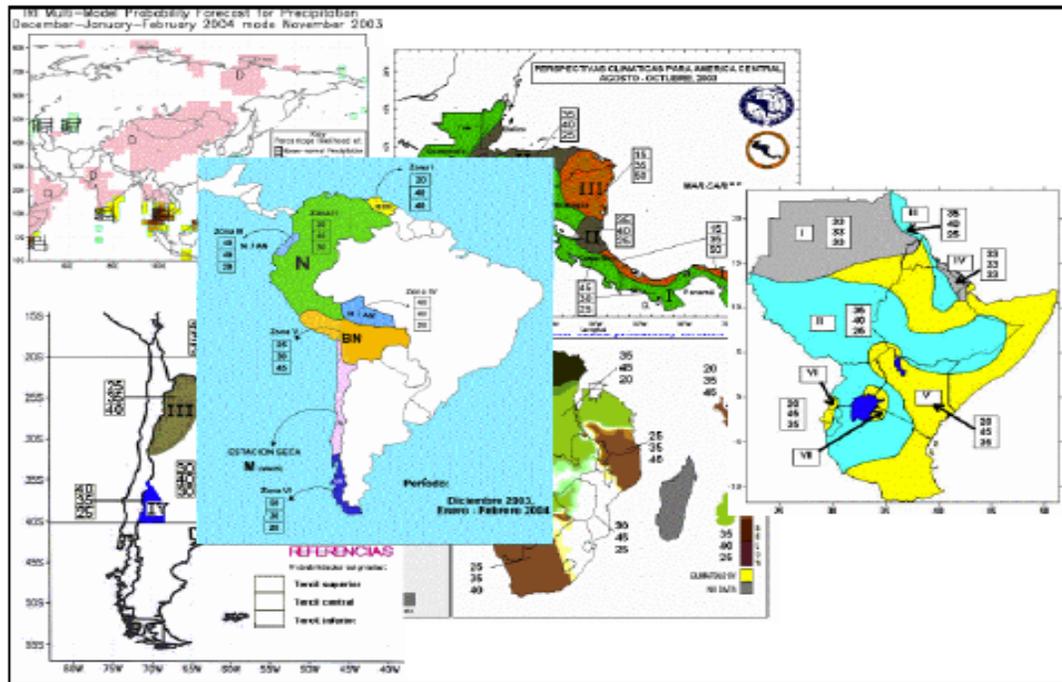


Figura 1. Presentaciones de los pronósticos climáticos estacionales realizadas por los Foros Climáticos Regionales alrededor del mundo.

Aspectos Teóricos del Programa e Interpretación de los Resultados.

3.1. Construcción interpretación de la tabla de contingencia

La asociación entre dos variables continuas está determinada por la distribución de probabilidad conjunta. En general esta distribución es desconocida, y en su defecto, se sustituye por la tabla de contingencia. Para construir esta tabla las variables continuas se dividen en categorías: la primera variable o variable independiente X en M categorías y la segunda variable o variable dependiente Y , en N categorías. Cada pareja de valores (x_i, y_j) pertenece a una y sólo una de las $M \times N$ categorías conjuntas. Luego se calculan las frecuencias empíricas f_{ij} que son el número de parejas que pertenecen a la categoría ij . Si la asociación entre las dos variables es muy débil, la población de la $M \times N$ categorías conjuntas es similar. En un Figura de tres dimensiones la superficie aparece plana porque los valores de X dentro de la categoría i pueden estar asociados indistintamente con valores que pertenecen a cualquiera de las N categorías de Y (Figura 2.a). Si la asociación es fuerte, la superficie alcanza valores grandes a lo largo de una de las diagonales y valores bajos en las esquinas que no pertenecen a la diagonal (Figura 2.b). En el caso de asociación positiva los valores altos se presentan a lo largo de la diagonal mayor y en el caso de asociación negativa, a lo largo de la diagonal menor.

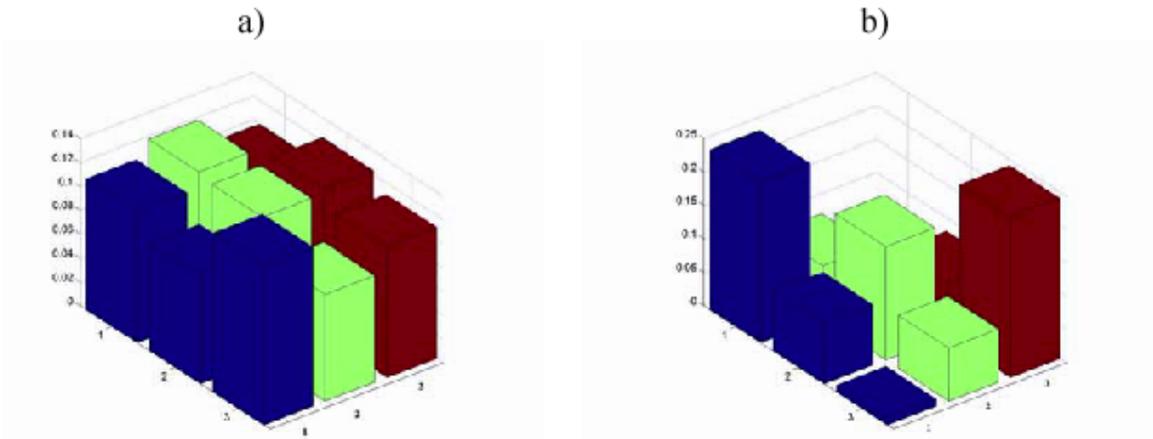


Figura 2. Probabilidades empíricas para: a) caso en que la asociación entre las variables es débil, nótese que la frecuencia en cada una de las casillas es muy similar y b) caso en que la asociación entre las variables es fuerte, nótese que las frecuencias a lo largo de la diagonales es superior al resto de las categorías.

Al dividir las frecuencias empíricas por el número total de parejas se obtienen las probabilidades empíricas. Es decir $p_{ij} = f_{ij} / n$, es la probabilidad empírica que una pareja de valores pertenezca a la categoría conjunta ij . En los foros climáticos los valores individuales de p_{ij} o f_{ij} pueden ser expresados en términos de porcentajes, P_{ij} , en función de los M escenarios de la variable independiente o predictor, es decir,

$$P_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sum_{j=1}^M p_{ij}} \times 100, \text{ o, } P_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sum_{j=1}^M f_{ij}} \times 100.$$

3.2. Función de correlación cruzada.

El paso clave para la aplicación de la tabla de contingencia es la escogencia de la variable independiente y de la variable dependiente. En general se requiere que las dos estén relacionadas lo más íntimamente posible, en otras palabras, que tengan “información” común.

En una figura de dispersión como el de la figura 3 se muestra el caso de dos variables que están muy relacionadas: valores bajos(altos) de la variable independiente están asociados con valores bajos(altos) de la variable dependiente; en dicho caso se dice que la asociación o correlación entre ambos parámetros es positiva. La división por terciles permite clasificar las dos series de tiempo en tres categorías: mayor de lo normal, dentro de lo normal y menor de lo normal.

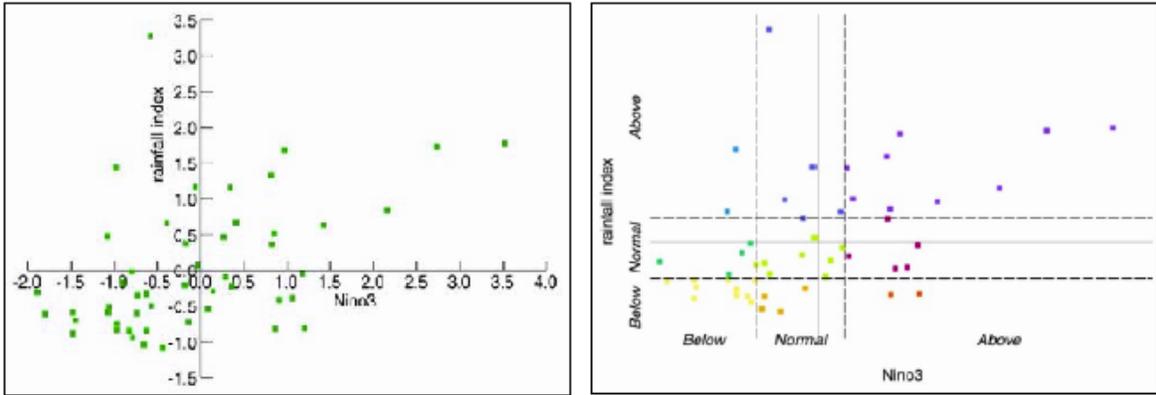


Figura 3. Figura de dispersión y división por terciles de dos variables positivamente correlacionadas.

Una herramienta matemática que permite cuantificar el comportamiento común (o el grado de “información” común) entre esas dos variables es la Función de correlación cruzada estimada que se define de la siguiente forma:

$$c_{xy}[k] = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} \frac{(x[t] - \bar{x})(y[t+k] - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

$$c_{yx}[k] = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} \frac{(y[t] - \bar{y})(x[t+k] - \bar{x})}{\sigma_x \sigma_y} \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

donde \bar{x} y \bar{y} son las medias muestrales, y σ_x y σ_y las desviaciones estándar de las series “x” y “y”; k es el factor de rezago.

3.3. La tabla de contingencia 3 x 3

A primera vista pareciera conveniente usar un número grande de categorías para alcanzar una mayor resolución. En la práctica se ha encontrado que un número alto de categorías es difícil de interpretar por el gran número de posibilidades a considerar. Además, se ocuparía un número muy grande de datos para lograr un análisis estable de las $M \times N$ categorías. Al dividir las dos variables en terciles, es decir, haciendo $M = N = 3$, se obtienen 9 categorías conjuntas que permiten cierto grado de resolución y un número manejable de posibilidades.

Por otro lado, una manera pragmática de enfocar la selección de 3 x 3 es que frecuentemente se busca un pronóstico que sea entendido fácilmente por el público en general usando conceptos tales como: *normal*, *arriba de lo normal* y *abajo de lo normal*.

Supónganse que se quiere hacer una validación cruzada entre un conjunto de observaciones (variable independiente, o predictor) y un conjunto de valores cuya proyección a futuro se desea pronosticar (variable dependiente, predictando). Como ejemplo se podría tener como variable predictora algún índice de El Niño-Oscilación del Sur o ENOS (p.e. IOS), mientras que la variable a pronosticar podría ser la lluvia esperada en alguna región climática o cuenca del país, medido normalmente por el promedio de un conjunto de estaciones pluviométricas. Las observaciones se dividen en terciles: valores bajos (Obs. Bajo), valores normales (Obs. Normal) y valores altos (Obs. Alto). Cada observación (es decir renglón o fila del archivo de datos) tiene que pertenecer a una sola categoría (las categorías son excluyentes) y las tres categorías agotan todas las posibilidades dentro de la “muestra” o conjunto de observaciones tomadas (las categorías son

exhaustivas). Esto se ilustra en el diagrama de Venn de la Figura 4 (izquierda). La Figura 4 (centro) muestra el diagrama de Venn para los pronósticos. Como las categorías son terciles, cada categoría es un tercio del área total. Al considerar las parejas de (valores observados, valor pronosticado) el diagrama de Venn para las parejas toma la forma de la Figura. 4 (derecha) en la cual se identifican nueve categorías excluyentes y exhaustivas para las parejas. Por ejemplo, un valor bajo de la observación puede estar asociado con un valor bajo (OB-PB), uno normal (OB-PN) o uno alto (OB-PA) del valor pronosticado.

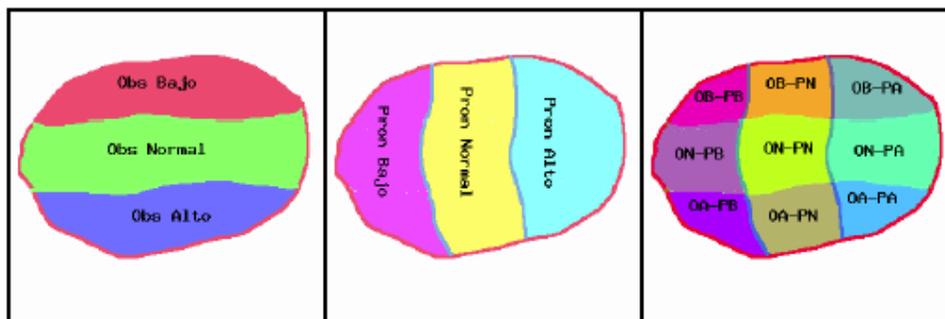


Figura 4. Diagrama de Venn de la variable independiente categorizada en terciles (izquierda), de la variable dependiente categorizada en terciles(centro) y de las categorías conjuntas.

En otras palabras, se ha determinado para cada una de las dos variables, cuales son las categorías históricas que se consideran normal, arriba de lo normal o debajo de lo normal, en ausencia de cualquier otro criterio. Pero si se sospecha que la categoría de la variable predictora afecta la distribución de lluvias (p.e., más lluvias con La Niña, menos lluvias con El Niño), se puede comprobar esto o rechazarlo repartiendo los datos entre las categorías conjuntas.

La Figura 4 (derecha) muestra que el área de cada una de las nueve posibilidades es aproximadamente del mismo valor. Este es el caso cuando la asociación entre las observaciones y el pronóstico es débil o aleatorio (similar a lo mostrado en la Figura 1.a.) (En este caso la condición de la variable predictora no rinde un efecto significativo sobre la variable a pronosticar. En otras palabras y en referencia al ejemplo anterior, al estar el Océano Pacífico en estado normal, o Niño o Niña, la distribución de lluvias no se aparta de manera significativa de lo esperado por la climatología: $[1/3, 1/3, 1/3]$). Este caso teórico de independencia estadística entre la observación y el pronóstico se utiliza como punto de referencia para evaluar la bondad de un pronóstico. Mientras más difieran las propiedades estadísticas de una tabla de contingencia respecto a las propiedades de la tabla de contingencia de variables independientes, se considera más fuerte la asociación entre la variable independiente y dependiente. Muchos de los estadísticos y de los ensayos de significación utilizados cuantifican qué tan diferente es una tabla de contingencia dada con respecto a la tabla de contingencia del caso de variables independientes.

Estructura de la Metodología

El esquema de predicción climáticas de la Tabla de Contingencia consta de dos programas.

El primero calcula la correlación cruzada sesgada entre dos variables para rezagos de tiempo $k=0, \pm 1$. Las dos variables sobre las que se realiza el análisis deben ser secuencias temporales anuales, aunque las secuencias de entrada al programa pueden ser mensuales o anuales. Este programa es de mucha ayuda para la identificación de predictores.

Las variables que serán analizadas deben estar contenidas en sendos archivos ASCII o de texto simple, en los cuales los valores de las filas de cada columna deben estar separados por una o más espacios en blanco. La primera columna es un índice secuencial y la segunda columna la variable independiente o dependiente. Las líneas que se consideren comentarios deben iniciarse

con un signo de % y los datos faltantes deben codificarse apropiadamente con un valor numérico, p.e. -9999.

El segundo de los programas construye la tabla de contingencia entre las dos variables. Al igual que en el caso anterior, las variables que serán analizadas deben estar contenidas en un archivo ASCII en donde la primer columna es un índice secuencial, la segunda columna se considera la variable independiente y la tercer columna es la variable dependiente. Las líneas que se consideren comentarios deben iniciarse con un signo de %. El programa puede ser usado en dos formas: la primera para hacer el análisis exploratorio entre dos variables que se suponen correlacionadas, positiva o negativamente, en el tiempo (p.e. La precipitación en Guayaquil vs. El índice de Oscilación del Sur) y la segunda para realizar la validación cruzada de un pronóstico, o sea, para ver como se contrasta lo observado con respecto a lo pronosticado. Los programas son ejecutables bajo ambiente Windows. Más información sobre la instalación y ejecución de estos programas puede ser obtenida por medio de los autores.

Créditos

El esquema de predicción de la Tabla de Contingencia es un proyecto a cargo de:

- a. Dr. Erick Alfaro y Dr. Javier F. Soley de la Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica.
- b. Dr. David B. Enfield de la División de Oceanografía Física del Laboratorio de Meteorología y Oceanografía del Atlántico de la NOAA.

Aplicación al Pronóstico Climático en los Países Andinos

A continuación se desarrollarán 3 ejemplos usando registros de lluvia de algunas estaciones meteorológicas de Colombia y Ecuador. Los ejemplos se refieren a la Perspectiva del periodo diciembre-2003 a febrero-2004. La figura 5 muestra la ubicación y nombre de las estaciones meteorológicas. Los datos de estos puntos son los siguientes:

- a. Colombia: estación 80222, Observatorio Meteorológico Nacional, 2556 msnm, registros de 1866-2003.
- b. Ecuador:
 - b.1. 84071, Quito, 2818 msnm, 1891-1982.
 - b.2. 84203, Guayaquil, 6 msnm, 1915-1982.

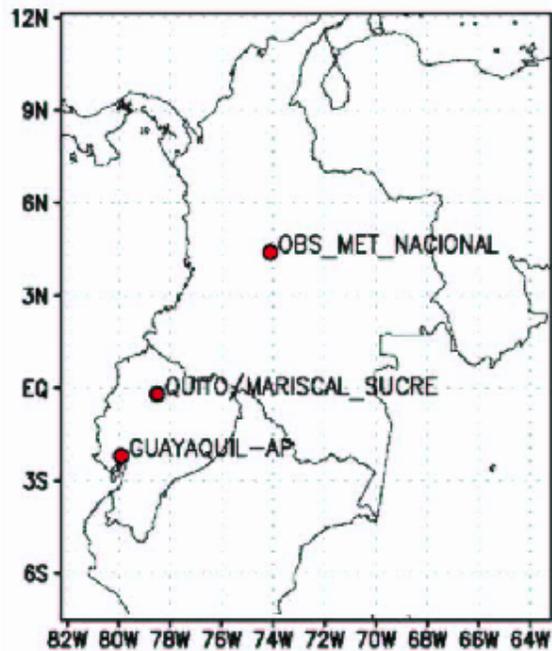


Figura 5. Localización de las estaciones meteorológicas.

6.1. Observatorio Meteorológico Nacional (Colombia)

Al aplicar el programa que calcula las correlaciones cruzadas, se obtuvo que el mejor predictor para la lluvia de DEF de esta estación fue el índice Niño-3. La figura 6 muestra las correlaciones para diferentes periodos del año y también los niveles de confianza.

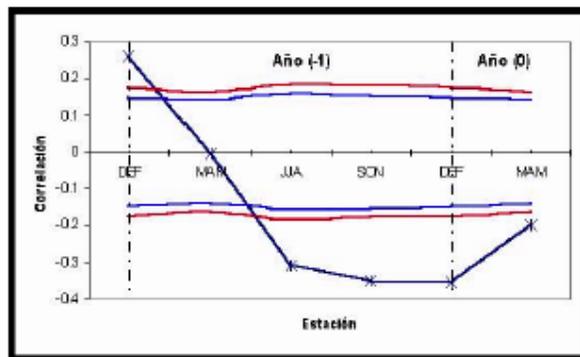


Figura 6. Función de correlación cruzada (línea con asteriscos) entre el índice del Niño-3 y la lluvia de DEF en la estación 80222. Las líneas de color azul y rojo son los niveles de confianza al 90% y 95%. Es evidente en la figura 6 que el mejor predictor corresponde al índice Niño-3 del periodo DEF (rezago 0). En este caso el rezago 0 implica un modo de predicción conocido como prognosis perfecta, en la cual será necesario determinar el escenario más probable del predictor para el periodo de pronóstico (DEF-2004), es decir, se necesita estimar cuál va a ser el estado del Niño-3 durante DEF-2004.

Posteriormente se aplica el programa que calcula la tabla de contingencia correspondiente (Figura 7), usando como predictor al Niño-3 de DEF.

		PCP(DEF)		
		BN	N	AN
NIÑO-3	BN	0.0584	0.1022	0.1752
	N	0.1168	0.1095	0.1022
	AN	0.1606	0.1168	0.0585

Figura 7. Tabla de Contingencia entre el índice Niño-3 y la lluvia de DEF en la estación Observatorio Meteorológico Nacional de Colombia (1867-1982).

Tal como se mencionó antes, la relación anterior sugiere un esquema de predicción llamado prognosis perfecta, para la cual será necesario conocer el comportamiento del Niño-3 en DEF-2004. Todos los modelos y esquemas de predicción indican que el Niño-3 podría estar entre normal o ligeramente arriba de lo normal. Entonces se suman los valores de la segunda y tercera fila, lo cual da 0.6643. Por lo tanto la distribución de las probabilidades para cada uno de los tres posibles escenarios queda de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{BN} &= [(0.1168+0.1606)/0.6643] * 100 = 42\% \\ \text{N} &= [(0.1095+0.1168)/0.6643] * 100 = 34\% \\ \text{AN} &= [(0.1022+0.0584)/0.6643] * 100 = 24\% \end{aligned}$$

Según lo anterior, el escenario más probable es el bajo lo normal(BN), lo que significa que hay un 42% de probabilidad de que en DEF-2004 lloverá menos de lo normal.

6.2. Quito (Ecuador)

Para este caso, la Función de Correlación Cruzada(FCC) indicó que el mejor predictor es el índice de Oscilación Austral(IOS). La Figura 8 muestra las correlaciones para distintas épocas del año. Nótese que la época mejor correlacionada es la de marzo-abril-mayo) MAM) -1, es decir, MAM (-1). Esto equivale al valor del índice IOS de MAM-2003.

Nótese que en este caso las mejores correlaciones (significativas al 905 y 95%) son las de MAM(-1) y DEF(0). Sin embargo, se seleccionará MAM(-1) porque presenta una correlación más alta que la de DEF(0) y porque se trata de un esquema clásico de predicción(MAM-0 representa un esquema de prognosis perfecta).

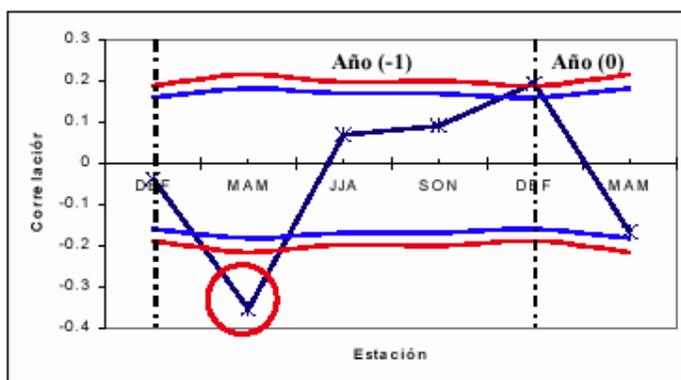


Figura 8. Función de correlación cruzada del IOS (línea con asteriscos) y la lluvia DEF en la estación de Quito. Los niveles de confianza están indicados por las líneas roja(95%) y azul(90%).

La figura siguiente muestra la tabla de contingencia del presente caso de estudio.

		PCP(DEF)		
		BN	N	AN
IOS	BN	0.1087	0.0978	0.1413
	N	0.1196	0.1196	0.0761
	AN	0.1087	0.1087	0.1196

Figura 9. Tabla de Contingencia entre el índice IOS y la lluvia de DEF en la estación Quito, Ecuador (1867-1982).

Ahora bien, para asignar las probabilidades a cada uno de los tres posibles escenarios es necesario averiguar cómo se comportó el índice IOS en MAM(-1), es decir, en MAM-2003. Según los datos, el valor del IOS fue -0.7 , lo cual se considera un valor menor de lo normal. Por lo tanto se suman los valores de primera fila y se obtiene 0.3478 . De modo que la sugerencia para el verano austral queda así:

$$\begin{aligned} \text{BN} &= (0.1087/0.3478) * 100 = 31\% \\ \text{N} &= (0.0978/0.3478) * 100 = 28\% \\ \text{AN} &= (0.1413/0.3478) * 100 = 41\% \end{aligned}$$

Lo anterior implica que el escenario más probable es el “mayor al normal”(AN), es decir, hay un 41% de probabilidad de que la lluvia en DEF-2004 en Quito será mayor a lo normal.

6.3. Guayaquil (Ecuador)

La Figura 10 muestra las mejores correlaciones encontradas entre cada uno de los índices utilizados y las lluvias de DEF en Guayaquil. Esa figura indica que el mejor predictor es el índice ATN (anomalía de la temperatura del mar del océano Atlántico Tropical) del periodo DEF(-1).

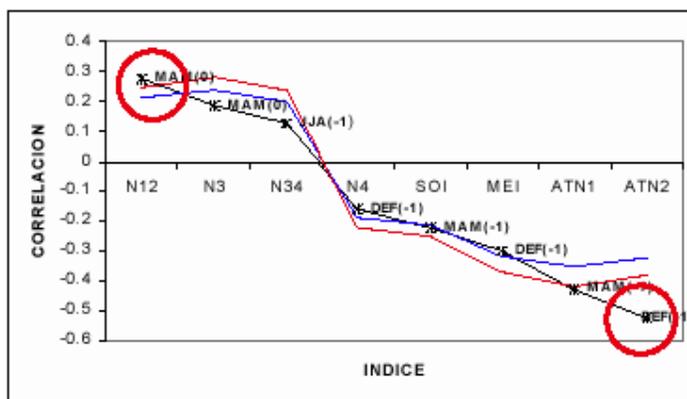


Figura 10. Función de correlación cruzada (línea color negro con asteriscos) entre varios índices y la lluvia de DEF de Guayaquil. Las otras dos líneas representan los límites de confianza.

La tabla de contingencia correspondiente se encuentra a continuación.

PCP(DEF)	
----------	--

		BN	N	AN
ATN	BN	0.0882	0.0588	0.1765
	N	0.1176	0.1765	0.0588
	AN	0.1176	0.1176	0.0882

Figura 11. Tabla de contingencia entre el índice ATN y la lluvia de DEF de Guayaquil (1915-1982).

Ahora bien, para asignar las probabilidades a cada uno de los tres posibles escenarios es necesario averiguar cómo se comportó el índice ATN en DEF(-1), es decir, en DEF-2003.

Según los datos, el valor del ATN fue +0.09, lo cual se considera un valor normal. Por lo tanto se suman los valores de la segunda fila y se obtiene 0.3529. De modo que la sugerencia para el verano austral queda así:

$$\begin{aligned} \text{BN} &= (0.1176/0.3529) * 100 = 33\% \\ \text{N} &= (0.1765/0.3529) * 100 = 50\% \\ \text{AN} &= (0.0588/0.3529) * 100 = 17\% \end{aligned}$$

Lo anterior significa que el escenario más probable es el N (Normal) con un 50% de probabilidad. El resultado final de la perspectiva climática para DEF-2004 se presenta en la siguiente figura.

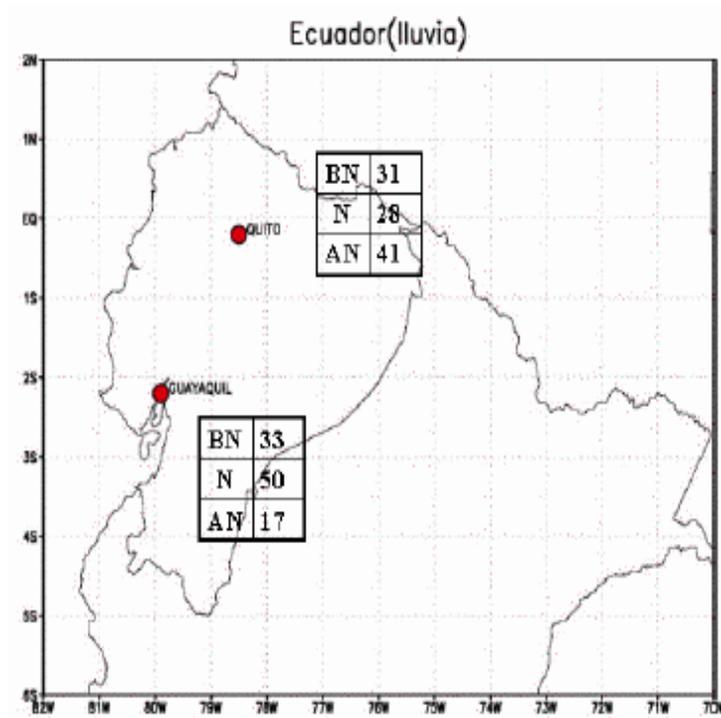


Figura 12. Perspectiva climática estacional (DEF-2004) para dos estaciones meteorológicas de Ecuador.

Información sobre los autores y contactos

- a. **Dr. F. Javier Soley**
CIGEFI-Escuela de Física
Universidad de Costa Rica
2060-Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
Tel: (506) 207-5320
Fax: (506) 234-2703
Email: fjsoley@racsa.co.cr, fjsoley@hermes.efis.ucr.ac.cr

- b. **Dr. Eric J. Alfaro**
CIGEFI-Escuela de Física
Universidad de Costa Rica
2060-Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
Tel: (506) 207-5320
Fax: (506) 234-2703
Email: ejalfaro@cariari.ucr.ac.cr, ealfaro@ariel.efis.ucr.ac.cr

- c. **Dr. David B. Enfield**
PhOD/AOML/NOAA
4301 Rickenbacker Causeway
Miami, FL 33149
Email: David.Enfield@noaa.gov

- d. **Luis F. Alvarado**
Instituto Meteorológico Nacional
Ministerio del Ambiente y Energía
San José, Costa Rica
Tel: (506) 222-5616/223-1837
Fax: (506) 2578287/223-1837
E-mail: lalvarado@imn.ac.cr

Los autores están en la mejor disposición de evacuar cualquier consulta que tenga el usuario sobre el material aquí presentado, así como el considerar las sugerencias que se deseen hacer sobre el mismo, por lo que le agradecemos su contacto con nosotros.

Aplicaciones actuales de la Información del Clima en Bolivia

Edgar Imaña M.

*Jefe de la Unidad de Agrometeorología
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Bolivia*

Síntesis institucional

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología fue creado por decreto Ley 0865 de septiembre de 1968. En la oportunidad se fusionaron la Dirección de Meteorología dependiente del ministerio de Agricultura y la Dirección de Hidrología dependiente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, de tal manera que la información colectada en cada dirección data desde la fundación de cada una de estas direcciones, esta información fue remitida al actual Servicio. (SENAMHI)

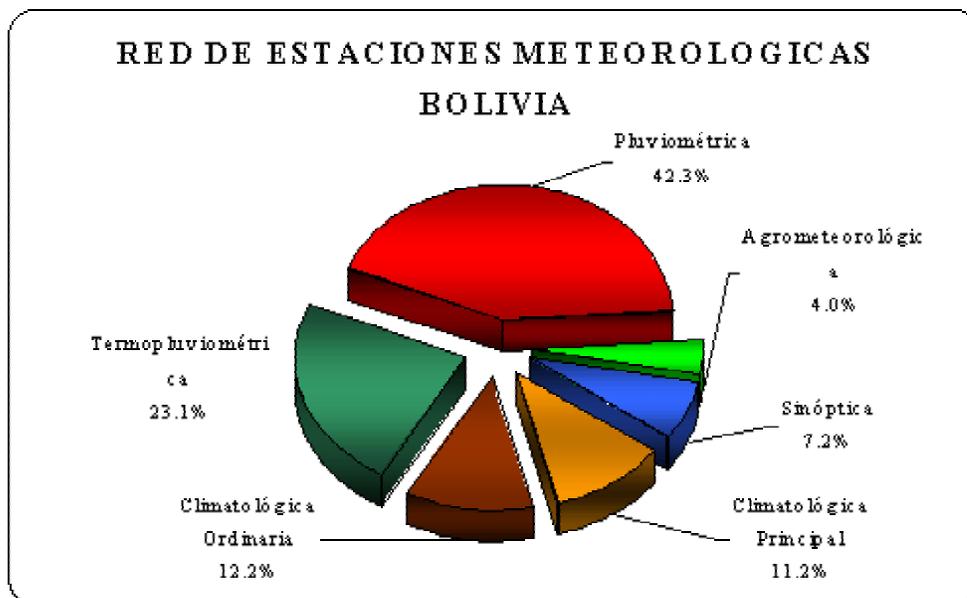
Funciones

Las principales funciones de acuerdo al Decreto de su creación son las siguientes:

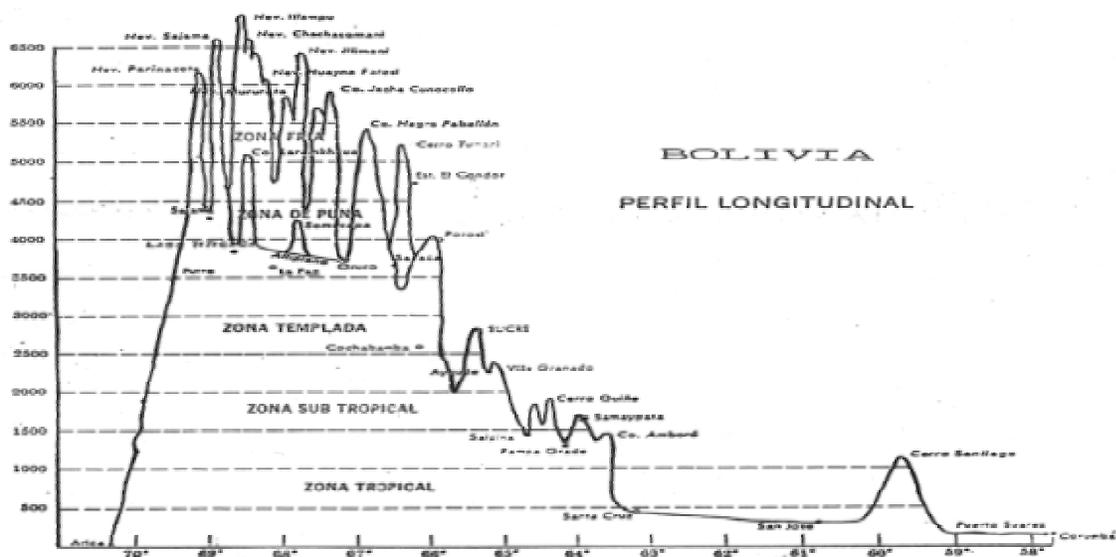
- Normar la actividad Hidrometeorológica y centralizar la información con carácter Nacional.
- Mantener, operar e incrementar la red Nacional de Estaciones Hidrometeorológicas.
- Estudiar de manera general el Clima, el tiempo y los recursos hídricos del país para optimizar el uso de los recursos no renovables
- Elaborar y difundir datos en los ambientes Nacionales e Internacionales para coadyuvar en el control y cuidado del medio ambiente.
- Apoyar a la investigación en las diferentes disciplinas del quehacer Nacional
- Representar al país ante Organismos Internacionales en el campo de su competencia adecuándose a las normas internacionales que rigen la materia.

En atribución de sus funciones el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) esta encargado de la recolección de la información meteorológica e hidrológica de todas las estaciones instaladas en el país, mantiene una red de estaciones Meteorológicas e Hidrológicas de distintos tipos.

La red de estaciones Meteorológicas esta compuesta por estaciones Pluviométricas, Termopluviométricas, Climatológicas ordinarias, Climatológicas principales, Estaciones Sinópticas y Agrometeorológicas.



Sin embargo la red de estaciones no es suficiente dada la extensión del territorio y principalmente su diversidad topográfica con una variación altitudinal que va de mas de los 6500 a 200 m lo que hace necesario la ampliación del número de estaciones para tener una mejor cobertura del territorio de Bolivia.



Información Climatológica

La información climatológica recolectada, data del año 1943 en forma regular y en mayor número a partir del año 1973 sobre la base de una ampliación de estaciones mediante un programa de fortalecimiento financiado por la OMM y el PNUD. Además se debe mencionar que para algunas regiones se cuenta con información que data de 1890 a la fecha, colectada por otras instituciones dicha información también fue remitida al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

La información meteorológica recolectada, inicialmente fue recopilada en tarjetas y posteriormente ha sido introducida en Sistemas Computarizados, en una primera fase a nivel mensual y actualmente a nivel diario. Esto a permitido efectuar un análisis de consistencia en el dato observado y la elaboración de una estadística pormenorizada de los distintos elementos climatológicos.

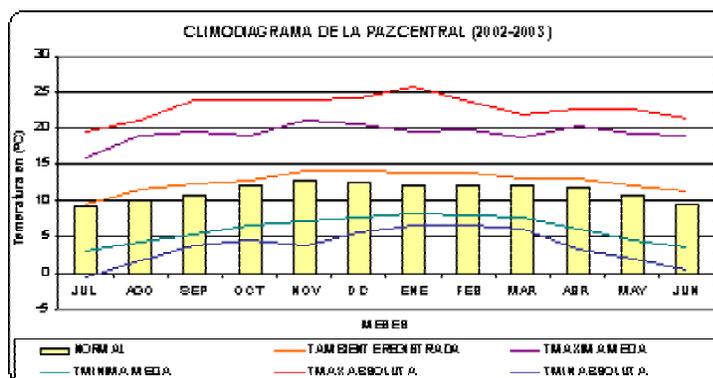
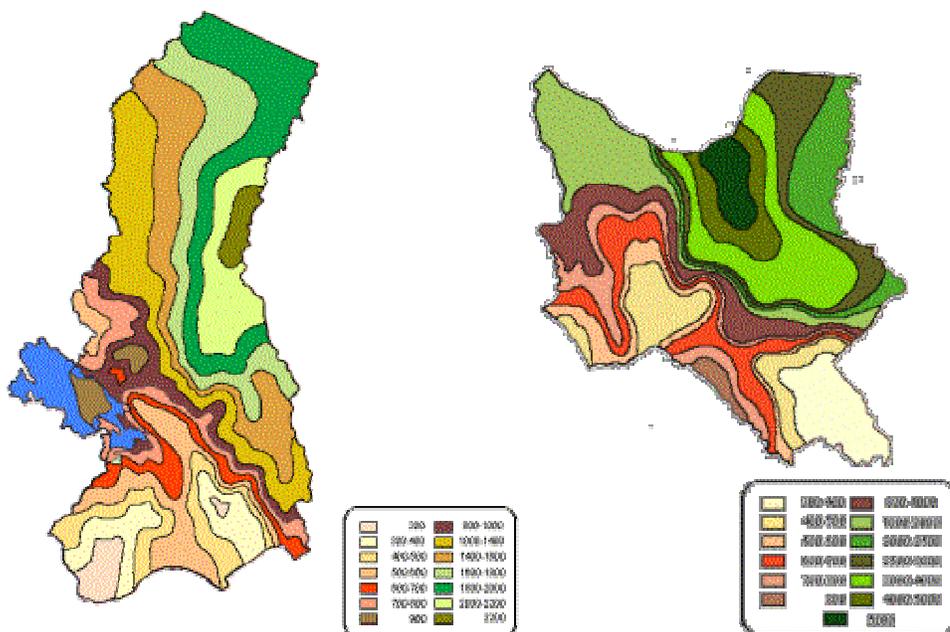
Productos

Con la información disponible se ha elaborado cuadros estadísticos, climogramas y mapas como: isoyetas, isotermas etc. con valores promedio a nivel Nacional, Departamental y Regional para los distintos pisos ecológicos.

ISOYETAS

DEPARTAMENTO DE LA PAZ

DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA



Variabilidad climática

La compleja variabilidad e incertidumbre climática que afecta los distintos estratos sociales, tanto productivos, industriales y en conjunto el hábitat en general nos ha llevado a efectuar un análisis de los distintos elementos climatológicos y particularmente de aquellos que causan mayor impacto social y efecto en las distintas actividades de producción Agricultura, transporte, industria, etc., además de los impactos ambientales.

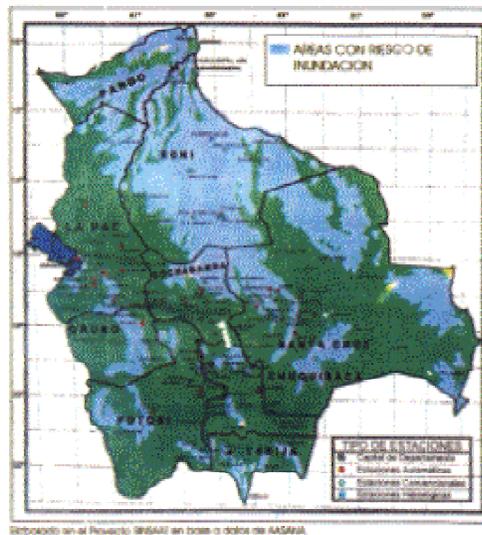
Se efectuaron análisis de frecuencias de eventos extremos como ser: Lluvias torrenciales, heladas, sequías, inundaciones que aquejan a las distintas regiones o pisos ecológicos que tiene nuestro país.

Este análisis climatológico tanto nacional como regional ha permitido por otra parte correlacionar con distintos fenómenos naturales consecuencia de la interacción entre el océano tropical y la atmósfera global como es el Fenómeno de El Niño (ENSO.)

XI. MAPA DE ZONAS CON RIESGO DE SEQUÍA.



XII. MAPA DE AREAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN.



Aplicaciones Actuales

La información procesada se aplica primordialmente para observar la variabilidad de los distintos elementos climatológicos frente a las Condiciones Normales en cada Región.

Otra aplicación importante que se puede mencionar, es el uso de la información para efectuar la clasificación Climática para distintos Departamentos en base a un análisis y cuantificación de los principales elementos climáticos, se realizaron diversos estudios Hidro-climáticos como: el estudio Hidrometeorológico de la Cuenca andina del Río Beni, Estudios de la Radiación Neta y ETP en el Altiplano, Estudio Agroclimático del Altiplano, Zonificación de áreas susceptibles a sequías, inundaciones y otros.

Se realizaron trabajos operativos e investigación con entidades agrícolas y organizaciones no gubernamentales apoyando tanto en trabajos de producción y planeamiento agrícola.

Actividades civiles como Transportes, Construcciones, Industria y otros sectores son apoyadas en forma regular con la información climatológica.

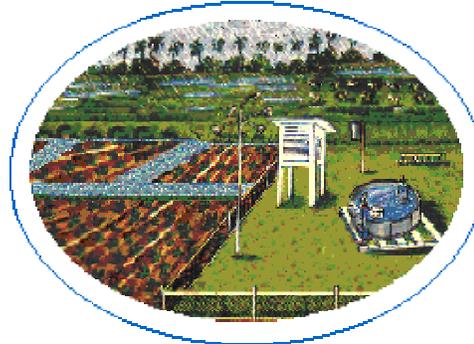
La mayor aplicación climática de apoyo operativo se orientó a la Agricultura muy particularmente en el altiplano con la emisión de Boletines decadales (10 días) para regiones próximas y boletines mensuales para regiones mas alejadas, conteniendo los distintos índices Agroclimáticos además de las tendencias probabilísticas de los principales índices Agroclimáticos, probable comportamiento de los cultivos frente a las condiciones climáticas presentadas, etc.



SERVICIO NACIONAL DE
METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL
SUKAKOLLUS



BOLETIN AGROMETEOROLOGICO



PRIMERA QUINCENA
Abril 2003

Abril 2003



SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA

Tabla de Índices Agrometeorológicos (Septiembre 2003)

ESTACION	PERIODO	TEMPERATURA				DIAS HEL	UNIDADES CALOR			T. SUELO		HORA FRIO	PREC	DIAS PREC	IND PREC	ETP	IND HUM	HUM REL	RAD. GLOB	VIENTO	
		TMAX	TMIN	TMED	MINEX		°C	°C	°C	5cm.	10cm.									hrs	mm
PATACAMAYA	1-10	17.5	-2.3	7.6	-7.4	8.0	25.7	0.1	0.0	0.0	13.4	0.0	4.6	2.0	18.3	2.8	16.3	52.5	485.7	2.0	N
	11-20	18.4	-1.3	8.6	-3.0	7.0	35.6	0.7	0.0	0.0	14.1	0.0	16.4	3.0	65.3	3.0	53.8	48.9	491.2	2.0	N
	21-31	20.2	0.0	10.1	-8.5	3.0	51.0	10.4	0.0	0.0	14.9	0.0	1.4	1.0	5.6	3.1	4.6	45.3	494.3	1.0	N
	MES	18.7	0.0	8.7	-8.5	18.0	112.3	11.2	0.0	0.0	14.1	0.0	22.4	6.0	89.2	3.0	24.9	48.9	490.4	1.7	
LA PAZ EL ALTO	1-10	13.1	-2.9	5.1	-5.1	9.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	4.0	31.6	0.0	0.0	43.9	430.9	4.0	W
	11-20	13.7	-1.2	6.2	-2.4	7.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	4.0	70.2	0.0	0.0	48.4	456.8	3.0	SE
	21-31	15.2	-1.8	6.7	-5.8	8.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	3.0	5.8	0.0	0.0	40.7	423.9	3.0	W
	MES	14.0	-2.0	6.0	-5.8	24.0	35.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1	11.0	107.6	0.0	0.0	44.3	437.2	3.3	
LA PAZ CENTRAL	1-10	18.1	2.8	10.4	1.5	0.0	54.5	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	2.0	22.8	3.2	20.8	34.5	419.9	1.0	SE
	11-20	18.8	2.9	10.8	-0.8	1.0	58.2	12.1	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	4.0	68.6	3.2	61.2	36.1	473.5	1.0	SE
	21-31	20.4	4.5	12.5	2.8	0.0	74.8	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.0	2.4	3.2	2.2	35.3	419.3	1.0	SE
	MES	19.1	3.4	11.2	-0.8	1.0	187.5	42.3	0.0	0.0	0.0	0.0	27.2	8.0	93.8	3.2	28.1	35.3	437.6	1.0	
CARABUCO	1-10	13.2	1.9	7.5	0.0	0.0	25.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.0	4.7	3.5	3.1	51.5	478.5	5.0	NE
	11-20	13.9	-0.3	6.7	-2.5	6.0	17.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	48.7	556.8	3.0	NW
	21-31	15.1	1.0	8.0	-1.0	2.0	30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	1.0	10.2	3.5	6.9	47.4	516.9	4.0	NE
	MES	14.1	0.9	7.4	-2.5	8.0	73.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	2.0	14.9	3.4	3.4	49.2	517.4	4.0	
CHARAÑA	1-10	16.0	-9.0	3.5	-15.4	10.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.4	532.2	3.0	W
	11-20	17.2	-9.1	4.0	-13.0	10.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.6	521.0	2.0	W
	21-31	18.8	-7.9	5.5	-15.0	10.0	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.9	508.5	2.0	W
	MES	17.3	-8.7	4.3	-15.4	30.0	15.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.6	520.6	2.3	
APOLO	1-10	26.7	13.5	20.1	11.0	0.0	150.9	100.9	51.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	77.3	407.5	2.0	N
	11-20	27.1	12.6	19.8	10.2	0.0	148.4	98.4	48.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	77.2	392.4	1.0	N
	21-31	28.6	14.4	21.5	13.2	0.0	164.7	114.7	64.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	76.4	394.5	2.0	N
	MES	27.5	13.5	20.5	10.2	0.0	464.0	314.0	164.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	77.0	398.1	1.7	
HUARINA COTA COTA	1-10	14.4	-1.3	6.5	-4.8	7.0	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	2.0	45.5	3.3	30.2	47.9	498.8	4.0	NW
	11-20	14.2	0.5	7.3	-1.1	4.0	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7	3.0	89.5	3.2	60.8	60.1	455.9	5.0	NW
	21-31	16.3	0.3	8.2	-5.1	3.0	32.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	25.0	3.6	15.4	43.4	491.4	4.0	NW
	MES	15.0	-0.2	7.4	-5.1	14.0	71.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.2	5.0	160.0	3.4	35.5	50.5	482.0	4.3	
HUAYROCONDO	1-10	14.2	-4.2	5.0	-5.0	9.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	3.0	87.9	3.1	42.0	55.5	535.7	3.0	NW
	11-20	14.4	-2.0	6.2	-5.0	8.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.1	2.0	188.6	3.1	91.2	55.3	496.4	3.0	NW
	21-31	15.7	-3.0	6.4	-8.5	8.0	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	50.4	520.8	3.0	NW
	MES	14.8	-3.1	5.8	-8.5	25.0	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2	5.0	276.5	3.2	44.4	53.7	517.6	3.0	
TIWANACO	1-10	15.7	-1.6	7.0	-8.5	6.0	22.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	4.0	17.9	2.9	16.2	46.2	522.5	2.0	NW
	11-20	15.0	-1.1	6.9	-3.0	8.0	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	2.0	50.8	2.8	47.2	53.7	503.2	2.0	NW
	21-31	16.8	-2.0	7.4	-8.5	6.0	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	3.2	0.0	41.5	519.4	2.0	NW
	MES	15.8	-1.6	7.1	-8.5	20.0	67.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	8.0	68.7	3.0	21.1	47.1	515.0	2.0	
SORATA	1-10	21.5	8.2	14.9	7.1	0.0	98.6	48.6	7.5	0.0	0.0	0.0	26.7	2.0	91.8	2.7	98.9	85.2	428.9	1.0	W
	11-20	20.1	8.1	14.1	6.0	0.0	90.9	40.9	1.2	0.0	0.0	0.0	10.0	4.0	34.4	2.7	36.5	77.8	436.0	2.0	W
	21-31	23.0	9.0	16.0	8.0	0.0	109.8	59.8	11.4	0.0	0.0	0.0	10.0	2.0	34.4	3.3	30.2	70.7	484.1	3.0	E
	MES	21.5	8.4	15.0	6.0	0.0	299.3	149.3	20.1	0.0	0.0	0.0	46.7	8.0	160.6	2.9	55.2	77.9	449.7	2.0	
EL BELEN	1-10	13.7	-0.7	6.5	-6.6	5.0	17.3	0.0	0.0	11.8	13.2	0.0	6.9	0.0	29.7	2.5	27.2	51.2	538.9	1.0	N
	11-20	14.1	-0.7	6.7	-4.8	7.0	17.4	0.0	0.0	10.9	14.3	0.0	26.8	0.0	115.5	2.6	102.7	54.2	519.6	1.0	N
	21-31	15.2	-2.3	6.4	-9.6	7.0	16.9	0.0	0.0	13.0	15.9	0.0	5.8	0.0	25.0	2.7	21.6	52.7	528.1	1.0	N
	MES	14.3	-1.2	6.5	-9.6	19.0	51.6	0.0	0.0	11.9	14.5	0.0	39.5	0.0	170.2	2.6	50.5	52.7	528.9	1.0	

Fuente: Departamento de Agrometeorología SENAMHI

Predicción Climatológica

La predicción climatológica mayormente se realiza en forma un tanto empírica, correlacionando los diversos eventos naturales, como el efecto que podría producir el fenómeno del Niño en el comportamiento de la precipitación en las distintas regiones o el posible comportamiento de las temperaturas a nivel estacional. A nivel temporal se ha trabajado mayormente, efectuando un análisis probabilístico de los principales elementos climatológicos para apoyar actividades como: la agricultura y otros sectores con fines principalmente de planificación. En el caso de la agricultura a secano por ejemplo: para la planificación de épocas y fechas más aconsejables de siembra, para distintas regiones; Probables fechas de las principales etapas fenológicas de los cultivos. Probabilidades de lluvias, épocas de sequías etc.

Análisis de probabilidad de heladas tempranas, tardías y periodos libres de heladas, a fin de planificar las distintas actividades agrícolas.

También se debe mencionar que el SENAMHI efectúa predicciones regulares del probable estado del tiempo para cada región, principalmente para las capitales de los nueve Departamentos del País los mismos que son difundidos diariamente por los distintos medios de comunicación.

Proyecciones

El SENAMHI actualmente está abocado a la implementación de Estaciones Automáticas conectadas vía satélite, lo que permitirá en un futuro contar con información en tiempo real. Esto permitirá mejorar el banco de datos considerando otros elementos como intensidad, variabilidad horaria, etc; establecer un programa ideal de Alerta Temprana para las diversas actividades.

A su vez permitirá el uso de algunos modelos de predicción y un trabajo operativo más eficiente, facilitando una mejor información para poder responder a preguntas frecuentes tales: ¿cómo se comportará el verano, o el invierno? ¿Se adelantarán las lluvias? ¿Hay riesgo de sequía? Etc.

Esperamos que en corto plazo, estas metas se puedan lograr.

Rendimiento Potencial de Cultivos bajo Cubierta

Justo Mariscal Cortéz
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
La Paz, Bolivia

Antecedentes

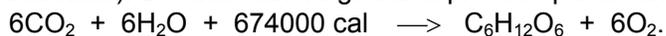
La radiación solar es prácticamente la fuente de toda energía para todo los procesos físicos y biológicos que ocurren sobre la tierra. Se puede decir que la agricultura es una explotación de la energía solar, la cual es posible con el adecuado suministro de agua y nutrientes, que en conjunto mantienen el desarrollo de las plantas. Bajo condiciones agro ecológicas óptimas y manejo, es posible mediante valores de radiación solar calcular la materia seca total y eventualmente el rendimiento potencial de un cultivo.

Suelo, agua, luz, temperatura, anhídrido carbónico (CO₂), macro y micro nutrientes son los factores de supervivencia y productividad de todas las plantas. En muchos casos, el suelo es demasiado pobre, el clima no es indicado, el mercado demanda productos cuando no es posible desecharlo, o el ambiente está sujeto a adversidades tales como vientos, granizadas, sequías, inundaciones, plagas de insectos y enfermedades. El agricultor debe entonces manipular los factores de producción para satisfacer las exigencias de su mercado efectuando las inversiones necesarias para obtener cantidad, calidad, y lograr competitividad y rentabilidad.

Nuestra agricultura ha logrado manipular el ambiente de manera satisfactoria para contrarrestar o aprovechar esos factores. Las estructuras usadas hoy para modificar artificialmente el ambiente de las plantas comprenden invernaderos, carpas solares, camas calientes, cobertizos de sombra, redes o mallas y acolchados entre otros.

Los invernaderos son construcciones cerradas cubiertos con materiales transparentes dentro de los cuales se mantiene un clima artificial. Su funcionamiento se basa en que la radiación solar pasa a través de ciertos materiales traslucidos y calienta el aire y las superficies dentro de la estructura. Los rayos caloríficos o infrarrojos no pueden regresar al exterior a través del material de la cubierta. La temperatura se acumula en el interior del invernadero y alcanza niveles muy por encima de la temperatura exterior. La calefacción adicional, la ventilación controlada y la iluminación artificial contribuyen a regular el microclima; así mismo, se debe considerar detalles como el tipo de suelo, topografía, vientos, riego, tipo de estructura, dimensiones y forma, estructuras de soporte, materiales para la cubierta, luminosidad del sitio, ventilación, calefacción y/o enfriamiento.

Del total de radiación solar que llega a la superficie terrestre, en promedio 4% es ultravioleta, 44% visible y 52% es infrarroja. Aproximadamente 99% de la radiación solar recibida es de una longitud que va de 0,28 a 4,0 micrones. La radiación solar comprendida entre la banda de 0,40 a 0,70 micrones es la utilizada en el proceso llamado fotosíntesis clorofílica, el cual consiste, fundamentalmente, en que mediante el agua, el anhídrido carbónico y la correspondiente energía (energía lumínica transformada en energía química) se forma glucosa (Células sacarófilas) la que por polimerización, con eliminación de una molécula de agua, puede dar almidón (células amilófilas). De una manera global el proceso puede expresarse:



Objetivo

Determinar el efecto fisiológico que ejerce la radiación solar sobre el crecimiento y rendimiento potencial de cultivos bajo cubierta.

Hipótesis

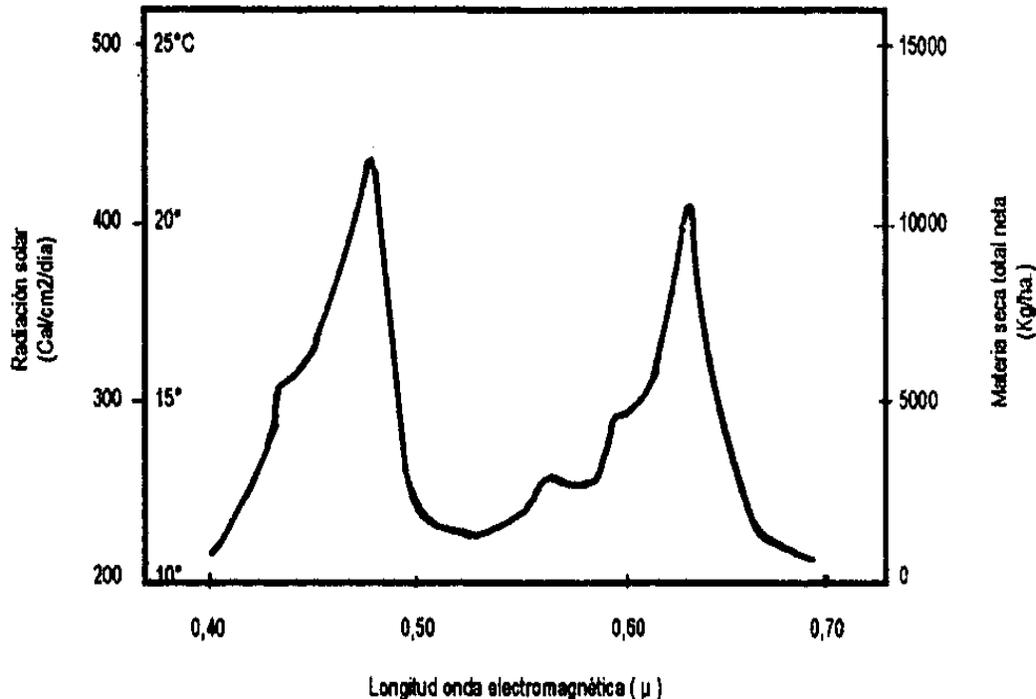
Los niveles óptimos de radiación solar y longitud de onda del espectro solar influyen en el rendimiento potencial de un cultivo bajo cubierta.

Materiales y Métodos

El ensayo fenológico se implantó en gestiones 2001 y 2002, bajo condiciones de invernadero con cubiertas de diferente material y color. Par el estudio se implantaron cinco variantes experimentales con el factor adicional bajo condiciones óptimas (Cubierta de vidrio); para las restantes variables de longitud de onda, se emplearon cubiertas de plástico de color rojo, amarillo, verde, azul y violeta, empleando luces monocromáticas del espectro solar.

Las variantes experimentales consistieron en diferenciar las longitudes de onda del espectro solar y evaluar el rendimiento potencial del cultivo, para lo cual se implantaron cinco bloques divididos en dos parcelas de 9 m² con una densidad de 18 plantas por parcela para el cultivo de tomate. Las cantidades de energía solar incidente por unidad de área se determinó con Actinógrafos de registro automático tipo Robitzch, colocado en el centro de las parcelas; mientras, que para diferenciar las longitudes de onda se colocó el censor de radiación solar de la estación meteorológica automática sobre su trípode metálico a la altura de las plantas. Un día de cada década fue seguida esta variable durante el ciclo del cultivo.

Par el procesamiento estadístico de la información obtenida, se realizaron análisis de regresión no lineales con polígonos de segundo grado, para obtener superficies de respuesta que relacionen la productividad por planta y calcular los óptimos valores de longitud de onda, así como las regresiones lineales simples entre el crecimiento foliar (área foliar, masa seca bruta y absorción foliar) versus niveles y longitudes de onda registrados en las mediciones.



Cálculo de la tasa de acumulación de materia seca bajo cubierta

Estación de la acumulación promedio de materia seca por día y materia seca total por ciclo en la Localidad de Tarapaya, Potosí (septiembre a diciembre) para el cultivo de tomate bajo cubierta de policarbonato de 300 micras y 90% de transparencia.

El rendimiento potencial calculado por el método de la FAO, supone condiciones agroecológicas óptimas de clima, suelo, agua y tecnología para el cultivo de tomate bajo cubierta.

Estación:	Tarapaya	Latitud Sur:	19° 47'
Provincia:	Frías	Longitud Oeste:	65° 30'
Periodo Registro:	1987-02	Altura:	3.335 m.s.n.m.
Cultivo:	Tomate	IAF:	4,5
Grupo a adaptación:	II	Índice cosecha:	0,60
Ciclo cultivo:	95 días	C3O:	0,0108

Variables climáticas en invernadero

Mes	Rs	Ac	bc	bo	̄ día	
	(Cal / cm ² / día)		(Kg / ha / día)		(C°)	
Sep.	323	302	365	193	15,5	19,8
Oct.	335	337	394	211	18,0	22,4
Nov.	324	354	413	221	18,0	23,3
Dic.	297	359	420	224	19,8	24,1
Media	320	338	398	212	18,1	22,4

- a) Cálculo de la velocidad de producción de materia seca bruta:
1. Velocidad de fotosíntesis: 34,5 Kg/ha/hora.
 2. Radiación fotosintéticamente activa: 338 cal/cm²/día.
 3. Velocidad media producción biomasa días despejados: 398 Kg/ha/día.
 4. Velocidad media producción biomasa días nublados: 212 Kg/ha/día.
 5. Velocidad de acumulación de materia seca diaria bruta a Pm = 18 Kg/ha: 275,2 Kg/ha/día.
 6. Producción de materia seca bruta ajustada a Pm = 34,5 Kg/ha/h. : 424,7 Kg/ha/día.
 7. Corrección por índice de área foliar (IAF: 4,5): 372,5 Kg/ha/día.
- b) Cálculo de producción de materia seca total neta: 12.005 Kg/ha.
 Rendimiento potencial: 7.203 Kg/ha.
 Rendimiento potencial bajo cubierta de vidrio: 7.822.8 Kg/ha.
 Rendimiento potencial bajo cubierta plástica color rojo: 5.768 Kg/ha.
 Rendimiento potencial bajo cubierta plástica color verde: 214.1 Kg/ha.
 Rendimiento potencial bajo cubierta plástica color azul: 68.9 Kg/ha.
 Rendimiento potencial bajo cubierta plástica color violeta: 12.6 Kg/ha.

Marco Teórico

Entre los factores agroecológicos, que mayor influencia ejercen sobre los procesos de crecimiento y productividad primaria de las plantas, se encuentra la radiación solar. Charles – Edwars (1992) considera la interceptación y eficiencia del uso de la luz como dos de los determinantes ecofisiológicos del crecimiento y la productividad de las plantas.

En las últimas décadas, se ha observado un creciente interés hacia los estudios ecofisiológicos relacionados con la fotosíntesis de los cultivos, como respuesta a las concentraciones atmosféricas de CO₂, temperatura y luz.

Se ha comprobado que la producción de materia seca está linealmente correlacionada con la cantidad de radiación interceptada por la planta durante el crecimiento. Chartzoulakis, Therios y Noitsaxis (1993). Afirman que la productividad depende principalmente de la absorción y utilización de la radiación fotosintéticamente activa, y que el sombreado natural o cubiertas de algunos colores reduce notablemente la actividad fotosintética.

Tombesi (1994) afirma que la cantidad de radiación interceptada por la planta y el régimen de radiación dentro de un invernadero, durante la fase de crecimiento, influyen sobre el balance energético de la planta y afecta la floración, producción, tasa de fotosíntesis, crecimiento y calidad de los frutos. Dada la importancia que reviste la intensidad de la radiación solar en los procesos fisiológicos del crecimiento y rendimiento potencial de un cultivo, se realizó esta investigación orientada a los siguientes puntos:

- Determinar el efecto fisiológico que ejerce la radiación solar (rayos luminosos) sobre el crecimiento y rendimiento potencial de un cultivo bajo cubierta.
- Establecer los niveles óptimos de radiación solar y longitud de onda con los que se obtengan los máximos rendimientos, así como conocer las bases fisiológicas de dicho comportamiento.

Conclusiones

Los resultados obtenidos son una confirmación, por una parte de que altos valores de radiación solar global y óptimas longitudes de onda regulados a través del material de la cubierta del invernadero, inducen efectos positivos tanto en el crecimiento como en la productividad y que la regulación de los demás elementos climáticos como la temperatura y otros, debe partir de un estudio combinado de los factores biótico y abióticos en su conjunto.

Desde el punto de vista fisiológico, los efectos de elevados niveles de longitud de onda, así como una radiación solar insuficiente, pueden resumirse como el efecto producido en el crecimiento y la acumulación de biomasa de la planta en el primero de los casos, Lo cual se traduce finalmente en aumentos en la productividad y en el otro caso extremo, por las bajas tasas de fotosíntesis neta observada en condiciones de bandas espectrales inadecuadas.

De lo que precede, para la obtención de elevados rendimientos agrícolas bajo condiciones de invernadero, se recomienda el empleo de materiales para cubierta de alta transparencia, como el vidrio o en su defecto coberturas plásticas de color blanco que permitan controlar el espectro de rayos de luz, que penetran e influyen sustancialmente en el desarrollo de productividad de las plantas; como filtro para separar o admitir los rayos ultravioleta; para irradiar los rayos infrarrojos; y para refractar y distribuir la luz en el interior del invernadero.

Demostración



Estación: Potosí (Los Pinos)



Reseña sobre las aplicaciones actuales de los productos de predicción e información del clima y potencial futuro en Chile

Jorge CARREÑO Campos
Dirección Meteorológica de Chile

Breve Reseña Histórica de la Predicción Climática en Chile

Con motivo de los estudios sobre el Fenómeno El Niño de 1982- 1983, considerado uno de los más intensos del Siglo pasado, se evidenciaron los efectos que tenían las fases extremas del ciclo ENSO en las precipitaciones de las zonas central y sur de Chile, observándose que períodos de precipitaciones claramente sobre lo normal en estas regiones sucedían en fase con un evento cálido, definido por las temperaturas de la superficie del mar del sector intertropical del Pacífico o Fenómeno El Niño. Otro efecto del mismo fueron temperaturas sobre lo normal en la costa norte y que las precipitaciones estivales altioplánicas eran más débiles.

Análogamente, los períodos deficitarios de precipitaciones y muchas sequías correspondían a eventos de temperaturas más frías que lo normal en el Pacífico intertropical. En este caso, las precipitaciones estivales del sector altioplánico del norte del país, se presentaban más intensas.

En el año 1989 aparecen las primeras estimaciones de pronóstico de temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial, según modelo de Cane y Zebiak, las que son recibidas a través de un Boletín Mensual que se difunde mediante el Sistema Mundial de Telecomunicaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El año 1996, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) se incorpora a la red Internet, siendo posible disponer periódicamente a los productos de los Centros Mundiales de Investigación Climática y comienza el ejercicio de elaborar pronósticos climáticos para los siguientes tres meses. Estos pronósticos se elaboraban aplicando la relación directa entre los pronósticos de Temperatura de la superficie del mar (TSM) que entregaban estos centros mundiales y sus efectos históricos sobre las condiciones climáticas de esas zonas del país. En 1997, se aprende la interpretación correcta de los distintos modelos de predicción de la TSM difundidos por centros internacionales como el Instituto Internacional de Investigación para la Predicción Climática (IRI), la NOAA, la Oficina Meteorológica del Reino Unido (UKMO), etc.

Estos pronósticos eran elaborados como “Comunicados de Prensa” y entregados a los distintos medios de comunicación, tanto prensa, como radio y TV. A medida que se fue precisando los efectos climáticos de distintas fases del ENSO en el país, también ha sido posible afinar estos pronósticos, discriminando en las distintas épocas del año o en distintos sectores del país.

El año 2000 se desarrolla el primer modelo estadístico para la predicción estacional de precipitaciones en Chile central (Montecinos), después de participar en un curso en el IRI.

El año 2003 se desarrollan nuevas técnicas estadísticas para la predicción estacional de precipitaciones, mediante Curvas de probabilidades de excedencia y modelos estadísticos análogos. También el CIIFEN proporciona un software estadístico para la predicción climática desarrollado por la Universidad de Costa Rica y la NOAA, para aplicación en los distintos países de la región. Actualmente se desarrolla un proyecto para la implementación de un Modelo Climático Regional, basado en modelos de libre disposición, suministrados por el Centro Hadley del Reino Unido o el Centro Internacional de Física Teórica del NCAR de la NOAA.

Característica del Pronóstico

Es esencialmente cualitativo, calificando la condición esperada en relación con lo normal. Básicamente se pronostica la precipitación, aunque ocasionalmente es posible incluir la temperatura. Inicialmente se empleó una escala amplia, pero ambigua, que dificultaba su interpretación y la evaluación de su acierto. Para cualquiera de los dos elementos previstos, en la actualidad se emplea una escala más simple, de acuerdo a lo siguiente:

Escala	Equivalencia
Mayor que (o superior a) lo normal	Percentil superior al 66 (tercil superior)
Normal	Percentil 34 al 66 (tercil central)
Menor que (o inferior a) lo normal	Percentil inferior al 34 (tercil inferior)

Factores meteorológicos del pronóstico

El principal factor meteorológico es la Temperatura Superficial del Mar en la región Niño 3.4 (Lat 5°N a 5°S y Long 120° a 170°O). Se ha determinado un Coeficiente de Correlación lineal de 0.63 entre las anomalías de TSM en el Pacífico ecuatorial y los totales trimestrales de precipitación en la zona central de Chile.

Los efectos de estas anomalías de TSM en las precipitaciones de distintas regiones del país, se indican a continuación:

1. Bajo condiciones cálidas (El Niño), es decir, períodos superiores a 3 meses continuados con anomalías de TSM superiores a 0.5°:
 - Precipitaciones invernales sobre lo normal entre las latitudes 25° y 39°S
 - Primavera muy lluviosa entre los 39° y 46°S
 - Precipitaciones estivales en el Altiplano bajo lo normal
 - Temperaturas entre 1.5° y 2° más altas en el litoral norte.
2. Bajo condiciones frías (La Niña), es decir, períodos superiores a 3 meses continuados con anomalías de TSM inferiores a -0.5° C.
 - Déficits de precipitaciones invernales entre las latitudes 25° y 39°S
 - Invierno normal a lluvioso en la región austral
 - Precipitaciones estivales del altiplano más intensas que lo normal
3. Condiciones neutras, es decir anomalías de TSM entre 0.5° y -0.5°:
 - Precipitaciones normales pero con una gran variabilidad

El pronóstico climático en Chile, es altamente dependiente por lo tanto de los pronósticos de TSM.

Actualmente, se están empleando los productos del Centro de Diagnóstico Climático de la NOAA, (CDC-NOAA) como Campos de correlación, que están proporcionando valiosa información para la predicción climática. Ejemplos de estas aplicaciones se muestran en las Figuras 1 y 2.

La Figura 1 muestra distribución de líneas de igual correlación entre la TSM de la zona Niño 3 con la altura del nivel de los 500 hPa en toda la región pacífica sudamericana, resultantes de más de 40 años de información, para las distintas estaciones del año. En todas esas regiones que muestran valores de correlación superior a 0.66 o inferior a -0.66, se pueden esperar efectos de condiciones de altura de los 500 hPa sobre o bajo lo normal, de acuerdo a los pronósticos de TSM sobre o bajo lo normal respectivamente.

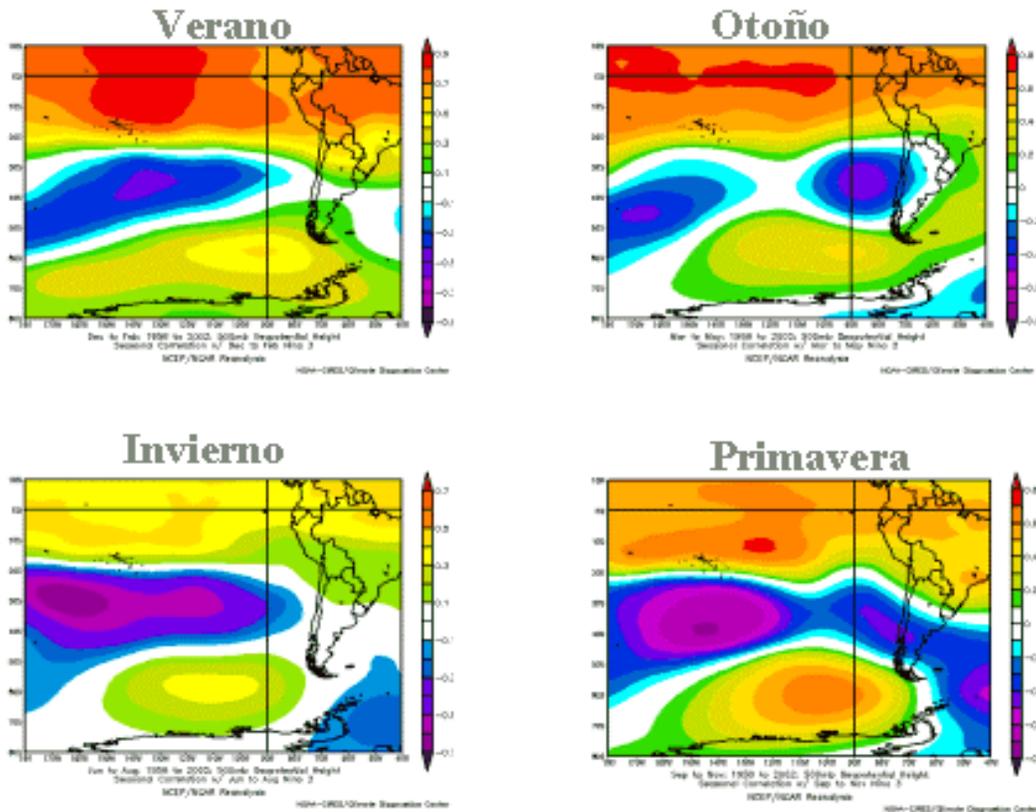


FIGURA 1: Factores Meteorológicos del Pronóstico Estacional y Monitoreo de las Variables Meteorológicas. Campos de Correlación. TSM v/s HGP 500

En el caso de Chile, por ejemplo en verano, se observa un relativamente alto valor de correlación (color anaranjado) en el sector altiplánico del extremo norte. Esto indica que altos valores de anomalía positiva en la zona del Niño 3, se relacionan con alturas altas del nivel de los 500 hPa en el altiplano chileno. Para la aplicación en pronóstico climático de este valor de correlación, habría que conocer los efectos de esos valores altos de la altura del nivel de los 500 hPa, que en este caso indican precipitaciones estivales inferiores a lo normal. Esta misma correlación indica que TSM en el Niño 3 bajo lo normal (Niña) equivale a baja altura de los 500 hPa en el altiplano chileno, lo que produce intensas precipitaciones estivales.

En otoño y primavera, se observa alta correlación negativa (colores azul oscuro y morado) en la zona central y sur del país. Esto significa que TSM anormalmente alta (baja) en la zona Niño 3, indica alturas del nivel de los 500 hPa anormalmente bajas (altas) en el centro y sur de Chile. Estas condiciones de alturas de los 500 hPa se relacionan con precipitaciones abundantes (deficitarias) en otoño y primavera en esas regiones del país.

En primavera también se observan altos valores de correlación (colores anaranjados) sobre el mar de Bellingshausen, lo que indica que cuando la TSM en el Niño 3 es anormalmente alta (El Niño), sobre el mar de Bellingshausen se forma un anticiclón de bloqueo (altas presiones en superficie como en altura). Este anticiclón hace que los sistemas frontales que normalmente cruzan por esa zona, se desvíen hacia la zona central y sur del país, aumentando la cantidad de precipitaciones en esas regiones.

Otro ejemplo de estos mapas de campos de correlación se muestra en la Figura 2, que corresponde a los valores de correlación también entre la TSM del Niño 3 y la componente zonal del viento en los 250 hPa muy relacionada con las corrientes en chorro. También pueden encontrarse zonas donde estos valores de correlación permiten pronosticar los efectos de componente zonal del viento anormales, de acuerdo a los pronósticos de TSM en el Niño 3.

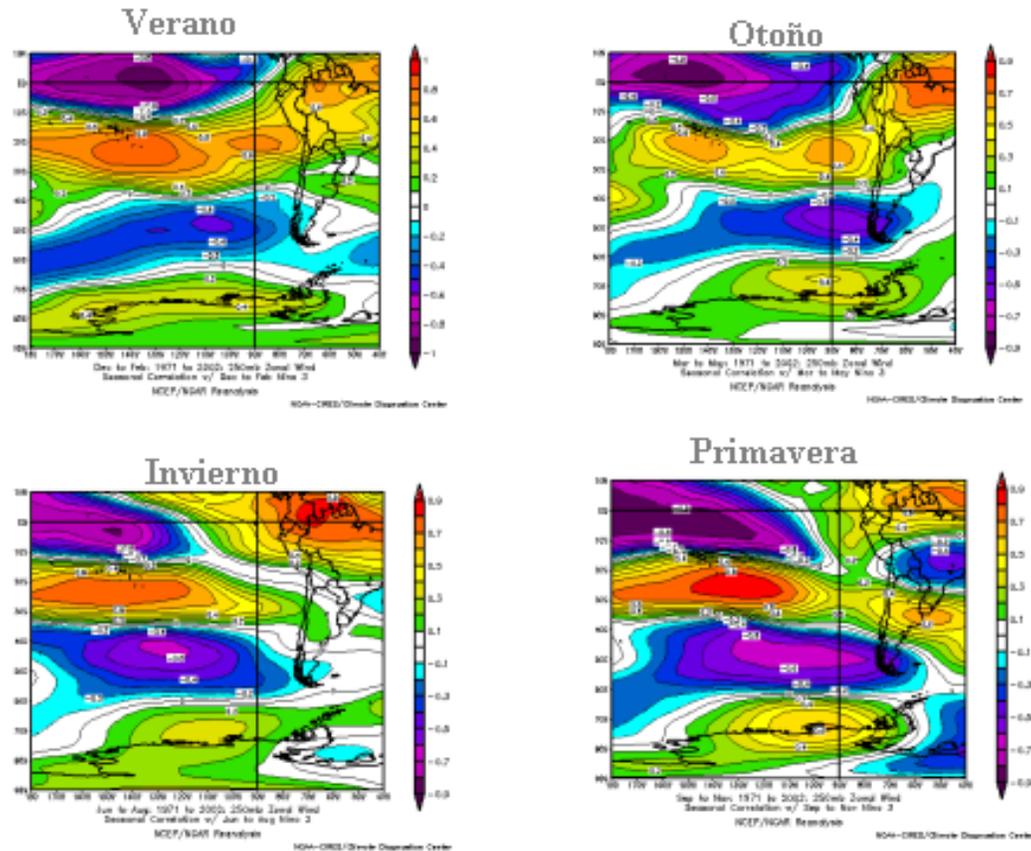


Figura 2: Campos de Correlación TSM v/s U 250

Se dispone de un sinnúmero de mapas de este tipo de correlaciones, donde su aplicación en pronóstico climático radica en conocer los efectos de las distintas condiciones de estos elementos meteorológicos en lo que se desea pronosticar. Estos productos se encuentran en el sitio del Centro de Diagnóstico Climático de la NOAA.

Monitoreo de elementos de meteorológicos

Se emplean elementos oceánicos y atmosféricos del sistema océano-atmósfera del Pacífico sur, que definen un diagnóstico de ese sistema. Se emplean elementos de escala hemisférica tanto como de escala regional. Esas principales variables son las siguientes:

a) Elementos de escala hemisférica:

- 1.- **Vientos alisios** (o componente zonal del viento de los 850 hPa), por la relación que tienen con las TSM del Pacífico ecuatorial y las diferencias de estas TSM que se alcanzan entre los bordes occidental y oriental de esta franja oceánica. Cuando esta componente tiene un alto valor negativo, corresponde a un evento frío (La Niña) y cuando su valor se aproxima a 0 o se torna positivo, da evidencias de un evento cálido (El Niño).
- 2.- **Temperatura superficial del mar (TSM):** En condiciones normales, la TSM en el sector occidental ecuatorial del Pacífico es 6° a 8° más alta que en la costa sudamericana, diferencia que está regida y muy relacionada por la intensidad de los vientos alisios o del valor de la componente zonal del viento en los 850 hPa sobre el Ecuador.

- 3.- **Temperatura subsuperficial del mar:** Presenta un comportamiento muy asociado a la TSM, reforzando sus propiedades y dando cuenta de los desplazamientos de masas de agua y transferencias de calor a lo largo de la franja oceánica intertropical.
- 4.- **Radiación de Onda Larga:** Radiación emitida por la superficie del mar o desde el tope de las nubes, por lo tanto es un índice de la convectividad nubosa que hay a lo largo del ecuador. Está por lo tanto relacionada también con la TSM, con la ubicación de centros depresionarios ecuatoriales y con las características de las celdas de Hadley y de Walker.
- 5.- **Índice de Oscilación del Sur (IOS):** Indica la intensidad y localización del anticiclón del Pacífico, lo que determina las precipitaciones en Chile central y sur, por la mayor o menor actividad frontal que puede presentarse en esas regiones.
- 6.- **Anomalías del campo de presión en superficie y en los 500 hPa:** Revelan las zonas dominadas por sistemas de altas y bajas presiones, por lo tanto muy relacionadas también con las características de las precipitaciones de las zonas de régimen pluviométrico frontal del país.
- 7.- **Viento medio en 200 hPa y sus anomalías:** Revela las características y localizaciones de las corrientes de chorro, lo que se relaciona también con la intensidad de los sistemas frontales que producen las precipitaciones en el centro y sur de Chile.

b) Elementos de escala regional:

1. **Precipitaciones mensuales:** La zona altiplánica de la región norte del país, tiene un régimen de precipitaciones convectivas que se presenta entre los meses de diciembre y Marzo, mientras que las zonas central, sur y austral, el régimen de precipitaciones es frontal, con máximos que ocurren mayormente en invierno y totales anuales que van desde algunas decenas de milímetros hasta algunos miles. Ambos regímenes pueden ser alterados significativamente en presencia de un evento cálido o frío.
- 2.- **Temperaturas:** Hasta ahora se ha determinado que son especialmente sensibles en el litoral norte del país, muy influenciadas por las condiciones oceánicas.
- 3.- **Presión atmosférica:** Define la intensidad y desplazamientos del anticiclón del Pacífico y el paso de centros depresionarios y anticiclones de bloqueo por las zonas sur y austral, lo que explica bien las anomalías de precipitaciones presentadas en gran parte del país.

En la Figura 3, se muestra un ejemplo del monitoreo de escala regional y a nivel diario llevado durante el año 2003, en las precipitaciones, presiones atmosféricas y temperaturas extremas. Se aprecian los eventos de precipitaciones ocurridos en las distintas regiones del país, la mayoría de los cuales suceden con valores bajos de presiones atmosféricas. También se observa que aumentos de la presión atmosférica están relacionados con valores bajos de temperaturas mínimas y con valores altos de temperaturas máximas los días siguientes.

Escala Regional (Chile)

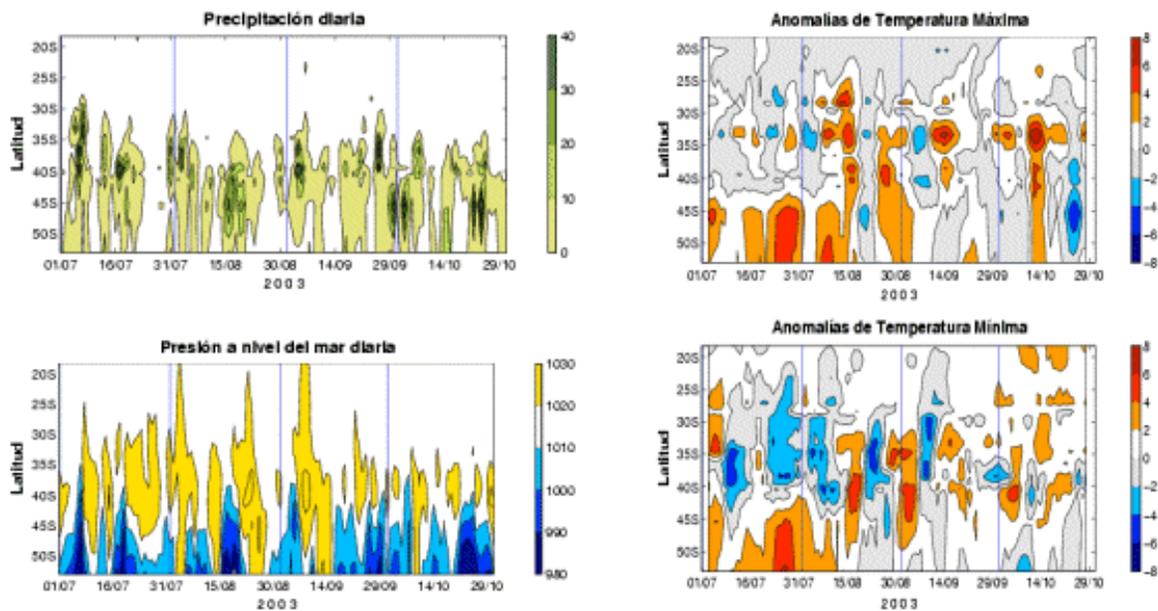


FIGURA 3:

Fuentes de Información

Se emplean diversas fuentes, algunas principalmente para hacer el diagnóstico de la situación océano – atmósfera del Pacífico suroriental y otras para la elaboración del pronóstico propiamente tal.

a) Diagnóstico.- Se emplean las siguientes fuentes:

1.- Centro de Predicción Climática (CPC – NOAA)

www.cpc.ncep.noaa.gov/products

De aquí se obtiene la información sobre la evolución de la mayoría de los elementos de monitoreo hemisférico señalados anteriormente y comentarios sobre el Diagnóstico del ENSO.

2.- Oficina de Meteorología de Australia (Bureau of Meteorology)

www.bom.gov.au/climate/ens0

De aquí se obtiene una descripción sobre las temperaturas superficiales y subsuperficiales del mar en el Pacífico ecuatorial, la evolución del IOS, la nubosidad convectiva sobre la zona ecuatorial del Pacífico y los vientos alisios.

b) Pronóstico.- Para el pronóstico de temperaturas sobre la superficie del mar, normalmente se emplea la información difundida por el CPC-NOAA, que incluye el resultado de la mayoría de los modelos de pronóstico actualmente, además de la Oficina Meteorológica de Australia, que generaliza sobre los mismos. Para el pronóstico de precipitaciones sobre Chile, se emplean las siguientes:

- 1.- Oficina Meteorológica del Reino Unido (UKMO), que también alberga al Centro Europeo de Pronósticos Meteorológicos de Mediano y Largo Plazo (ECMWF).

www.met-office.gov.uk/research/seasonal

Entrega predicción climática estacional de carácter experimental para 2 a 4 meses de promedios trimestrales de temperaturas y precipitación.

- 2.- Instituto Internacional de Investigación para la Predicción del Clima (IRI):

http://iri.columbia.edu/climate/forecast/net_asmt/

Mensualmente proporciona pronósticos estacionales como promedios trimestrales de precipitación y temperatura para 2 a 4 meses, expresados en probabilidades de ocurrencia de categorías “Bajo lo Normal”, “Normal” o “Sobre lo Normal”.

- 3.- Centro de Diagnóstico Climático de la NOAA

Mencionado anteriormente, de donde se obtienen los campos de correlación para distintos elementos, después que se dispone de los pronósticos de TSM.

<http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/PublicData/getpage.pl>

Difusión

Los pronósticos climáticos en la actualidad se elaboran mensualmente y se difunden a través de los siguientes medios:

- a) Página Web de la Dirección Meteorológica de Chile:
www.meteochile.cl
en las Secciones “Comunicados de Prensa” y “El Niño y La Niña”.
- b) Panel de anomalías climáticas, que se expone en el hall central de la institución, para cualquier usuario la visita.
- c) Mensualmente al Ministerio de Salud (Comité de Vigilancia de Infecciones Respiratorias Agudas). Entre los meses de Marzo y Diciembre se participa en las actividades de ese Comité, entregando asesoría climática y meteorológica.
- d) Al comienzo de la temporada lluviosa, que puede ser el mes de Abril para la mayor parte del país (zona de régimen de precipitaciones frontales) o el mes de Noviembre para la zona Norte (zona de régimen pluviométrico convectivo). Se entrega a las siguientes Instituciones:
 1. Ministerio de Agricultura (Unidad de Emergencias Agrícolas)
 2. Ministerio del Interior (Oficina Nacional de Emergencia)
 3. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Dirección General de Aguas)
 4. Ministerio de Relaciones Exteriores
 5. Ministerio de Economía (Comisión Nacional de Energía)
 6. Ministerio de Salud
 7. Subsecretaría de Aviación
 8. Intendencias Regionales (y Gobernaciones Provinciales) de las regiones más vulnerables a las anomalías de precipitaciones
 9. Servicio Nacional de Turismo
 10. Servicio Nacional de Geología y Minería
 11. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada
 12. Medios de Difusión (Prensa, Radio y TV)

- e) Cuando hay un cambio importante en las condiciones previstas o se evidencia el desarrollo de alguna situación causante de anomalías extremas, se actualiza en pronóstico y se difunde en la forma señalada anteriormente.

Futuro

En respuesta a las crecientes necesidades de la comunidad de disponer de pronósticos climáticos, el año 2003 se desarrollaron nuevas técnicas estadísticas de pronóstico de precipitación y temperatura para las distintas regiones del país. Estas técnicas están basadas en el cálculo de probabilidades de excedencia y el desarrollo de un modelo estadístico análogo. Además se menciona la disposición del modelo estadístico desarrollado por la Universidad de Costa Rica y la NOAA, difundido recientemente por el CIIFEN.

Dentro de las formas de mejorar las capacidades de realizar pronóstico climático, también se ha considerado la evaluación de los pronósticos de precipitación de los Centros Mundiales y la implementación de un Modelo Climático Regional.

- a) Curvas de probabilidades de excelencia

Se definieron las curvas de probabilidades de excedencia, para 11 estaciones comprendidas entre las latitudes 30°S y 45°S. Se aplicó para 4 distintas condiciones de TSM en las zonas del Niño 3 y Niño 3.4 (Lat 5°N a 5°S y Long 120°O a 170°O) y para todos los trimestres del año.

Esta definición facilita la estimación más objetiva del pronóstico, especialmente para la zona sur del país, donde otros métodos de estudio no habían revelado asociaciones claras entre las precipitaciones y algún elemento que define el ENSO.

En la Figura 4, se muestra un ejemplo de estas curvas para Santiago.

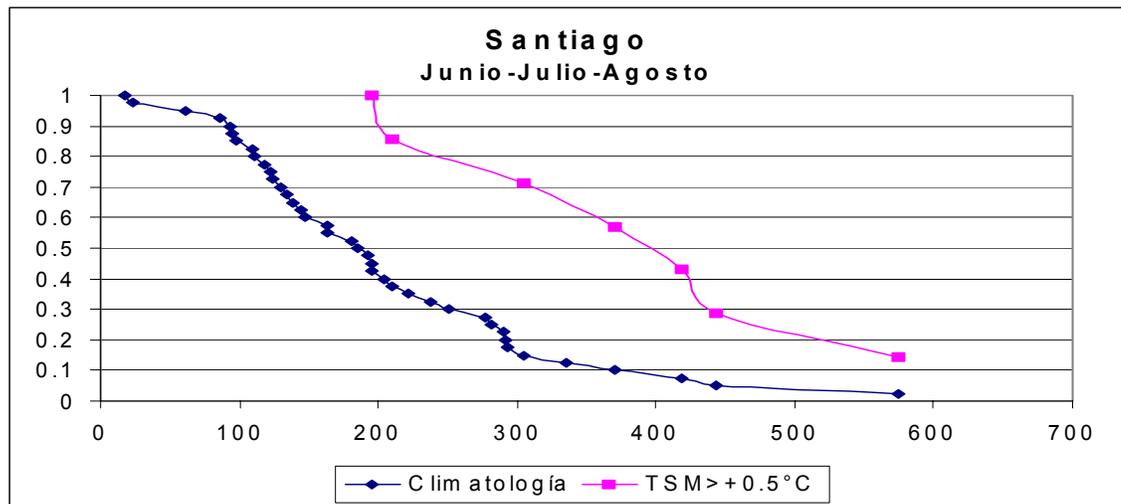


Figura 4: Cálculo de Probabilidades de Excedencia de la precipitación trimestral basado en anomalías de TSM del Niño 3

Esta muestra los resultados para el trimestre Junio-Julio-Agosto cuando el pronóstico es de una anomalía de TSM superior a 0.5°C. La curva correspondiente a la normal climatológica indica que hay un 50% de probabilidades que la precipitación total trimestral sea de unos 200 milímetros y un 70% de probabilidad que sea de unos 130 milímetros. La curva de probabilidad de excedencia para esa condición de TSM indica que hay un 50% de probabilidades que la precipitación trimestral sea de alrededor de 400 milímetros y un 70% que sea del orden de 300 milímetros.

La disposición de estos valores de las curvas de probabilidades de excedencia para distintas condiciones de TSM, distintos trimestres y distintas localidades, hace que el pronóstico sea más objetivo y fácil de definir.

b) Desarrollo de un modelo estadístico

Se definió un nuevo índice de circulación atmosférica, entre una región del océano Pacífico suroriental y otra región en el Mar de Bellingshausen, que se denominó Índice de Oscilación Antártico Pacífico (IOAP), que explica hasta más del 70% de las anomalías de precipitación que se presentan en la zona sur del país.

Este índice todavía no puede ser aplicado como predictor, porque todavía no hay formas de predecirlo, pero la reconstrucción de una serie histórica del mismo, permite apreciar que hay períodos de varios meses consecutivos que presenta un valor consistentemente alto o bajo. Teniendo la evidencia que se está entrando a uno de estos períodos, podría emplearse como predictor confiable.

c) Aplicación del modelo estadístico de la UCR-NOAA

En el mes de Noviembre del 2003, se participó en el Tercer Foro de Perspectivas del Clima para la Costa Occidente de América del Sur (CIIFEN, Guayaquil), donde se conoció el nuevo software sobre predicciones probabilísticas de precipitaciones y temperaturas, o modelo estadístico análogo (MEA).

Se aplicó a la situación del invierno del 2003, para conocer las probabilidades de precipitación y temperaturas en Chile durante la primavera siguiente con resultados iniciales bastante buenos, especialmente en lo registrado en las zonas norte y central del país en las temperaturas y en la zona sur para las precipitaciones.

En la Figura 5 se presenta el resultado de este modelo aplicado al pronóstico de precipitaciones para el trimestre Diciembre-Enero-Febrero 2003-2004 para Chile.

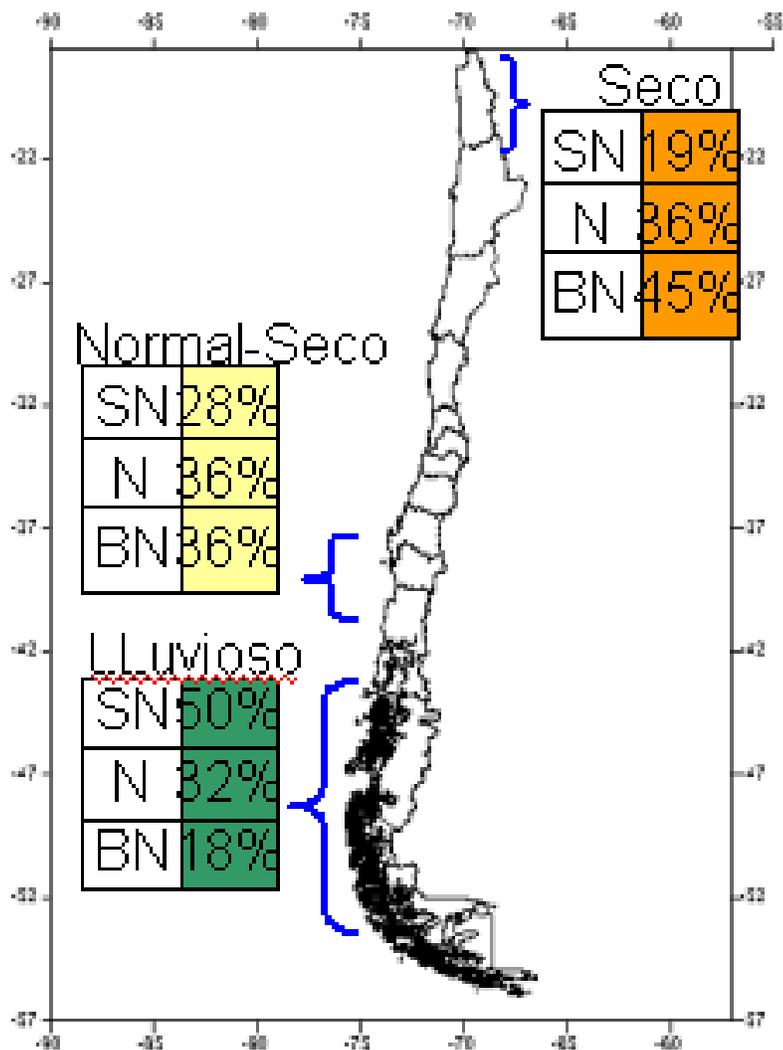


Figura 5: Modelo Análogo basado en la TSM del Niño 3.4. Predicción de la Precipitación (D-E-F) 2003/2004

Evaluación de Pronósticos de Precipitación

Estas nuevas técnicas de pronóstico climático fueron integradas en un estudio denominado **“MEJORAMIENTO DE LAS TÉCNICAS DE PRONÓSTICO CLIMÁTICO ESTACIONAL PARA CHILE”**, que sirvió como respuesta a un Convenio firmado con la Sra. Ministra de Defensa Nacional, como cumplimiento de una nueva Ley del Gobierno sobre Mejoramiento de la Gestión Pública. Este estudio, además incluyó una evaluación de los pronósticos experimentales de precipitación para Chile, procedentes de los Centros Mundiales de Investigación Climática.

Como se expresó antes, en la Dirección Meteorológica de Chile se emplean los resultados de previsión climática de precipitaciones del ECMWF y del IRI como elementos importantes a considerar. El estudio reveló el grado de acierto de estos pronósticos, en las zonas central y sur del país para distintas épocas del año.

Esta evaluación se continuará haciendo y sus resultados serán aplicados dando una mayor ponderación en esas épocas, zonas del país y situaciones en que los pronósticos mostraron mejores grados de acierto.

Implementación de un modelo climático regional para Chile

El estudio señalado anteriormente, consideró la factibilidad de implementar en Chile un Modelo Climático Regional, lo que es muy factible en un plazo relativamente breve, aprovechando modelos de libre disposición, ya sea uno desarrollado por el Centro Hadley del Reino Unido o por el Centro Internacional de Física Teórica, del NCAR de la NOAA, para lo que sólo se requiere una plataforma de hardware y software adecuada y capacitación y un compromiso acerca de su uso.

Este proyecto también facilitará el desarrollo de técnicas avanzadas de pronóstico climático, con el consiguiente provecho para todos los usuarios.

Implementar mejoras en la difusión de los pronósticos climáticos

Para esto se ha preparado un plan de acción que considera la identificación de todos los potenciales usuarios de la información climática, la creación de un formato adecuado y entendible de la información difundida, la implementación de un sistema expedito de difusión de la información climática que asegure la recepción a todos los sectores socioeconómicos del país y la capacitación a esos usuarios acerca de su uso e interpretación, mediante seminarios, talleres o cursos de entrenamiento.

Los Pronósticos Climáticos a Mediano y Largo plazo y sus Aplicaciones Agrometeorológicas en Chile

José L. Curihuinca Becerra
Dirección Meteorológica de Chile
Subdirección de Climática y Meteorología Aplicada
Dpto. Meteorología Aplicada

Resumen

En la trilogía de la producción agraria, el suelo, clima y cultivo son inseparables entre sí. En tal contexto y a macroescala, Chile es regulado atmosféricamente por el Océano Pacífico, por una parte y la Cordillera de los Andes, por otra. En dicha mancomunidad predominan mayoritariamente los cultivos propios de climas templados o mediterráneos y en menor escala, aquellos que son comunes a climas con características subtropicales. Independiente del cultivo en sí, para el agricultor es fundamental contar oportunamente con Pronósticos Meteorológicos con fines agrícolas, los que son utilizados ya sea en con **fines operativos (en tiempo real) o de planificación (diferidos)**. En dicho contexto, la Dirección Meteorológica de Chile emite regularmente dichos pronósticos, sean a **corto** (hasta 48-72 horas), **mediano** (una semana) y **estacionales o largo plazo** (tres a seis meses). Dependiendo de su naturaleza, éstos son difundidos individual o masivamente. Los ejemplos indicados a continuación, principalmente a largo plazo, son indicativos del contenido de ellos.

Introducción

Es ampliamente conocido que la orografía de un país, entre otros factores, contribuye a configurar el comportamiento atmosférico regional y local.

Chile es un país andino de difícil geografía y de forma singular; en sentido transversal y longitudinal forma un territorio de grandes contrastes, donde los rasgos físicos, demográficos, económicos y climáticos experimentan profundas diferencias regionales.

Como país se caracteriza por ser una larga y angosta faja de tierra, flanqueado por dos potentes reguladores a macroescala, como son el Océano Pacífico y la Cordillera de los Andes. Aparte de ello, dentro de su territorio se presentan otras cadenas montañosas -longitudinales y transversales- que le imprimen particulares condiciones atmosféricas locales y regionales. Esta peculiar condición orográfica le otorga rasgos característicos a su gran diversidad climática, lo cual influye en las condiciones socioeconómicas, y muy especialmente, en el tipo de agricultura que se desarrolla en las diferentes regiones del país. Así, longitudinalmente existen desde climas costeros a tundras de altura y en latitud, desde los desérticos en el norte, pasando por la gama de los templados o mediterráneos del centro, a los fríos y polares en el sur. Según la Clasificación Climática de Koeppen, en Chile existen 22 climas diferentes.

No obstante lo anterior, el mayor desarrollo productivo del sector silvoagropecuario nacional, se produce en gran parte de sus regiones ubicadas en la zona centro-sur del país, lo cual demuestra la riqueza y "fertilidad" climática y edafológica de ese sector. Sin embargo, ello no implica que en sus extremos no se manifieste una singular producción, ya sea hortofrutícola semitropical en dos valles de su parte norte, o ganadera (ovinos) en su extremo austral.

Independiente del rubro productivo que se trate y de la zona agroecológica del país, los pronósticos a corto, mediano y largo plazo son fundamentales para efectos de operación y planificación. En este sentido, mientras más utiliza esos productos operativos el agricultor, una mejor retribución económica y de rendimientos es dable esperar.

Algunos aspectos de manejo productivo son altamente dependientes de la oportunidad y porcentaje de acierto de los pronósticos meteorológicos proporcionados; su grado de acierto implica, además de las ventajas operativas directas, una contribución indirecta, pero no menos importante, como es la protección del medio ambiente; esto último es relevante especialmente en el caso de las aplicaciones fitosanitarias. Ello importa en la actualidad, debido a las ventajas ecológicas comparativas que se logran en las exportaciones agrícolas, en razón a que la globalización y demanda de los mercados mundiales exigen productos alimenticios idealmente libres de contaminantes, que potencialmente pueden atentar contra la salud de la población.

Pronósticos a Mediano y Largo plazo

Para la elaboración de los diversos productos agrometeorológicos aplicados por el agricultor, el Servicio Meteorológico Nacional cuenta con una amplia y variada red de estaciones meteorológicas, entre las cuales se cuentan las sinópticas, aeronáuticas, climatológicas y muy especialmente, las agrometeorológicas, entre otras.

La red agrometeorológica se conforma por aprox. 70 estaciones convencionales, ubicadas entre la IV y VII Regiones Administrativas del país, las que cubren gran parte de la zona productiva, esperándose su ampliación o mayor cobertura espacial en los años venideros.

En el presente trabajo se considera un ejemplo somero de un Pronóstico Meteorológico a Mediano (una semana) y en mayor profundidad los Pronósticos a Largo plazo, entendiéndose como tal, aquellos con una cobertura superior a un mes (usualmente trimestrales). Sin embargo, con la finalidad de proporcionar al agricultor algunas herramientas de ayuda inmediata o en tiempo real, la Dirección Meteorológica de Chile también ha implementado Pronósticos Meteorológicos a Corto Plazo, los cuales no se considerarán en esta oportunidad.

Las herramientas de prognosis estacionales indican la evolución esperada del tiempo atmosférico, en base a análisis de modelos predictivos de uso global. La información es proporcionada en lenguaje cotidiano para el agricultor, válidos para situaciones meteorológicas "normales" u extremas, vale decir, sequías, olas de calor, olas de frío, heladas, exceso de precipitaciones, etc.

Cualquiera sea el caso, ya sea afectando a una zona reducida del país o a un área de producción mayor, los Pronósticos Mediano y Largo Plazo adquieren un rol preponderante en la planificación de las distintas faenas del agro, según se podrá observar en los ejemplos indicados a continuación.

Pronósticos a Mediano Plazo (semanal)

Son todos aquellos pronósticos elaborados con una perspectiva a una semana plazo. Estos son a nivel nacional (III - X Región) y local (V Región).

El primero de ellos comenzó a ser emitido por la Dirección Meteorológica de Chile y difundido al agricultor a contar del año 1987; este boletín cubre gran parte del territorio nacional (III a X Región), excluyéndose aquellas ubicadas en los extremos norte y sur del país, por ser en la actualidad de menor importancia agrícola a nivel nacional.

Su difusión se ha realizado ininterrumpidamente por cerca de dos décadas, mediante un periódico nacional que adjunta un semanario agrícola denominado **Revista del Campo**; este semanario es publicado los días lunes. Su contenido dependiendo de la época del año, es variable, pudiendo contener Figuras, tablas de datos con información de diversos parámetros meteorológicos, tales como temperaturas, pluviometría, evaporación de bandeja, grados día, horas de frío y otros.

En su parte conceptual proporciona información climatológica resumida de la semana anterior a la fecha de emisión, y lo más importante, una perspectiva agrometeorológica con recomendaciones prácticas de acuerdo a la prognosis señalada para el período correspondiente (una semana). Un

ejemplo de este producto, sólo de su parte pronóstico y aplicación, tomado al azar en una fecha reciente, se indica a continuación:

PRONÓSTICO AGROMETEOROLÓGICO PARA EL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE EL LUNES 10 Y EL DOMINGO 16 DE NOVIEMBRE DE 2003.

A inicios del período se espera que la costa de la Cuarta Región presente estratificaciones, es decir, nubosidad baja; los valles de la zona central presentarán cielo con nubosidad parcial, estimándose temperaturas extremas de 10 y 25 grados. Un sistema frontal afectará ese día la zona sur del país, con precipitaciones hasta la Novena Región, las que podrían extenderse hasta la Octava Región hacia finales del día. Por tal razón, el día martes habrá algo de inestabilidad en esa zona, con algunos chubascos aislados en ese tramo. La zona central, en tanto, se presentará mayormente nublada, con un descenso leve en las temperaturas máximas.

Hacia mediados de semana, el ingreso de altas presiones de características frías en la zona sur provocará un descenso de las temperaturas mínimas entre las Regiones Séptima y Décima; sin embargo, no habrá heladas al norte de la Décima Región. Estratificaciones costeras se espera en las Regiones Cuarta y Quinta; los valles de la zona central se mantendrán con escasa nubosidad y temperaturas en aumento, situación importante de considerar desde el punto de vista del manejo de pesticidas, enfiadaduras y aporte hídrico en las especies cultivables de mayor sensibilidad a la falta de agua en la zona radicular. Una vez pasado este sistema a territorio argentino, se prevé un aumento en las temperaturas en todo el centro sur del país, facilitando con ello el manejo de siembras y de huertos frutales.

Para el fin de semana aproximará un nuevo sistema frontal, el que aportará precipitaciones el domingo 16 desde la Séptima Región al sur, afectando sólo con un aumento de nubosidad las otras regiones de la zona central del país. Debido a ello, es importante planificar el control de Venturia, hongo que afecta en estas fechas a huertos de manzanos y perales.

Otro boletín agrometeorológico que contiene una perspectiva meteorológica semanal, esta vez de carácter regional (V Región), indica una información similar al anterior, pero con validez para una región específica del Chile central. Al igual que el anterior, es publicado por un periódico local que adjunta un semanario dedicado al agricultor (**Agro 2000**). Su estructura se basa en un menor contenido de información respecto al nacional y su finalidad es similar al anterior, pero sólo para un grupo más reducido de agricultores, específico para una zona en que predominan varios cultivos propios de una zona subtropical y también frutales de zonas templadas en otro sector.

Pronósticos a Largo Plazo (trimestral)

Respecto a este producto estacional, el Servicio Meteorológico dispone para los agricultores de un pronóstico generalmente termopluviométrico, con recomendaciones de manejo silvoagropecuario, es decir, para los rubros agrícola, ganadero y forestal.

Este servicio aplicado a la agricultura comenzó a entregarse desde **1998**. A inicios del año 2004 se contabilizan treinta emisiones de ellos. Su difusión se canaliza principalmente a través de los **Centros Regionales de Información Agrometeorológica (CRIA)**, en las regiones donde éstos existen, los cuales funcionan a base de Convenios de Colaboración entre el Ministerio de Agricultura y la Dirección Meteorológica de Chile. También es entregado al **Ministerio de Agricultura** para una mayor difusión.

Los siguientes **ejemplos tipos de Pronósticos Estacionales**, representativos de algunas condiciones particulares, con sus respectivas Aplicaciones Agrometeorológicas (en letra cursiva), son presentados a continuación:

1.- Comunicado de Prensa (emitido el 24 Junio de 1998, es el primero al que se le incluye orientaciones con Aplicaciones Agrometeorológicas)

Evolución prevista del Fenómeno del Niño y su incidencia en el sector silvoagropecuario.

De acuerdo a la información registrada en la zona del Pacífico ecuatorial centro-oriental, respecto a las temperaturas de la superficie del mar, se informa que a partir de junio se han comenzado a observar valores en torno a condiciones normales, incluso ligeramente negativos (0.6 °C por debajo del promedio semanal) en la región central del Pacífico ecuatorial, entre los 120 y 170 grados de longitud oeste. Sólo la región oceánica cercana a la costa del Ecuador y Perú, continúa aún con calentamiento de hasta 3.2 °C por sobre el promedio.

Según los modelos de predicción de la temperatura superficial del mar para el sector del Pacífico ecuatorial, los enfriamientos continuarán intensificándose y abarcando una mayor extensión hacia el este en los próximos meses, existiendo por lo tanto, la probabilidad que se desarrolle un evento **La Niña** a fines del segundo semestre de 1998, prolongándose durante la primera mitad de 1999.

Ante la probable manifestación de este nuevo escenario, será necesario planificar anticipadamente el proceso productivo silvoagropecuario, con el propósito de optimizar el uso de recursos y atenuar el impacto que tal fenómeno pueda originar. Al respecto, entre otras consideraciones, deberá tenerse presente que las siembras de forrajes otoñales, trigos y leguminosas de granos, insertas en zonas de secano, no contarían con un nivel de humedad adecuado en el perfil superior del suelo, produciéndose un retraso y una reducción de los niveles de germinación y emergencia de las semillas.

Por otra parte, de concretarse una reducción en los montos de agua caída implicando un déficit hídrico durante los meses de abril y mayo de 1999, se presentará el riesgo que cultivos anuales de secano, no cuenten con la humedad suficiente para su proceso vegetativo inicial, resultando con ello, una reducción de la masa foliar y, consiguientemente, de la potencialidad en los rendimientos finales. Desde otro punto de vista, esta situación implicará igualmente un aumento en los costos de producción debido a un mayor uso de algunos insumos, como fertilizantes nitrogenados, con el propósito de obtener un mejor desarrollo de los cultivos.

Con respecto a las perspectivas de precipitación para Chile central durante los próximos tres meses, se mantiene la condición de normal a lluvioso, considerando que las anomalías atmosféricas por efecto de "El Niño", a pesar de estar débiles, aún se mantienen presentes. De ocurrir así, se estiman efectos adversos en especies frutales, debido a la incidencia de las lluvias en algunos estados fenológicos delicados. Lo anterior, porque la mayor parte de estos cultivos florecen hasta septiembre, presentando una alta sensibilidad a las lluvias, dada su incidencia en una mayor proliferación de enfermedades de la flor y con ello, un aumento de los costos de producción, por el uso de fungicidas específicos.

De concretarse el escenario previsto para 1999, respecto a la presencia de La Niña, existe la probabilidad que las condiciones meteorológicas para el invierno de 1999 se presenten favorables a un déficit de lluvias en gran parte del país, tal como lo revelan los registros históricos de precipitación cada vez que ocurre este tipo de fenómeno. Ello obliga a planificar las plantaciones forestales, establecer las alternativas respecto a cultivos más resistentes a los déficits hídricos, retrasar las siembras de otoño y prever el acopio de forrajes y/o granos suplementarios, para atenuar el menor volumen de pastos en el sector pecuario (bovinos, ovinos), entre otras acciones de planificación agrícola.

La Dirección Meteorológica de Chile, que realiza un monitoreo atmosférico continuo relacionado con los efectos de El Niño y La Niña sobre el clima de nuestro país, mantendrá informado sobre cualquier cambio observado en la evolución de este fenómeno de interés para la comunidad nacional.

2.- Boletín Informativo N° 2 (10 de Julio de 1998)

El Fenómeno El Niño culmina, nuevo escenario para el sector silvoagropecuario

Los últimos registros de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial revelan que gradualmente han experimentado un significativo descenso en el último mes, alcanzando anomalías negativas de hasta -0.8 °C. en el sector ecuatorial del Pacífico central.

Las condiciones atmosféricas durante el mes de junio, se han caracterizado por una intensificación del anticiclón subtropical sobre la región del Pacífico sur-oriental. Esta situación produjo una baja frecuencia de sistemas frontales y escasez en las precipitaciones en la zona central del país, lo que se ve reflejado en el actual déficit pluviométrico que presenta gran parte del territorio nacional.

De acuerdo a los modelos de pronóstico, se espera que la temperatura superficial del mar continúe descendiendo, traduciéndose en anomalías negativas, es decir, en el desarrollo de un evento frío, o La Niña.

Conforme a las condiciones hasta ahora observadas y a las proyecciones que señalan los modelos, existe la probabilidad que en los próximos tres meses, los registros de precipitación se presenten por debajo de los rangos normales, situación que, de concretarse implicará diversas consecuencias favorables y desfavorables en el sector agrícola, asociadas principalmente al comportamiento de las precipitaciones y las temperaturas mínimas.

Un déficit marcado de precipitaciones durante el próximo trimestre redundará favorablemente en los siguientes aspectos:

- a) El menor contenido de humedad ambiental dificultará la penetración de microorganismos patógenos en los cortes mayores a 2 cm de diámetro, que se realizan en la poda de frutales.
- b) Los tratamientos fitosanitarios invernales preventivos y erradicativos, se verán favorecidos en los huertos frutales, al producirse una menor posibilidad de pérdidas de insumos asperjados.
- c) Menor incidencia de enfermedades fungosas en cultivos anuales de secano (trigo y leguminosas de grano), lo cual favorecerá los rendimientos.
- d) El control químico de malezas en cultivos anuales de secano será más eficiente, en relación a las condiciones meteorológicas incidentes.

Desde otro punto de vista, este probable déficit pluviométrico también puede tener repercusiones adversas en el acontecer agrario, pudiéndose mencionar entre otros aspectos, los siguientes:

- a) Reducción de la vida útil de las praderas naturales de secano, lo cual desfavorecerá especialmente al ganado caprino y ovino.
- b) En zonas de riego, a comienzos de primavera no deberá descuidarse el riego de presiembra para los cultivos de maíz, debido a la menor disponibilidad de humedad en el perfil superior del suelo.
- c) Los cultivos perennes, específicamente frutales, anticiparán sus requerimientos hídricos iniciales.

En relación a la temperatura, ante la manifestación de un evento de "La Niña", también se le asocian incidencias favorables y desfavorables en el agro.

En el aspecto favorable, se puede indicar que habrán suficientes horas de frío para el proceso reproductivo de frutales caducifolios. A la inversa, el aspecto negativo radica en el aumento del número e intensidad de las heladas, (temperatura mínima inferior a 0 °C), situación que involucra entre otros, los siguientes aspectos:

- a) El riesgo para frutales carozos de floración precoz (fines de julio y comienzos de agosto) será mayor. Consecuentemente, deberá adoptarse medidas de protección en ciruelos y almendros, más sensibles a las heladas.
- b) El ganado menor y mayor que nace a la intemperie será afectado por su mayor sensibilidad al frío en esa etapa inicial de su desarrollo.
- c) Deberá adoptarse medidas de control de heladas en almácigos de hortalizas al aire libre y adecuar un buen manejo ambiental en viveros e invernaderos que carecen de calefacción.

Las condiciones estimadas para 1999, indican una presencia altamente probable de "La Niña", fenómeno que trae consigo la posibilidad de un déficit de precipitaciones en gran parte del país, tal como ha ocurrido en la mayoría de los años anteriores, en presencia de este fenómeno. Por ello, se reiteran las recomendaciones entregadas en el Boletín Informativo N° 1, respecto a no descuidar las actividades de programación y planificación en el manejo silvoagropecuario para el primer semestre de 1999.

3.- Boletín informativo N° 3 (26 Agosto de 1998)

"La Niña" y la agricultura durante el segundo semestre de 1998 y verano de 1999"

(Entregado al Ministerio de Agricultura) Las condiciones meteorológicas observadas en Chile durante los últimos tres meses, se han caracterizado por la presencia permanente de un predominio anticiclónico y con ello, altas presiones. Estas condiciones están asociadas a la presencia de aguas frías en el Pacífico ecuatorial central, las que han desplazado al anticiclón semi-permanente del Pacífico sur, hasta las cercanías de los 40° de latitud sur (IX Región), impidiendo de esta manera el normal desplazamiento de sistemas frontales hacia la zona central y norte del país, resultando con esto el significativo déficit de lluvias que se registra a la fecha, comparado con los registros de agua caída a igual fecha durante el año 1997.

Según los resultados de los modelos de predicción de la temperatura superficial del mar en el Océano Pacífico ecuatorial, la condición de enfriamiento que se inició a partir de mayo de este año, continuaría al menos hasta los primeros meses de 1999, alcanzando su máxima intensidad durante el verano.

De acuerdo a la evolución prevista de la temperatura superficial del mar sobre el Pacífico ecuatorial, **para los próximos tres a seis meses** y considerando además la tendencia que presentan actualmente los distintos indicadores atmosféricos, la Dirección Meteorológica de Chile informa que existe una alta probabilidad que continúen las condiciones meteorológicas favorables a un déficit de lluvias en las Zonas Central y Norte del país, mientras que en las zonas Sur y Austral, esta situación tendería a normalizarse. Lo anterior, basado en la estrecha relación que existe entre las aguas anormalmente frías del Pacífico ecuatorial (fenómeno conocido como "La Niña") y la intensificación del Anticiclón subtropical frente a Chile.

En relación a la agricultura de riego, ubicada principalmente entre las Regiones V y VII donde no se dispone de una cantidad suficiente de embalses y tranques para riego y considerando además la notable disminución de nieve acumulada en la alta cordillera, se deberán adoptar una serie de medidas prácticas, tendientes a optimizar el uso del recurso hídrico disponible. En tal sentido, a continuación se presentan algunas recomendaciones para los agricultores, factibles de concretar:

- 1.- Eliminar los riegos por tendido o inundación, debido a la gran ineficacia que presenta.
- 2.- No sobredimensionar los surcos de riego, que también presentan un alto grado de ineficacia.
- 3.- No realizar riegos por aspersión o microaspersión en horas de alta insolación o vientos intensos, debido a la pérdida que se produce por evaporación y deriva de agua.
- 4.- Propender al uso de tecnologías más eficientes en el aporte de agua a los cultivos (riego por goteo).
- 5.- Evitar cultivos de arraigamiento superficial, debido al riesgo de estrés térmico que puede manifestarse en el nivel superior del suelo.

- 6.- Mantener estrecha vigilancia en el riego respecto a tiempo y frecuencia de aplicación, así como a la profundidad de infiltración; esto último, considerando el mayor nivel radicular.
- 7.- Efectuar el riego temprano en la mañana, en horas de la tarde o al anochecer, con el propósito de evitar las pérdidas por evapotranspiración.
- 8.- Realizar un continuo control de malezas, para evitar entre otros aspectos, la competencia por la humedad del suelo.
- 9.- Priorizar el riego en las fases fenológicas más sensibles al déficit hídrico. En relación a este aspecto, todos los cultivos pasan por una serie de etapas en su desarrollo, durante las cuales sus requerimientos de agua son diferentes. Existen estados muy sensibles a la falta de humedad en el suelo y en los que precisamente la necesidad de agua llega a su máximo. En general, la floración es un estado muy sensible a la falta de riego.

Desde otro punto de vista, la influencia del Fenómeno "La Niña" conlleva también a una mayor probabilidad de ocurrencia de heladas y con ello, otro riesgo de importancia para los cultivos en la época de primavera. Ello, debido a que los frutales, durante el mes de septiembre, se encontrarán en pleno proceso de floración y cuajado de frutos, ambos estados altamente sensibles a las temperaturas inferiores a -1°C. Además, con la presencia del fenómeno antes mencionado, es probable que las heladas tardías de primavera puedan prolongarse más allá de lo normal, incluso en el mes de octubre. Debido a esta situación, deberán planificarse medidas pasivas y activas de control de heladas, especialmente el sector frutícola de la Zona Central del país.

Finalmente, el escenario previsto de déficit de precipitaciones también presenta un aspecto positivo en el ámbito agrícola, relacionado con una menor incidencia de enfermedades vegetales debido a que la relación temperatura/humedad ambiental será adversa para muchos microorganismos patógenos causantes de enfermedades en los cultivos (hongos, bacterias y otros). Consecuentemente, los agricultores incurrirán en menores gastos para prevenir y controlar la Venturia o Roña en manzanos y perales (**Venturia inaequalis**, **V. Pirina**), Oídio (**Uncinula necator**) y Botrytis en parronales (**Botrytis cinerea**) y otros cultivos, Monilia o Tizón de la Flor en frutales (**Monilinia (Sclerotinia) laxa**) y Royas en cereales (**Puccinia sp**).

4.- Pronóstico de La Niña (Octubre de 1998)

Condiciones pluviométricas 6 meses para provincia de Melipilla, Región Metropolitana

Pronóstico de La Niña.- De acuerdo a los resultados de los distintos modelos climáticos estadísticos y acoplados del océano y de la atmósfera, las condiciones de enfriamiento de la superficie oceánica en la región del Pacífico ecuatorial central y costero (fenómeno conocido como La Niña), permanecerán al menos hasta los próximos 6 meses, alcanzando su máxima intensidad entre diciembre de 1998 y febrero de 1999, con anomalías de temperatura entre 2 y 3 °C por debajo del promedio. Dicha condición de enfriamiento de la temperatura superficial del mar, durante los próximos 3 a 6 meses, tendrá su principal efecto en la circulación atmosférica del hemisferio sur, con una intensificación de la alta subtropical del Pacífico suroriental y aumento en los valores de la presión atmosférica por sobre el promedio a nivel de superficie.

Condición pluviométrica prevista período 1998/1999.- En atención a las condiciones atmosféricas previstas, es altamente probable que el régimen de lluvias para la zona de Melipilla, Región Metropolitana, se manifieste con precipitaciones inferiores al promedio climatológico mensual, entre noviembre de 1998 y abril de 1999.

De la misma manera, el déficit de lluvias (acumulado durante este año), del orden del 70%, continuará casi sin cambios hasta fines del presente año. Conforme a la previsión establecida, a continuación se presentan algunas recomendaciones útiles para el sector silvoagropecuario.

Aplicaciones agrometeorológicas:

Conforme a la perspectiva de las condiciones atmosféricas para los meses restantes del presente año y primer trimestre de 1999, es adecuado hacer referencia a algunas consecuencias de orden práctico y que están relacionadas con el aspecto hídrico:

- 1.- Realizar las siembras de primavera que sean estrictamente necesarias y en lo posible, de bajos requerimientos hídricos. Así por ejemplo, evitar las cucurbitáceas (zapallos, pepinos, melones, etc) debido a su alto consumo de agua.
- 2.- Los cultivos actualmente establecidos deben tener un buen manejo cultural, esto es:
 - evitar la proliferación de malezas (compiten por el agua, los nutrientes, la luz solar, además de ser potenciales hospederos de algunas plagas y/o enfermedades vegetales).
 - Optimizar el uso del agua de riego disponible, manteniendo una estrecha vigilancia en la frecuencia, cantidad y tiempo de riego.
 - Realizar los riegos en horas de menor insolación, con el propósito de minimizar las pérdidas por evaporación.
- 3.- Ante el normal incremento de la temperatura, típica del período y el notorio déficit hídrico que le acompaña, es necesario considerar un raleo más acucioso en los cultivos. Con ello, se pretende optimizar el uso del agua, en beneficio de la cantidad y calidad de los productos a cosechar.
- 4.- Considerando la sequedad de la estrata herbácea de la zona (y en ciertos casos, además arbustiva), es apropiado intensificar la vigilancia y campaña preventiva contra los incendios forestales, cuyas causas son exclusivamente humanas (en el caso de Chile).
- 5.- En atención a la gravedad y complejidad del déficit hídrico que afecta a gran parte del país, es primordial la coordinación y planificación mancomunada entre agricultores e instancias técnicas del agro, considerando como una medida paliativa la prospección y construcción de pozos en las zonas de secano.
- 6.- Los usuarios agrícolas que cuenten con agua de regadío, deben evitar los métodos obsoletos de riego (tendido y por surcos, entre otros), que están asociados a una alta deficiencia respecto al uso y aprovechamiento del agua por parte del cultivo.
- 7.- Deben practicarse y divulgarse activamente las prácticas tendientes a facilitar el uso racional y eficiente del agua de riego (impermeabilización en la conducción intrapedregal, uso tecnificado del agua, etc).
- 8.- En lo referente al manejo pecuario, especialmente por parte de pequeños agricultores, debe enfatizarse el hecho que, el grado de convertibilidad de materia verde en carne o leche, es menor en el ganado mayor, lo que significa que el ganado más viejo requiere mayores cantidades de forraje y agua para su conversión en carne o leche. De acuerdo a lo expresado, debiera incrementarse la comercialización de este ganado, lo que derivará en una descarga más racional de los predios.

Es importante señalar que las precipitaciones del sector de Melipilla, presentan un carácter estacional muy bien definido, con una estación lluviosa entre abril y septiembre. Los meses de primavera (octubre-diciembre) y verano(enero-marzo), en condiciones normales, se caracterizan por lluvias escasas, las que representan menos del 5% del total anual de precipitaciones.

5.- Comunicado de Prensa (15 Febrero de 1999)

Comportamiento de "La Niña", para el invierno 1999

De acuerdo al comportamiento típico del Fenómeno de "La Niña", durante el mes de enero se presentó en la región del Pacífico ecuatorial central (entre los 160 °E y 120 °O), una intensificación del enfriamiento de la temperatura superficial del mar. Así también, en las costas centro y sur de nuestro país (18 °S - 42 °S) continuó la disminución de temperatura, presentándose por primera vez durante el presente año, un descenso de esta variable en la costa del sector norte.

Respecto al comportamiento atmosférico predominante en el Pacífico sur oriental, se ha observado una mayor intensificación y persistencia del anticiclón subtropical más al sur de su ubicación normal.

De acuerdo a las condiciones registradas, es decir el continuo enfriamiento de la temperatura superficial del mar y la intensificación del anticiclón subtropical en las regiones ya mencionadas, se manifiesta un refortalecimiento del fenómeno "La Niña". Por otra parte, las predicciones de los modelos climáticos indican la persistencia de este evento hasta el invierno de 1999

Como consecuencia de la persistencia de este fenómeno, se esperaría que la característica estacional de la precipitación de la Zona Central de Chile, durante la primera mitad del invierno 1999 (abril - mayo - junio), presente la mayor probabilidad de alcanzar valores por debajo de lo normal, mientras que la zona Sur-Austral, manifestaría una mayor ocurrencia de los eventos de precipitación.

De acuerdo al escenario probable, para el sector silvoagropecuario se impone la práctica de una serie de medidas tendientes a optimizar el uso del agua, mantener estrecha vigilancia en la ocurrencia y propagación de incendios forestales y evaluar la carga animal en praderas.

Al respecto, se debe fijar la mayor atención en el uso del agua, para lo cual, es preciso utilizar un método de riego que garantice la mejor eficiencia de su uso por parte del cultivo, cuidando de efectuar su aplicación en horas de menor insolación, vigilando el tiempo y frecuencia de riego. En caso de utilizar surcos, que éstos no sean sobredimensionados. Por otra parte, debido a la sequedad ambiental predominante, es necesario mantener vigilancia en las áreas rurales y silvestres respecto a la ocurrencia y propagación de incendios forestales, debido a la probabilidad que la temporada de incendios se extienda más allá de marzo.

Es adecuado mantener la prospección y construcción de pozos en sectores de secano. Otro aspecto que es importante tener presente para la época invierno - primavera, es el probable aumento y precocidad de eventos de heladas. Sin embargo, desde el punto de vista fitosanitario, el predominio de ambientes poco húmedos y frescos disminuirá el desarrollo y proliferación de enfermedades fungosas.

Para mantener una adecuada fuente de información, ante la evolución del fenómeno "La Niña" y su impacto en el régimen de precipitaciones, la Dirección Meteorológica de Chile mantiene monitoreo permanente de las fluctuaciones y predicciones a nivel mundial.

6.- Boletín Informativo (16 de Marzo de 1999)

Situación actual y pronóstico de La Niña 1999.- Continúa el enfriamiento de la temperatura del mar (La Niña) pero con una intensidad menor a la observada durante el mes de enero pasado. La región con enfriamientos, entre 1 y 1.5 °C por debajo del promedio, comprende el Pacífico ecuatorial central y occidental (Indonesia). La región oriental y costera del Pacífico ecuatorial, durante la última semana de febrero de 1999, registró un notorio cambio de las condiciones de temperatura superficial del mar (TSM) respecto al mes anterior, observándose la desaparición por completo de las anomalías negativas (enfriamiento) y el reaparecimiento de un ligero calentamiento costero de casi 1°C respecto a la media del mes (25.8 °C).

En general, la evolución de "La Niña" se encuentra en una etapa de declinación, después de haber presentado su máximo desarrollo entre los meses de diciembre de 1998 y enero de 1999. Los distintos indicadores, atmosférico (presión atmosférica, vientos, nubosidad) y oceánicos (temperatura, termoclina, nivel del mar) disminuyeron en su magnitud durante el mes de febrero de 1999, revelando de esta manera una tendencia a la normalidad del sistema océano - atmósfera tropical, y en el cual debería mantenerse en los siguientes 2 a 3 meses.

De acuerdo a los pronósticos climatológicos, "La Niña" deberá continuar con tendencia a su debilitamiento, pudiendo desaparecer casi por completo a partir de julio - agosto de 1999.

Influencia de La Niña en las actuales condiciones climáticas de Chile.- Lo más característico que ha sucedido en el clima de Chile con relación a La Niña, ha sido la persistencia del anticiclón subtropical en toda la región central y sur de Chile. Su ubicación más al sur de lo habitual durante la segunda mitad de 1998 y hasta febrero de 1999, ha mantenido a la parte continental de Chile Central y Sur, con una frecuencia menor de sistemas frontales y por lo tanto con una cantidad de precipitación por debajo del promedio, llegando a establecerse períodos de sequía extremos.

Otra consecuencia de "La Niña", producto de la circulación atmosférica presente en Chile, ha sido el incremento significativo de las temperaturas del aire en verano en las Regiones VIII, IX y X, con temperaturas que alcanzaron durante el mes de enero los 38.3 °C en Chillán (registro histórico más alto), 34.6 °C en Temuco y 32.1 °C en Osorno.

Importante ha sido el aumento de las precipitaciones durante el mes de febrero de 1999 en la región altiplánica de Chile, siendo las Regiones I y II las más afectadas. Si bien en condiciones normales, existe un período de lluvias estacional entre diciembre y marzo con cantidades que superan los 300 milímetros, en febrero de este año por un mayor aporte de humedad desde la región del Amazonas y el calentamiento superficial, se produjo nubosidad convectiva de gran desarrollo vertical (cúmulos nimbus), lo que originó una mayor cantidad de precipitación, superando el valor medio de 90 milímetros para el mes de febrero.

Perspectiva climáticas para Chile.- En consideración a los actuales resultados proporcionados por los distintos modelos de pronóstico climático (acoplados y estadísticos) referente a la evolución del evento "La Niña" 1999 y los resultados de los estudios históricos acerca de los efectos que tienen los episodios fríos en el clima de Chile, se espera que las condiciones meteorológicas durante los próximos tres meses sean favorables a la ocurrencia de precipitaciones cuyos montos deberían ser inferiores a los valores normales de agua caída en la Zona Central.

En atención a lo anterior y considerando que esta perspectiva tiene gran importancia para el secano costero e interior, debido a los tipos de cultivos que se siembran entre abril y junio en estos sectores, es recomendable planificar las siembras y el manejo subsiguiente de cultivos típicos, tales como trigo y algunas leguminosas de grano. En tal sentido, para el caso del trigo que sea sembrado, debe ser examinado una vez emergido, a fin de determinar que la sementera posea una población adecuada de plantas por metro cuadrado o lineal. Otra opción de siembra son las leguminosas como lentejas y arvejas, las que pueden establecerse en meses tardíos y con mayores posibilidades de contar con un suministro hídrico adecuado en el suelo.

Cualquiera sea el cultivo establecido, es necesario mantener un control óptimo de las malezas, pues estas compiten por luz, nutrientes y agua. Sin embargo, los pesticidas y otros agroquímicos aplicados (fertilizantes) deben ser usados con un grado suficiente de humedad en el suelo a fin de no incurrir en pérdidas de insumo.

Para los comentarios mencionados, se ha tenido presente, desde el punto de vista meteorológico, la intensificación que actualmente presenta el anticiclón subtropical del Pacífico suroriental, impidiendo el normal desarrollo de nubosidad y el desplazamiento de los sistemas frontales por la zona central de Chile.

En relación al escenario climático previsto para la segunda mitad del invierno de 1999 (julio - agosto - septiembre), aún no es posible establecer la condición pluviométrica más probable para esos meses, debido a que aún no se dispone, de antecedentes suficientes para establecer las características del patrón de circulación atmosférica que predominará. No obstante, en la medida que se obtengan nuevos antecedentes, estos serán difundidos oportunamente para uso y aplicación por parte de los agricultores.

La región altiplánica del norte de Chile, continuará con alta probabilidad de presentar una condición de lluvias por sobre el valor normal, en lo que resta del período estival de lluvias (marzo y abril de 1999).

7.- Pronóstico Agroclimático Julio, Agosto y Septiembre 1999:

Según los resultados proporcionados por los distintos modelos de pronóstico respecto al comportamiento y evolución de la temperatura superficial del mar para los siguientes doce meses, no existe un consenso para indicar la fecha de término de este fenómeno frío conocido como La Niña. Mientras algunos modelos establecen el término de La Niña a partir del segundo semestre de 1999, otros indican la continuidad hasta la primera mitad del 2000. No obstante, lo más

probable es que durante el período mayo - junio - julio de 1999, se mantengan las condiciones térmicas del Pacífico ecuatorial ligeramente más frías.

De acuerdo a lo señalado y considerando los mecanismos de circulación atmosférica más típicos que deberían manifestarse en los meses de la primera mitad del invierno de este año, se espera como probabilidad más alta, que la precipitación estacional (mayo - junio - julio de 1999) en la región central de Chile, alcance una cantidad inferior a su valor normal. Con relación al escenario climático esperado durante la segunda mitad del invierno de 1999 (julio - agosto - septiembre), dependerá fundamentalmente de las condiciones térmicas del Pacífico tropical, pues la prolongación de La Niña más allá de julio, mantendría con altas probabilidades la continuidad de un período de escasez de lluvias. No obstante, esta situación se mantendrá bajo monitoreo permanente, a fin de proporcionar oportunamente las consideraciones prácticas relacionadas con el agro.

En base a las perspectivas indicadas, es necesario proporcionar algunas **orientaciones y comentarios agrometeorológicos aplicados**, para los productores de la Zona Central del país, tanto para los sectores de secano, como de riego, con el propósito de contribuir en la minimización del impacto del déficit de lluvias y disminución de la temperatura del aire.

Cultivos anuales

- Si la siembra está ya realizada o en vías de ejecutarse, debe considerarse que existen altas probabilidades que las lluvias otoñales puedan ser poco abundantes y espaciadas en el tiempo, lo cual podría repercutir en una mala germinación de las semillas y deficiente emergencia de las plántulas. Para el primer caso, podría evaluarse el porcentaje de plantas emergidas por metro cuadrado o lineal, para decidir la rentabilidad del cultivo. Para el segundo caso, es decir, si no se ha realizado la siembra, entre otras alternativas, se podría postergar la siembra hasta que exista un nivel adecuado de humedad en el suelo o en caso contrario, reprogramar el uso del suelo.
- Considerar la posibilidad de utilizar variedades del cereal que puedan ser sembradas hasta el 15 de julio, como máximo.
- Respecto al trigo, a modo de orientación, se puede indicar que es conveniente que el agricultor evalúe de acuerdo a la realidad de su sector, el posible cambio de este cultivo, por otros más tardíos. Como cultivos alternativos se pueden mencionar la lenteja, que normalmente se siembra en mayo y arveja, en los meses de junio y julio; esta última, puede ser cosechada en verde o como grano seco.
- En caso de persistir el déficit actual de lluvias en invierno, podría optarse por cultivos de primavera.
- Para cultivos de trigo y arveja sembrados en zonas de riego, debe considerarse:

Trigo.- Tener presente el impacto que puede producir en los rendimientos, la falta de agua en estados críticos. Al respecto, **un déficit severo de agua entre espigadura y grano lechoso**, puede **reducir los rendimientos entre un 30 y 40%. También existe una alta sensibilidad hídrica cuando la planta ha alcanzado unos 15 cm de altura**, etapa en que está definiendo el número de espigas y de semillas potenciales por espiga. En estos momentos una carencia de agua puede reducir los rendimientos **entre un 20 y 25%**.

Arveja.- Este cultivo presenta su mayor exigencia hídrica al inicio de la floración. Cabe destacar que las aplicaciones de agua de riego demasiado frecuentes y en pequeñas cantidades, producen una desuniformidad del tamaño, coloración y maduración de las vainas.

Fruticultura

- **Podas.-** Para el caso de frutales caducifolios ubicados en la Depresión Intermedia, se prevé durante el trimestre mayo - julio, condiciones atmosféricas un tanto favorables para

las podas, por cuanto existiría una menor incidencia de microorganismos patógenos específicos, que infectan las plantas penetrando por los cortes mayores, ya sea en presencia de alta humedad ambiental persistente o por medio del agua libre de las precipitaciones.

- **Horas de Frío.**- Respecto al proceso de vernalización para los frutales, se estima que la acumulación de horas de frío debiera cumplirse adecuadamente. Esto, por cuanto la cobertura nubosa asociada a precipitaciones será más escasa, con mayores probabilidades de cielo nocturno despejado y consecuentemente, mayores registros de frío.
- **Pestes.**- Relacionado con el control preventivo de plagas y enfermedades, propias del manejo invernal en huertos frutales, se presumen menores pérdidas en agroquímicos asperjados, por efecto de arrastre o lavado por las lluvias.

Manejo Pecuario

Debido a la influencia adversa que ha ejercido el prolongado déficit de lluvias sobre la vegetación herbácea natural, especialmente en secano, no es necesario efectuar alcance sobre el manejo de la pradera, la cual ya se encuentra sobretalajada y degradada. Sin embargo, igualmente los ganaderos pueden adoptar medidas complementarias de manejo, ya sea en el aspecto sanitario (desparasitaciones gastrointestinales y pulmonares, vacunaciones, etc), o en el aspecto alimentario (suplementos alimenticios, pellets y otras fuentes alimenticias).

8.- Pronóstico agroclimático Julio, Agosto, Septiembre de 2000

De acuerdo a la evolución que ha presentado el régimen térmico de la superficie del mar en la región del Pacífico ecuatorial, durante este último período, se puede confirmar que **el Fenómeno La Niña que se inició en mayo de 1998 está en su fase de declinación**, lo que guarda consistencia con las perspectivas anunciadas desde principio de año.

Esta fase de declinación también se ha detectado en el comportamiento de los parámetros atmosféricos y se espera que continúe por los próximos tres meses, induciendo en la Zona Centro Norte de Chile (entre la IV y VIII Región) un régimen de precipitaciones que presentará valores en torno a lo normal, lo que sumado a las abundantes precipitaciones registradas durante el mes de junio, hacen prever que el término del año se presentará sin déficit en toda la Zona Central.

De acuerdo a lo anterior, es necesario planificar debidamente las faenas de terreno, especialmente las que dicen relación con el uso de pesticidas, tanto en cultivos anuales, como perennes, con el objeto de prevenir pérdidas por un eventual lavado de los agroquímicos aplicados. También es importante considerar el ingreso de maquinaria en suelos destinados a cultivos de primavera, a fin de evitar sembrar cuando exista un nivel de humedad excesivo, lo cual perjudicaría la localización adecuada de las semillas (profundidad y distancia de siembra) por arrastre del suelo húmedo adherido a los discos y ruedas de la máquina sembradora.

Desde el punto de vista de las podas que se realizan en el mes de julio, es conveniente no descuidar la desinfección inmediata u oportuna de los cortes mayores, pues el riesgo de enfermedades que penetran por los cortes es mayor cuando la pluviosidad es persistente o se presenta con mayor frecuencia.

9.- Pronóstico agroclimático Junio, Julio y Agosto de 2001

Considerando el comportamiento manifestado por los parámetros océano atmosféricos de gran escala (en el Pacífico ecuatorial) durante estos tres últimos meses, se estima que en el segundo semestre del presente año se iniciaría una evolución hacia el Fenómeno de "El Niño", el cual presentaría una intensidad moderada.

De persistir el calentamiento previo observado en el Pacífico ecuatorial central y parte de las costas de Sudamérica, se induciría una modificación del comportamiento pluviométrico y térmico en la zona central de Chile, previéndose la probabilidad de que las precipitaciones durante el mes de junio presenten valores en torno a la normal pluviométrica, aumentando la cantidad de agua caída hacia los meses de julio y agosto, con acumulados que superarían los valores normales para la época. Respecto al comportamiento del régimen térmico, no se prevé cambios significativos para la zona central.

De acuerdo al nuevo escenario, es conveniente planificar adecuadamente el manejo de campo a mediano plazo, especialmente en lo que respecta a cultivos anuales y perennes. En ambos casos, las aspersiones de pesticidas preventivas no debieran ser retrasadas excesivamente, a fin de no incurrir en pérdidas de insumos por lavado de agroquímicos. Por otra parte, debe considerarse que en cultivos de trigo y leguminosas de grano habría una mayor proliferación de Royas, enfermedad fungosa que ataca varias especies cultivables, por lo que el monitoreo de plagas debe ser más acucioso. Respecto a frutales que en primavera cumplen su proceso de floración, especialmente carozos, podrían ser afectados más intensamente por enfermedades como Monilia o Tizón de la flor, Botrytis y Venturia o Roña en pomáceas, entre otras. Como la condición atmosférica prevista induce una mayor cobertura nubosa, eventualmente podría haber un menor grado de vernalización, lo que afectaría adversamente a frutales con alto grado de exigencia en horas de frío invernal. Las consideraciones anteriores deben ser periódicamente monitoreadas, con la finalidad de optimizar la planificación de campo basado en el desarrollo de esta predicción.

10.- Pronóstico Agroclimático Abril, Mayo, Junio 2002:

Se ha detectado un leve incremento de la temperatura superficial del mar en la región del Pacífico Tropical, condición que hace prever un aumento en la probabilidad de la presencia de El Niño durante el próximo invierno; cabe señalar, que aún no es posible aseverar con absoluta certeza su ocurrencia, ni tampoco la intensidad que presentará, debido a que aún no se manifiestan claramente la totalidad de los indicadores océano - atmosféricos que comúnmente se utilizan en la prognosis de este evento.

De acuerdo a la información disponible, se prevé que el otoño presente registros pluviométricos normales a ligeramente más altos en la zona central del país y valores térmicos dentro de los rangos climatológicamente normales.

De acuerdo a lo citado precedentemente, es necesario que los agricultores de la zona central relacionen esta perspectiva trimestral con un manejo anticipado y planificado en sus faenas de terreno. Ejemplos de uso aplicado de esta información agrometeorológica, tanto en lo que respecta a cultivos anuales, como perennes, son:

1. No retrasar la preparación de suelos que serán sembrados en otoño con cultivos anuales, sean éstos cereales (trigo, avena, etc.) o forrajeras para alimentación de ganado.
2. Que las cosechas de cereales (maíz) y cultivos industriales (maravilla), se ejecuten una vez que tengan un nivel aceptable de humedad en los granos, pues eventuales precipitaciones en abril y mayo podrían ocasionar pérdidas por pudriciones de semillas en las matas.
3. Respecto a las siembras de otoño, debe considerarse el trazado de canales de desagüe una vez realizada la siembra, con la finalidad de drenar o eliminar eventuales excesos de agua caída, impidiendo así pudriciones radiculares en los cultivos, que estarían en esa época en sus estado iniciales de crecimiento.
4. En las Regiones del Maule y del Bío Bío, existe una superficie significativa con cultivos de remolacha azucarera. Esta comienza a ser cosechada en los próximos meses, cuando la pluviosidad aumenta. Debido a ello, los suelos de los potreros quedan demasiado anegados o sobresaturados de humedad, dificultando el uso de camiones o colosos que reciben la carga de raíces cosechadas. Esto es de mayor relevancia en suelos arcillosos, dada su gran capacidad de retención de humedad. Por otra parte, la red caminera interna

y/o secundaria, que son de ripio o suelo desnudo, se deterioran con mayor facilidad en su carpeta de tráfico.

5. Respecto a cultivos perennes, principalmente frutales, podría ser afectada la cosecha de kiwis, frutos que cuentan con una duración menor en relación a otras especies.
6. En aquellas localidades, en que se comience primero con las podas de carozos, es de fundamental importancia no descuidar la desinfección oportuna de los cortes mayores a 2 cm. de diámetro, con la finalidad de impedir la entrada de microorganismos patógenos.
7. El calendario fitopatológico preventivo y erradicativo de algunas plagas, debe ser realizado acorde a las condiciones meteorológicas que imperarán en los días subsiguientes a los tratamientos, con la finalidad de prevenir pérdidas por lavado de productos asperjados.
8. Al aplicar urea foliar en los meses otoñales (en manzanos y perales), ya sea para acelerar la caída de hojas o reducir la venturia en primavera, esta debiera ser asperjada considerando las condiciones meteorológicas que imperarán durante varios días (al menos dos o tres días seguidos), a fin de evitar pérdida del insumo.

11.- Pronóstico Agroclimático Junio, Julio, Agosto 2003:

De acuerdo a los análisis océano-atmosféricos de estos últimos meses, “El Niño 2002/2003 ha finalizado”. Esta condición genera incertidumbre respecto al pronóstico a mediano plazo de todas formas, basándose en la estadística de eventos y en el escenario más probable sugerido por los modelos globales, se prevé que el régimen de lluvias para los siguientes 3 meses en la zona central de Chile (entre las Regiones IV y VII), se mantendrá entre los rangos normales y ligeramente bajo lo normal. *Lo expuesto implica algunas recomendaciones agrometeorológicas potencialmente necesarias de ponderar, debido a que el comportamiento termopluviométrico estacional y local siempre reviste consecuencias directas e indirectas en el manejo del agro, como por ejemplo:*

1. Las siembras de cultivos anuales (especialmente en los sectores de secano), podrían retrasarse debido a la menor disponibilidad hídrica en el perfil superior del suelo. Por tal razón, en cultivos que ya se encuentran vegetando, el control de malas hierbas es fundamental, debido a que las malezas compiten ventajosamente por la humedad radicular, absorción de nutrientes del suelo y por la luz solar en las hojas. Relacionado indirectamente con este aspecto, es importante manejar óptimamente las aplicaciones nitrogenadas en trigo.
2. Si en los sectores de rulo los déficits hídricos persisten, debe evaluarse la posibilidad de cambiar las siembras de trigo por otras alternativas, como alguna leguminosa de grano; esto, debido a que tales cultivos pueden ser sembrados más tardíamente.
3. En lo referido al rubro pecuario, la carencia de lluvias dificulta y atrasa la emergencia de la pradera natural. Por tal razón, debiera optimizarse la carga animal bajando la presión de pastoreo, planificando la frecuencia e intensidad del talajeo, adecuar número y tamaño de potreros, etc. De esta forma, la pradera natural responderá más rápidamente a las lluvias otoñales e invernales.
4. Si eventualmente en el transcurrir del invierno las temperaturas mínimas fuesen de muy baja intensidad, debiera preverse cuidados especiales con el ganado menor recién nacido, debido a que en sus primeros días son sensibles al frío ambiental.
5. Relacionado con los huertos frutales, una menor pluviosidad en otoño e invierno serían positivas desde el punto de vista del manejo preventivo contra plagas y enfermedades vegetales, pues se facilitarían las aspersiones fitosanitarias, disminuyendo el riesgo de lavado de los pesticidas asperjados. Por otra parte, el proceso de podas en frutales caducifolios también se cumpliría más eficazmente. Relacionado con este rubro productivo, una menor pluviosidad podría implicar menor cobertura nubosa y por ende, un mayor grado de vernalización en los frutales caducifolios de la depresión intermedia. Esto también se relaciona con más posibilidades de heladas, aspecto que es importante de considerar en la planificación de prevención de daños en especies vegetales más sensibles a las bajas temperaturas, tales como algunas hortalizas, entre ellas las coliflores, que son

afectadas en la pérdida de color y calidad de su pan, o en los tomates y pimentones cultivados en invernaderos sin calefacción.

En cuanto a la zona sur y austral, se espera que las precipitaciones se presenten dentro de los rangos normales para la época (jun - jul - ago), por lo que los agricultores deben adecuar sus faenas de terreno a las condiciones atmosféricas imperantes *al momento de realizar sus labores*.

12.- Pronóstico Agroclimático Noviembre y Diciembre 2003 y Enero de 2004

Los índices océano atmosféricos asociados a la activación o no de un evento "El Niño" o "La Niña" y un alto porcentaje de los modelos estadísticos de predicción de la temperatura superficial del mar, mantienen la perspectiva de condiciones neutras para los próximos 6 meses. En otras palabras, no se aprecian condiciones que contribuyan al desarrollo de un evento "El Niño" (cálido) o de "La Niña" (frío). Cabe indicar que algunos modelos muestran para los meses de noviembre, diciembre y enero de 2004 un ligero aumento de la temperatura superficial del mar (TSM), predominantemente en el Pacífico ecuatorial central y occidental.

Tomando en cuenta el probable aumento de la TSM en el Pacífico ecuatorial central, en el trimestre señalado del hemisferio sur, se prevé que Chile presente un régimen pluviométrico preferentemente dentro de los valores normales, existiendo una muy baja probabilidad de precipitaciones que excedan el promedio mensual del período comprendido entre 1961-1990, especialmente entre las Regiones VIII y X.

Para las Regiones XI y XII las precipitaciones presentarán valores en torno a lo normal. Al norte de la VII Región no se prevé eventos de precipitación de importancia.

Respecto al régimen térmico, la zona central y sur de Chile presentarán temperaturas con valores predominantemente dentro de los rangos normales, a ligeramente superiores.

Aplicaciones Agrometeorológicas

En atención a que al mes de octubre gran parte del país presenta valores pluviométricos deficitarios, en torno a un 23 % en la zona central, sur y austral y considerando la perspectiva trimestral indicada para fines de primavera y comienzos de verano en gran parte del Chile agrícola, se derivan consecuencias positivas y negativas para las faenas silvoagropecuarias.

En el primer caso, los agricultores son favorecidos debido a que se dan condiciones atmosféricas para una menor incidencia de enfermedades fungosas y bacterianas, lo cual repercute favorablemente en la sanidad vegetal de los frutos y productos derivados del agro. Por otra parte, los costos finales en la gestión productiva (derivados del menor uso de pesticidas), serán menores, asociándose a este efecto directo un beneficio indirecto para las especies de insectos benéficos, como también una disminución en la contaminación residual de los suelos y cursos de agua.

Desde una perspectiva desfavorable, las zonas carentes de infraestructura de riego (rulo o secano), eventualmente pueden ver disminuidos algunos rendimientos en granos y semillas, debido a déficits hídricos en estados fenológicos sensibles, como la floración. Además de ello, en estas zonas de secano los pequeños agricultores y ganaderos debieran planificarse racionalmente el uso de sus empastadas naturales, tendientes a alargar el período útil de éstas; algunas medidas que contribuyen a este fin son el uso racional de la carga animal (venta de animales enfermos, hembras con problemas de fertilidad, animales viejos, etc), rezagos oportunos y adecuados de las praderas, etc.; en los cultivos anuales realizar un buen control mecánico de malezas, debido a que éstas compiten por humedad y nutrientes, etc.

Sin embargo, una eventual escasez hídrica natural favorecería a los viticultores, debido a que se incrementaría la calidad de las bayas en los racimos de uvas.

Desde un punto de vista térmico, la perspectiva prevista induciría un buen desarrollo de los frutos, debiéndose en las zonas de riego, monitorear las tasas de evapotranspiración a que puedan estar

sujetos los vegetales, especialmente cultivos anuales de arraigamiento superficial y exigentes en aportes de humedad radicular.

Importante: Todas las perspectivas o pronósticos a largo plazo consideran una **Nota** que deja implícito que las Aplicaciones son **una Orientación** y **no una Recomendación**. Ello con la finalidad de prevenir quejas o demandas legales cuando el Pronóstico pueda ser causa de error, con posibles pérdidas económicas.

La antedicha Nota es la siguiente:

"NOTA: Debido a que existen regiones, zonas y sectores con relieve y especies vegetales que meteorológicamente se comportan de una forma particular, esta información sólo constituye una Pauta de Orientación y no una Recomendación al agricultor".

Retroalimentación

En Chile y al parecer en Latinoamérica, es usual que los agricultores sean reacios a mantener una retroalimentación fluida con los Servicios Meteorológicos. Esta característica común al productor latino, implica por cierto, escasas posibilidades que los pronosticadores cuenten con información objetiva acerca de la confiabilidad y certeza de sus pronósticos. Esta retroalimentación debiera ser más conveniente en aquellos países de complicada orografía, donde el relieve local juega un rol importante en el comportamiento atmosférico local.

No obstante lo anterior, los agricultores progresistas y las agencias gubernamentales directamente involucradas en la gestión productiva, constatan frecuentemente la calidad de los productos proporcionados, en razón a que sopesan el valor comercial de éstos. En tal sentido, la Dirección Meteorológica de Chile, mediante su Departamento de Meteorología Aplicada, trabaja directamente con Organismos dependientes del Ministerio de Agricultura, en todas aquellas regiones administrativas donde cuenta con una red de estaciones agrometeorológicas.

Sin embargo, cada vez que los agricultores son requeridos acerca de la importancia y necesidad de contar con un sistema de información meteorológica en tiempo real, no dudan en responder afirmativa y positivamente acerca de la valía de estos organismos técnicos especializados. Esta percepción se refleja en exposiciones de agrícolas, visitas al Servicio Meteorológico, comunicaciones informales a los medios de difusión escritos (periódicos locales) o directamente al Servicio Meteorológico Nacional. En tal sentido, es recurrente que muchos de ellos requieran información agroclimatológica histórica, con la finalidad de planificar la introducción de nuevas especies o estudiar la potencialidad climática local.

Uno de los organismos públicos del agro en las regiones son las **Secretarías Regionales Ministeriales de Agricultura** (SEREMIA), las cuales mantienen a los **Centros Regionales de Información Agrometeorológica** (CRIA), instancia técnica encargada de coordinar directamente con el Servicio Meteorológico Nacional, todas aquellas materias relacionadas con el funcionamiento y operatividad de las estaciones agrometeorológicas, tales como, reposición de repuestos, instrucción a observadores cooperativos y otras.

Los organismos anteriormente mencionados dependen jerárquicamente del **Ministerio de Agricultura**, instancia que a nivel central entrega los lineamientos principales de la política agrícola del Supremo Gobierno. Como tal, le corresponde dirigir y coordinar dichas políticas a nivel nacional. En esa calidad, se le requirió un Informe respecto a su apreciación respecto a los pronósticos o tendencias meteorológicas a mediano y largo plazo; los informes emitidos se transcriben a continuación:

MEMORANDUM N° 595

SANTIAGO, 20 de Noviembre de 2003

DE : JEFE UNIDAD DE EMERGENCIAS AGRICOLAS

A : GUALTERIO HUGO - DMC

En respuesta a su consulta técnica, que dice relación con el uso de los pronósticos meteorológicos de mediano y largo plazo y su aplicación en la agricultura, puedo indicar a usted que esta Cartera ha recibido dicha información hace bastante años a la fecha y con excelentes resultados, tanto para nuestro sector como para la comunidad en general.

Los pronósticos a corto plazo son en un 100% acertados y del orden de 72 horas para la mayoría de las localidades del territorio Nacional, salvo para la Región Metropolitana que el pronóstico es de 120 horas.

Para las actividades que se desarrollan en la agricultura, contar con un Pronóstico a mediano plazo es fundamental, ya que se pueden programar actividades o dejar de hacer otras, o de lo contrario, si no se contara este Pronóstico significarían pérdidas tanto de productos como de insumos agrícolas.

Los agricultores se han ido acostumbrando a depender de este tipo de información y cada vez son más necesarias, pues así como se avanza tecnológicamente en materias de cultivos y fitosanitarias para lograr éxitos económicos, también se avanza rápidamente en materias de observación y estudios espaciales del comportamiento de los océanos que nos permiten y exigen una capacitación mayor de parte de los usuarios que están dedicados a la producción Silvoagropecuaria.

En relación a la difusión, actualmente hacemos LINC con la DMC por intermedio de nuestra página Web, la que está en conocimiento de las Secretarías Regionales Ministeriales de Agricultura (en las 13 regiones del país) y todos los Servicios del Agro a nivel nacional. En las regiones donde existe CRIA se comunican los pronósticos diarios a la prensa y radioemisoras locales, lográndose de esta forma una cobertura a nivel regional, se entrega información a las Asociaciones de Agricultores y red regional de productores, por medio de correo electrónico.

Los pronósticos a largo plazo son comunicados por la Unidad de Emergencias Agrícolas de esta Subsecretaría en forma oportuna a los 13 Seremi de Agricultura, quienes se encargan de difundir la información a nivel local entre los Servicios del Agro (SAG-INDAP-CONAF-INIA-INFOR), entre los más relevantes. Además se mantiene contacto con las instituciones del Ministerio de Obras Públicas como son la DGA y DOH.

En el caso de presentarse sequías, la presión por solicitar información de parte de los usuarios regionales es abrumadora. Las consultas relacionadas con pronósticos del tiempo llegan de todas partes del país en que se esté presentando el problema.

La solicitud que ha planteado esta Unidad en representación del MINAGRI es, que así como los pronósticos de la Región Metropolitana son a 5 días, se podrían igualar los del resto de las regiones a este mismo período.

A mediano plazo hay que implementar en forma conjunta con CONAF (desertificación), Universidad de Chile, Dirección Meteorológica y Unidad de Emergencias Agrícolas, un sistema de alerta temprana para eventos como La Niña y así poder programar acciones que permitan enfrentar con anticipación estos eventos de la naturaleza que son adversos para la productores silvoagropecuarios de nuestro país.

Resumen: la labor realizada por la DMC con su servicio de pronósticos a mediano y largo plazo, es una herramienta indispensable para la producción silvoagropecuaria del país, que llega a ellos gracias a la difusión que realiza el Ministerio de Agricultura por los distintos medios de comunicación que se dispone.

Aprovecho esta oportunidad para felicitar al Sr. José Curihuinca, deseándole el mayor de los éxitos en su cometido, que sin duda alguna será de gran beneficio personal y para la Institución que representa.

Saluda atentamente a Ud.,

(Firmado)

GASTON SEPULVEDA BIDEAIN
JEFE UNIDAD DE EMERGENCIAS AGRICOLAS
COORDINADOR NACIONAL DMC-MINAGRI

De igual forma como se ha explicado en los párrafos anteriores, la incidencia de los CRIAs en de relevancia vital en la difusión de la información meteorológica para el agricultor.

Los informes de cada Centro Regional de Informaciones Agrometeorológicas, de norte a sur del país, se indican a continuación y son un ejemplo de la interactividad entre los CRIAs y el Servicio Meteorológico nacional.

INFORME CRIA IV REGIÓN

La Serena diciembre 2003

El CRIA de la Cuarta Región le entrega información a gran parte de la comunidad agrícola regional; parte de la información es entregada vía e-mail y a aquellos que no posean este medio, se les entrega la información agrometeorológica por los medios de comunicación como radio y televisión (TVN Red Coquimbo). En algunas radios, en caso de algún evento meteorológico inusual, al encargado del CRIA le dan un espacio en un programa radial para dar consejos y alerta a los agricultores. Además, están organismos gremiales agrícolas que se encargan de avisar al agricultor de algún evento meteorológico adverso, como son las Juntas de Vigilancia u aAociaciones de regantes, que constantemente reciben la información del CRIA.

Algunos agricultores muchas veces llaman por teléfono para saber la información o el estado del tiempo, en caso de que tengan que hacer alguna aplicación o algún otro manejo agrícola delicado.

Pero, también hay que destacar que no sólo el ámbito agrícola se interesa en el Servicio, si no que además , algunas mineras solicitan el pronóstico del tiempo.

También estudiantes de las Carreras de Técnico Agrícola e Ingeniería en Agronomía vienen a solicitar información y en otros casos algunas Consultoras.

El CRIA además posee contacto con otras estaciones de algunas instituciones del agro, tal como el INIA que coopera con información de sus estaciones meteorológicas de la región, lo cual nos permite tener mayor cobertura

Es todo en cuanto puedo informar

Saluda atentamente.

Rodrigo Contreras Figueroa
Encargado CRIA IV Región

Quillota, 02 Diciembre de 2003

Sr.
José Curihuinca:

Informe de perspectiva trimestral es de mucha utilidad para los agricultores, debido a que les permite programar con anticipación las actividades agrícolas y tomar las acciones pertinentes sobre fenómenos climáticos que puedan afectar sus cultivos. Esto tomando en consideración los pronósticos diarios, que permiten ir adecuando las tareas y tomando decisiones más inmediatas.

Además, para los medios de comunicación permite entregar información más completa sobre lo que ocurrirá en la región en los próximos meses, haciendo más precisa la noticia, y alertando a la comunidad sobre las condiciones climáticas.

Atte.

Héctor Ortega
Encargado CRIA V Región

INFORME:
IMPORTANCIA DE LOS PRONOSTICOS TRIMESTRALES
Y SU APLICACIÓN EN LA AGRICULTURA

El Centro Regional de Información Agrometeorológica - Sexta Región, data desde 1989 y su creación se debió a los esfuerzos de la Dirección Meteorológica de Chile y a la Organización Meteorológica Mundial, quienes desarrollaron el Proyecto Semilla, que generó la existencia del Centro. Este atiende las necesidades del sector silvoagropecuario regional en materia de información agrometeorológica.

En este contexto, nuestra función como Centro es apoyar el desarrollo agrícola regional, advertir a los planificadores y autoridades respecto a la contingencia y a las perspectivas de los futuros acontecimientos meteorológicos que deberá enfrentar la región.

La Sexta Región es una región eminentemente agrícola y esta información se transforma en un insumo estratégico para el crecimiento del sector silvoagropecuario.

Por otra parte, frente a la dinámica de los fenómenos de El Niño y La Niña y de su repercusión en la actividad agrícola, toda información, tanto en tiempo real como en tiempo futuro, es muy apreciada; ejemplo de ello fue la emisión de Informes trimestrales que anunciaron la presencia de La Niña y por tanto, la alta probabilidad de ocurrencia de sequía, lo cual permitió a los agricultores planificar adecuadamente sus siembras y evitar en algunos casos, sobre endeudamiento. También los Informes trimestrales se han convertido en una excelente herramienta para el sector vitivinícola regional, quienes lo utilizan y programan sus actividades con bastante antelación.

Otros ejemplos son:

- Programación de siembras
- Prevención de enfermedades en ganado
- Prevención de enfermedades en plantas
- Implementación de sistemas de riego que optimicen el uso del agua
- Programación de créditos
- Programación de sistemas de prevención frente a la ocurrencia de heladas
- Limpieza de canales y de sistemas de evacuación de aguas
- Adquisición de forraje conservado
- Obras de drenaje

El Informe precedentemente citado, ha sido remitido vía Mail por la Encargada del CRIA correspondiente a la VI Región, Srta. Pamela García.

**CENTRO REGIONAL INFORMACIONES
AGROMETEOROLOGICAS VII REGION**

EL CENTRO REGIONAL DE INFORMACIONES AGROMETEOROLOGICAS REGION DEL MAULE ,
CRIA,
ES APOYADO DIRECTAMENTE POR LA DIRECCION METEOROLÓGICA DE CHILE, EN EL
QUEHACER DIARIO DE SUS FUNCIONES EN EL AREA AGROMETEOROLOGICA.

ENTRE LOS INFORMES QUE SE RECIBEN PERIÓDICAMENTE EN ESTE CENTRO, SE
ENCUENTRA EL DE **PERSPECTIVA TRIMESTRAL AGROMETEOROLOGICA**. ESTE ES
RETRANSMITIDO A LOS AGRICULTORES REGIONALES Y MEDIOS DE COMUNICACIÓN.

ESTE INFORME CONTEMPLA UNA APRECIACIÓN CLIMÁTICA PARA LOS PRÓXIMOS MESES,
INCLUYENDO ADEMÁS UNA RECOMENDACION AGRÍCOLA QUE GUIA DE BUENA FORMA A LOS
AGRICULTORES A PLANIFICAR Y TOMAR DECISIONES EN EL MEDIANO PLAZO, TALES COMO,
DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE A CULTIVAR, PLANIFICACIÓN DEL RIEGO,
PRECAUCIONES POR INCIDENCIA DE ENFERMEDADES Y PLAGAS, ESTIMACIÓN DE
COSECHAS, PRECAUCIONES ANTE MAYOR INCIDENCIA DE INCENDIOS FORESTALES Y
OTRAS DE INTERES.

ADEMÁS, EL INFORME ANTES INDICADO, SE CONSTITUYE EN UNA VALIOSA HERRAMIENTA
PARA LAS ENTIDADES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA REGIONAL Y APOYA LAS
ACCIONES DE PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL QUEHACER SILVOAGROPECUARIO,
COMO ASIMISMO, LAS TAREAS DE MONITOREO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS,
PERMITIENDO EVENTUALES REPROGRAMACIONES Y/O ADECUACIONES.

**CENTRO REGIONAL DE INFORMACIONES
AGROMETEOROLOGICAS CRIA VII REGION**

6 norte 770 , Talca. Fono Fax 71-236632-236643
e - mail seremi7@minagri.gob.cl

Comprobación de los Pronósticos Estacionales emitidos para Chile central, período 1998 - 2003

Con la finalidad de comparar *grosso modo* el comportamiento termopluviométrico de Chile central y el grado de certeza de los Pronósticos agrometeorológicos estacionales que a la fecha se han difundido, se incluye a tres estaciones meteorológicas que cubren el transecto comparado.

De igual forma, se indica sólo cuatro fechas comunes a lo largo del año, que permiten visualizar el grado de avance de las precipitaciones durante cada año.

En el Cuadro con valores de precipitación, se observa que los años 1998 y 1999 se caracterizaron por la escasez de lluvias, en varios casos con déficits significativos en el agua caída. Igual tendencia se observa durante el año 2003. Los años restantes, salvo algunas excepciones, muestran precipitaciones sobre lo normal.

Al comparar las precipitaciones del período analizado, se indica los porcentajes de Déficit o Superávit con respecto a la Normal, en base a la fórmula expresada como:

$$\% \text{ Déficit/Superávit} = \frac{\text{Total a la fecha} - \text{Normal}}{\text{Normal}}$$

Precipitaciones acumuladas en tres localidades representativas de Chile central

1998	Prec al 30 de Abr.	Normal	% Déf. Sup.	Prec al 31 de Julio	Normal	% Déf. Sup.	Prec al 30 Sept	Normal	% Déf. Sup.	Prec al 31 de Dic	Normal	% Déf. Sup.
Santiago	37.3	13.3	178.1	73.6	213.8	-65.5	89.3	286.1	-68.7	89.3	312.5	-71.4
Curicó	29.0	50.6	-42.6	110.7	473.5	-76.6	152.8	629.2	-75.7	161.8	701.9	-76.9
Chillán	59.0	110.6	-46.6	309.2	733.8	-57.8	426.6	965.8	-55.8	451.1	1.070,0	-57.8
1999												
Santiago	32.7	13.3	145.8	108.2	213.8	-49.3	305.8	286.1	6.8	343.2	312.5	9.8
Curicó	33.1	50.6	-34.5	285.4	473.5	-39.7	628.9	629.2	-0.04	654.4	701.9	-6.7
Chillán	45.8	110.6	-58.5	595.3	733.8	-18.8	1015.8	965.8	5.1	1042.0	1.070,0	-2.6
2000												
Santiago	32.3	13.3	142.8	242.3	213.8	13.3	459.3	286.1	60.5	473.9	312.5	51.6
Curicó	41.5	50.6	-17.9	633.8	473.5	33.8	833.8	629.2	32.5	849.4	701.9	21.0
Chillán	144.9	110.6	31.0	687.3	733.8	-6.3	1011.2	965.8	4.7	1061.7	1.070,0	-0.7
2001												
Santiago	26.0	13.3	95.4	245.1	213.8	14.6	311.1	286.1	8.7	311.8	312.5	-0.2
Curicó	34.8	50.6	-31.2	550.0	473.5	16.1	732.8	629.2	16.4	743.5	701.9	5.9
Chillán	120.0	110.6	8.4	998.7	733.8	36.0	1151.6	965.8	19.2	1207.0	1.070,0	12.8
2002												
Santiago	15.3	13.3	15.0	493.0	213.8	130.5	595.5	286.1	108.1	600.8	312.5	92.2
Curicó	140.7	50.6	178.0	638.2	473.5	34.7	1025.1	629.2	62.9	1060.9	701.9	51.1
Chillán	260.4	110.6	135.4	767.7	733.8	4.6	1051.1	965.8	8.8	1310.7	1.070,0	22.4
2003												
Santiago	5.2	13.3	-60.9	189.3	213.8	-11.4	211.2	286.1	-26.1		312.5	
Curicó	38.0	50.6	-24.9	393.3	473.5	-16.9	467.9	629.2	-25.6		701.9	
Chillán	36.3	110.6	-67.1	399.9	733.8	-45.5	556.2	965.8	-42.4		1.070,0	

En general, el Cuadro corrobora la exactitud de los Pronósticos estacionales. Ello ha sido de gran utilidad a la comunidad agrícola de Chile central.

Conclusiones

Al comparar los valores numéricos versus Pronósticos Estacionales y sus correspondientes Aplicaciones Agrometeorológicas, reafirman la validez de los Pronósticos Estacionales emitidos por la Dirección Meteorológica de Chile. Esto le confiere un gran valor en la Planificación agrícola moderna, según lo confirma el Ministerio de Agricultura, como también los distintos usuarios y agricultores de gran parte del país.-

La Información Meteorológica en Colombia

Luz Dary Yepes

Ingeniera Forestal, Subdirección de Meteorología del IDEAM

Marco Institucional

Con la creación del Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología SCMH, por medio del Decreto No.2420 de septiembre de 1968 y con el desarrollo de las labores del Proyecto OMM/PNUD/COL 67/523 (1969-1974) se establecieron los mecanismos que contribuyeron a la organización de actividades hidrológicas y meteorológicas en Colombia.

En enero de 1976, el Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología asumió además de las actividades propias, las de operación y conservación de los Distritos de Riego y Drenaje, que eran manejados por el INCORA y la de control de inundaciones que venía desarrollándose en el INDERENA. Este nuevo organismo así creado, Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT, recibió nuevas e importantes tareas en el campo de la adecuación de tierras, además de las de carácter hidrológico y meteorológico, relevantes en el desarrollo rural y agrario.

Mediante Decreto Número 1277 del 21 de junio de 1994, se organizó y estableció el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, establecimiento público de carácter Nacional, adscrito al Ministerio del Medio Ambiente, con autonomía administrativa, personería jurídica y patrimonio independiente, que tiene como objeto, entre otros, "Realizar los Estudios e Investigaciones sobre Hidrología y Meteorología que con anterioridad a la Ley 99 de 1993 venía desempeñando el HIMAT; Realizar Estudios e Investigaciones Ambientales que permitan conocer los efectos del desarrollo socioeconómico sobre la naturaleza, sus procesos, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y proponer indicadores ambientales; Dirigir y Coordinar el Sistema de Información Ambiental – SIA, y operarlo en colaboración con las Entidades Científicas vinculadas al Ministerio del Medio Ambiente, con las Corporaciones Autónomas Regionales y demás Entidades del Sistema de Información Nacional Ambiental - SINA".

Objetivos de la Meteorología en Colombia

El Ideam a través de la subdirección de meteorología, ofrece al país información y nuevos conocimientos acerca de los procesos atmosféricos, del tiempo y del clima sobre el territorio nacional y su relación con otros elementos del ambiente natural (suelos, biosfera, entre otros), así como su efecto en diferentes sectores de la actividad nacional. Con ello contribuye a que los fenómenos naturales adversos reduzcan su impacto económico y social sobre los sectores productivos y sobre la población colombiana. Orienta a la comunidad nacional sobre la mejor utilización del recurso clima y de las condiciones favorables de los procesos atmosféricos, para contribuir al bienestar de la población y buscar que los conocimientos meteorológicos encuentren aplicación práctica en la vida de los colombianos.

Además, se constituye en el apoyo nacional para el logro de los objetivos de carácter global de los organismos y programas internacionales como la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Grupo Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el Instituto Interamericano para el Estudio del Cambio Global (IAI), el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la UNESCO, la Comisión Oceanográfica Internacional (COI), el Programa Meteorológico de la Organización Internacional de la Aviación Civil (OACI), y otros.

El servicio meteorológico de Colombia presta sus servicios a través de la subdirección de meteorología del Ideam, la cual tiene las siguientes funciones:

- Desarrollar la investigación básica sobre meteorología para el mejor manejo de los recursos biofísicos del país.
- Adelantar la investigación aplicada con apoyo a los sectores agrícola, de transporte, ambiental, marítimo y demás sectores socioeconómicos.
- Establecer los mecanismos para conformar y operar el Sistema de Información Ambiental en lo referente a la información meteorológica y climática.
- Aportar los criterios para la operación y mantenimiento de las redes básicas, la teledetección y sensores remotos para el seguimiento de los inventarios, procesos y niveles de degradación de la atmósfera.
- Aportar la información del área cognoscitiva de su competencia para la prestación del Servicio de Información Ambiental, alertas, predicción y prevención de eventos meteorológicos y climáticos de carácter potencialmente catastrófico.
- Orientar y coordinar las labores de meteorología sinóptica, aeronáutica y mareográfica que se desarrollen en los diferentes observatorios del país.
- Establecer planes y programas para la concentración, manejo, difusión e intercambio de observaciones y predicciones de los fenómenos meteorológicos, urbanos y rurales, de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible y entidades territoriales y nacionales en materia de toma de datos y manejo de la información en tiempo real.
- Coordinar las actividades técnicas de observación y predicción de los programas de vigilancia Meteorológica Mundial de la Organización Meteorológica Mundial, OMM, del programa Operativo de Meteorología de la OACI, el Programa EFREN de la CPPS, el proyecto piloto para la Medición del Nivel del Mar de la COI-OMM y aquellos que se requieran en el marco de PNUMA y otros organismos internacionales.
- Establecer las bases para la zonificación y el ordenamiento ambiental del territorio a partir del conocimiento del clima y de los procesos atmosféricos.
- Hacer el seguimiento de la interacción de los procesos sociales, económicos y naturales en lo que respecta al clima.
- Producir y proponer modelos e indicadores ambientales en el campo de la meteorología.
- Producir el informe sobre el estado y evolución del clima para el balance anual sobre el medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Servicios de la Meteorología en el País

El Ideam es la voz científica oficial en los asuntos relativos al manejo de la información pública sobre la variabilidad climática y la preservación de las condiciones medioambientales. Todos estos programas están sustentados a través de la producción de conocimiento y experiencia, no solo como una disciplina propiamente dicha, sino también, mediante la sinergia con otras esferas del conocimiento. Es así como el instituto presta diferentes servicios meteorológicos de acuerdo a los requerimientos de información en el país, como son:

- Los Servicios meteorológicos básicos: aquellos prestados al sector agrícola, energético, de transportes (aéreo y marítimo), de la construcción, educativo, de ciencia y tecnología, turismo y aquella información especializada con fines jurídicos y de estrategia nacional, así como el servicio de homologación del instrumental y de la información meteorológica a utilizar como apoyo de los sectores anteriormente citados.
- El Programa de Vigilancia Meteorológica: corresponde a la prestación de avisos y alertas en caso de fenómenos atmosféricos peligrosos como: huracanes, heladas, vendavales, granizadas, sequías, niebla y otros.
- Los servicios meteorológicos relativos a los aspectos ecológicos y medioambientales son aquellos prestados con el fin de proteger el medio ambiente atmosférico con el firme propósito de lograr un desarrollo armónico para la preservación de los recursos naturales.

Asimismo, el Estado es el responsable de los anteriores Programas en el marco internacional de conformidad con los Convenios y Acuerdos internacionales de cooperación e intercambio de datos que han sido firmados y se encuentran en plena vigencia con organismos tales como la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), Organización

de Aviación Civil Internacional (OACI), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) y otros, todos de obligatorio cumplimiento.

Situación Actual del Servicio de la Meteorología en el País

Red de estaciones

El Ideam cuenta en la actualidad con una red conformada por un total de 4.064 estaciones hidrometeorológicas, automáticas y convencionales, de las cuales 2.647 se encuentran activas, y en aras de mejorar esta red de estaciones, el Ideam obtuvo un crédito con el gobierno Suizo para la actualización y modernización tecnológica de la red ambiental de Colombia, que permitirá, en el corto plazo, contar con 245 estaciones automáticas con transmisión vía satélite, una estación móvil de calidad del aire y renovación de parte del instrumental obsoleto, en el componente meteorológico. Para efectos de la calibración y homologación del instrumental, se cuenta con un laboratorio de patronamiento que requiere de complementación y actualización con el objeto de que este en condiciones de responder a las necesidades que en este campo demanda el país hoy día.

Para el Programa de avisos y alertas ambientales, el país dispone de una Red de 61 estaciones de teledetección remota a través de satélite para las mediciones de niveles de ríos y cantidad de lluvias de las cuales únicamente nueve (9) estaciones son de propiedad del IDEAM, las demás estaciones son el resultado de programas de inversión en el área de hidrometeorología por Corporaciones Regionales o entidades del Sector Hidroeléctrico.

Asimismo, la Aeronáutica Civil ha emprendido programas de fortalecimiento, entre otros se destaca el Proyecto para la adquisición de equipos con el fin de mejorar el Servicio Meteorológico Aeronáutico que presta el Ideam; este Proyecto permitió la automatización de alrededor de 30 estaciones para la medición de parámetros meteorológicos en pistas de aeropuertos, incluido un sistema de recepción de imágenes de satélite meteorológico.

Para el Servicio de Vigilancia Meteorológica se cuenta con cerca de treinta (30) observatorios meteorológicos para mediciones de superficie y cinco (5) observatorios para la medición de la alta atmósfera, enlace con un sistema mundial de telecomunicaciones meteorológicas y una (1) estación terrena para recepción de imágenes satelitales meteorológicas adquirida con el crédito suizo.

Los servicios meteorológicos básicos que presta actualmente el Instituto comprenden: el suministro de datos, información, avisos, alertas, predicciones y asesorías para los sectores aeronáuticos, hídrico, energético, agrícola, jurídico, turismo y defensa, entre otros.

El Servicio de Meteorología Marina se encuentra en fase de implementación, hasta el momento se ha desarrollado una red mareográfica con cuatro (4) estaciones distribuidas en las costas colombianas y a corto plazo se instalarán otras cinco dentro del marco del crédito suizo; adicionalmente se suministra servicio de aviso, alertas y predicciones de mareas, oleaje y condiciones meteomarinas.

Modelos

En la actualidad, el IDEAM cuenta con modelos numéricos: MM5 para el pronóstico del tiempo y el CCM3 para la predicción del clima. Para la corrida de estos modelos cuenta un PC-Clusters de 54 nodos, 108 procesadores, Memoria RAM de 13.5 GigaBytes, Disco duro de 0.7 Terabytes mediante una arquitectura de red llamada Vecindad Plana (Tetraedro) y permite un desempeño máximo teórico de 102.9 Gflops. Es de anotar que este sistema computacional del IDEAM y ocupa el puesto 80 entre los 500 PC-Cluster del mundo. (mdk.ideam.gov.co)

Programas actuales en el Ideam

La investigación básica y aplicada con el sistema y el servicio de información ambiental son los programas fundamentales que se ejecutan actualmente en el área de Meteorología. A continuación se presentan cada una de estos programas:

Investigación Básica

- Procesos que determinan el estado del tiempo en Colombia.
- Modelamiento meteorológico.
- Estructura, estado y composición de la atmósfera.
- Variabilidad climática.
- Cambio climático.
- Modelamiento climatológico.
- Energías alternativas.
- Investigación básica con apoyo a los sectores forestal y agrícola para el mejor manejo de estos recursos en el país.

Investigación Aplicada

- Atlas climatológico nacional y regional.
- Estudios climáticos aplicados para la zonificación y ordenamiento.
- Climatología urbana.
- Reingeniería de la red ambiental.
- Biometeorología
- Caracterización agroclimática de Colombia.
- Modelos agroclimáticos para pronóstico de cosecha.
- Calidad del aire.
- Climatología áreas marítimas Colombianas.
- Análisis de la variabilidad de los elementos meteorológicos.
- Investigación aplicada con apoyo a los sectores forestal y agrícola para el mejor manejo de estos recursos en el país.
- Bases conceptuales de tipo agrometeorológico y forestal para la zonificación y el ordenamiento ambiental del territorio.
- Modelos e indicadores ambientales.
- Evaluación de la vulnerabilidad de los sectores forestal y agrícola, con relación a la variabilidad climática.
- Planes y programas para la concentración, manejo, difusión e intercambio de información forestal y agrícola de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible y entidades territoriales y nacionales.

Sistema de Información

- Alimentación y Actualización de la Base de datos Meteorológicos.
- Alimentación y actualización de la base de datos meteomarineros.
- Suministro de información meteorológica certificada.
- Atención consultas personales y telefónicas.

Servicio de Información Ambiental

- Apoyo al Servicio de Información Ambiental (turnos).
- Apoyo al Servicio de Información Ambiental (Boletín Ambiental Mensual).
- Elaboración de productos gráficos.

Programas de cooperación

- Cooperación técnica nacional e internacional.

Capacitación y apoyo a la educación

- Organización y realización de cursos de capacitación e instrucción en las distintas áreas de la meteorología a funcionarios de entidades públicas y privadas y a usuarios.
- Capacitación de funcionarios a nivel técnico y de postgrado.

Servicios básicos

Los servicios meteorológicos básicos que presta actualmente el Instituto comprenden: el suministro de datos, información, avisos, alertas, predicciones y asesorías para los sectores aeronáuticos, hídrico, energético, agrícola, jurídico, turismo y defensa, entre otros.

Información en tiempo real

Muchas decisiones deben tomarse con rapidez según el estado del tiempo; por eso, su conocimiento permanente —en tiempo real—, o lo más cercano a ello, permite que se desarrollen con seguridad actividades cotidianas, como las operaciones aéreas, y otras muchas que tienen que ver con la producción, la planificación o la recreación, todas ellas dependientes del estado del tiempo.

Para hacerle este seguimiento —cada día y durante todo el año— al tiempo en Colombia, el Ideam tiene una red meteorológica de estaciones, en las que se observan tres veces al día: temperatura media y extremas, brillo y radiación solar, cantidad, frecuencia y duración de la lluvia, dirección y velocidad del viento, evaporación, entre otros. Además, cuenta con la red sinóptica, conformada por 28 estaciones que transmiten cada hora información para hacer una vigilancia continua del tiempo a nivel nacional.

Estas estaciones suministran también información esencial para la seguridad del transporte aéreo en el territorio colombiano, dando informes horarios del estado de tiempo (Metar) en los aeropuertos, informes sinópticos (Sinop) cada tres horas, cuatro informes diarios (Taf) sobre pronóstico del tiempo en cada una de los siete aeropuertos internacionales, dos informes (Faco) para seis zonas aéreas del país. Esta responsabilidad es atendida de conformidad con las normas y reglamentos establecidas en convenios con la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la autoridad Aeronáutica Nacional.

Actualmente se realiza la medición y observación de los siguientes parámetros meteorológicos cada hora: temperatura del aire, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento a 10 metros sobre la superficie terrestre, precipitación, intensidad y duración de la lluvia, visibilidad, nubosidad, altura de la base de las nubes y fenómenos meteorológicos predominantes. En caso de condiciones meteorológicas severas para la aviación, se realizan observaciones especiales.

Los datos son transmitidos al Servicio de Información Ambiental del Ideam en Bogotá, de donde son retransmitidos al Centro Meteorológico Mundial (CMM), en Washington, a través del Servicio Mundial de Pronóstico de Área (WAFS).

Pronóstico

El pronóstico del tiempo es una tarea que el Ideam realiza tres veces al día, basándose en la información propia y la proveniente de satélites. Comienza por un diagnóstico de la situación actual, que incluye: la ubicación de los sistemas meteorológicos más importantes; sus efectos en el comportamiento de la precipitación y las temperaturas en las últimas horas; el análisis de las imágenes de satélite, de los sondeos atmosféricos y de la información internacional procesada, y el diagnóstico a escala hemisférica y nacional. Luego, se utilizan los resultados de diferentes modelos de predicción y se hacen los ajustes necesarios. El Ideam hace pronósticos meteorológicos para las principales regiones y ciudades del país con una validez máxima de 72 horas (pronósticos en el corto plazo).

Los pronósticos sobre el estado de los ríos se hacen con base en los niveles aguas arriba de los puntos de vigilancia, según las estaciones automáticas o los observadores directos, y de acuerdo al tiempo que tarda en llegar la onda de la creciente a diferentes puntos de la corriente. Así se determina la posibilidad de un desbordamiento o una inundación considerando, además, las predicciones climáticas para la zona.

Por su parte, los pronósticos y alertas meteomarinas son el resultado del análisis de las tendencias de las estaciones meteomarinas colombianas en los mares adyacentes y de la información y los modelos numéricos de superficie y de altura recibida de centros internacionales y de un gran número de imágenes de satélite y de los productos derivados de ellas. La validez del pronóstico se extiende a 36 horas y en algunos casos, ante la eventualidad de un sistema océano-amenazante, las previsiones pueden tener una extensión de 48 horas.

La predicción del comportamiento fisiológico de las coberturas vegetales está muy relacionada con las condiciones meteorológicas del país, las cuales determinan los pronósticos sobre eventos extremos de temperatura, humedad y vientos. Las proyecciones se hacen en el corto plazo (un mes) y mediano plazo (dos meses) para cada una de las regiones naturales del país, asociando los fenómenos naturales a la susceptibilidad de las coberturas vegetales.

Los deslizamientos de tierra son fenómenos naturales recurrentes con efectos dañinos de importancia; por ello el Ideam realiza actividades de pronóstico en que intervienen indicadores de susceptibilidad o propensión del medio físico (rocas, formaciones superficiales, los suelos y el relieve, entre otros) y amenazas asociadas a lluvias críticas o detonantes. Además, hace proyecciones del posible comportamiento de la humedad del suelo en el corto, mediano y largo plazo.

Alertas

La red de alertas con cobertura nacional que opera el Ideam está compuesta por estaciones hidrológicas y meteorológicas, equipadas con plataformas automáticas, sensores automáticos de nivel, precipitación, temperatura, viento y radiación solar, sistemas de comunicaciones y estación central de recepción de datos en el Servicio de Información Ambiental del Ideam. El seguimiento de las alertas se hace con la información horaria, en tiempo real, que envían estas estaciones automáticas vía satélite, complementada con la transmitida por radio o teléfono en las primeras horas de la mañana. Este seguimiento es diario, los 365 días al año.

El Ideam evalúa las circunstancias ambientales según el monitoreo diario que hace sobre diferentes parámetros ambientales y si es necesario, emite una alerta, un aviso o un boletín y lo envía con máxima prioridad a la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, que a su vez lo distribuye a todo el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres.

El instituto tiene las siguientes definiciones de alerta, aviso y boletín:

Alerta

Advierte a los sistemas de prevención y atención de desastres sobre la amenaza que puede ocasionar un fenómeno con efectos adversos para la población, el cual requiere de atención inmediata por parte de la población y de los cuerpos de atención y socorro. Se emite una alerta sólo cuando la identificación de un evento extraordinario indique la probabilidad de amenaza inminente y cuando la gravedad del fenómeno implique la movilización de personas y equipos, interrumpiendo el normal desarrollo de sus actividades cotidianas.

Aviso

Indica la presencia de un fenómeno. No implica amenaza inmediata y por lo tanto es catalogado como un mensaje para informar. El aviso implica vigilancia continua ya que las condiciones son propicias para el desarrollo de un fenómeno, sin que se requiera permanecer alerta.

Boletín

Es un mensaje oficial por el cual se difunde información. Por lo regular se refiere a eventos observados, reportados o registrados y puede contener algunos elementos de pronóstico a manera de orientación. Por sus características pretéritas y futuras difiere del aviso y de la alerta y por lo general no está encaminado a alertar sino a informar.

Alertas Hidrológicas

En el país se clasifican tres grados de alertas identificadas por colores y aplicadas principalmente en caso de inundaciones de tipo aluvial, o inundaciones lentas, que se presentan en planicies aluviales:

Alerta amarilla: Se declara cuando la persistencia e intensidad de las lluvias mantiene una tendencia ascendente del nivel de un río y por ello, es posible que se den situaciones de riesgo y se produzca el desbordamiento del río en un tiempo corto (días).

Alerta naranja: Se declara cuando la tendencia ascendente del nivel de un río y la persistencia de las lluvias impliquen situaciones inminentes de riesgo y de anegamientos o inundaciones que empiecen a afectar zonas pobladas.

Alerta roja: Se declara cuando el nivel del río ha alcanzado o superado niveles críticos, produciéndose su desbordamiento y la afectación de zonas pobladas ubicadas por fuera del cauce.

Informe Mensual

El Ideam genera mensualmente el informe sobre condiciones e indicadores ambientales en Colombia, el cual contiene las condiciones océano-atmosféricas de gran escala en la franja ecuatorial, las condiciones climáticas para cada región natural en la que se divide el país en cuanto al comportamiento de la precipitación, la temperatura del aire, la humedad relativa del aire, el comportamiento del viento, las condiciones agrometeorológicas, entre otras. Así mismo los fenómenos meteorológicos de importancia para el transporte aéreo, la fisicoquímica de la atmósfera, las condiciones hidrológicas, la calidad fisicoquímica del agua superficial, las condiciones de los suelos y procesos morfodinámicos, el estado de los ecosistemas y cobertura vegetal, la salud en la población y las recomendaciones a corto, mediano y largo plazo para los diferentes sectores socioeconómicos del país.

Este informe es elaborado con base en los datos reportados por la red de las estaciones hidrometeorológicas y mareográficas, los análisis hechos por los profesionales de las diferentes áreas temáticas del instituto y la información obtenida de los centros nacionales, mundiales y regionales especializados.

Futuro Potencial del Servicio de Meteorología

Modernización de la Red Ambiental

A través del crédito otorgado por el gobierno suizo, el país contará con 235 nuevas estaciones ambientales automáticas y 350 registradores automáticos del nivel de ríos, lagos, lagunas entre otros, lo que marcará para el Ideam un cambio total en tecnología, aumentando la precisión y eficacia de la información que suministra.

Con la reestructuración de la nueva red de estaciones, la información acerca de las variables hidrológicas y meteorológicas del país como temperatura del aire, humedad, intensidad y duración de

las lluvias, radiación solar, velocidad del viento, presión atmosférica y el nivel de los ríos, será más exacta, precisa y en menor tiempo, gracias a la nueva tecnología que estas estaciones tienen incorporada. Además, se resalta que es la primera vez que el Ideam contará con una estación móvil de calidad del aire.

Entre lo más relevante se destaca la reposición y modernización de equipos con uso de más de 30 años a equipos de última tecnología, además, se amplió la cobertura a zonas de interés nacional, donde el Ideam no disponía de información ambiental, como zonas de alta montaña, sabanas y desiertos.

Con la reorganización de la red de estaciones con tecnología de avanzada, se proyecta obtener los datos precisos y básicos para analizar y consolidar la información especializada sobre pronósticos y comportamientos ambientales; información útil para el diseño de acueductos, alcantarillados, presas, puentes, vías y manejo de cultivos, para realizar el seguimiento a las variaciones del nivel del mar y para emitir avisos y alertas dirigidos a la comunidad y a la Dirección General para la Atención y Prevención de Desastres, Cruz Roja, Defensa Civil, Comités Locales y Regionales de Emergencia para la toma de decisiones, todo en beneficio de nuestro país.

Información meteorológica

Los requerimientos de información meteorológica son cada vez mayores, con exigencias de mejor calidad y oportunidad en la entrega de la misma a los usuarios. La abundancia de los recursos hídricos y la variedad de las condiciones climatológicas hacen del país una región donde el conocimiento de los recursos clima y agua son fundamentales para el desarrollo agrícola, energético y de otras actividades conexas.

Para conocer suficientemente estos recursos se necesita tener información con amplio cubrimiento, de gran confiabilidad, y de fácil adquisición y oportuna disponibilidad. A modo de ejemplo, cabe recordar que las pérdidas globales en todos los sectores del país a causa del racionamiento energético, producido en gran medida por las alteraciones del comportamiento de la precipitación como consecuencia al efecto del fenómeno El NIÑO de 1991-1993, son incalculables. Se presentaron 3.510 horas sin suministro de luz durante trece (13) meses. Las Empresas de Energía dejaron de percibir \$157.500 millones de pesos. Para el plan de emergencia, el gobierno tuvo que destinar 1.6 billones de pesos para capitalizar el sector energético y emprender nuevos proyectos de generación. En Bogotá, durante el apagón, se utilizaron alrededor de 12.000 plantas eléctricas causando problemas de contaminación ambiental, equivalente a la emisión de 14 toneladas al día, 420 al mes o 5.110 al año de hidrocarburos, monóxido de carbono y partículas en suspensión. En cuanto a la contaminación sonora se detectaron sectores con niveles superiores a los 110 decibeles, cuando lo permitido es 65 decibeles.

De la misma manera se puede mencionar que las pérdidas mayores que se ocasionan al país están originadas por catástrofes de índole hidrometeorológica. Por lo anterior es necesario avanzar en el conocimiento de las condiciones globales de los fenómenos que puedan afectar al país, por lo que se requiere de la aplicación de las nuevas tecnologías en el campo de la Meteorología, de la renovación y modernización de equipos y métodos de computación, de acuerdo con los nuevos avances en computación electrónica, sistemas de cálculo y archivo de datos, sistemas de información geográfica, entre otros.

La capacitación de personal es un componente indispensable para la obtención de un auténtico desarrollo de las actividades en el campo meteorológico. Por lo tanto es necesario capacitar a técnicos y profesionales no solo en el área de Meteorología sino también en el manejo de las nuevas tecnologías en completa armonía con el desarrollo de otras áreas de la economía, población y ambiente.

Para lograr una mayor eficiencia en la prestación de los servicios meteorológicos, además de las necesidades anteriormente descritas, se requiere ampliar la aplicación de modelos de predicción automatizados y modernizar los sistemas de interpretación y estimación de datos meteorológicos,

como también una adecuada articulación con otras ciencias donde los productos de salidas meteorológicas se constituyen en las variables de entrada para sus estudios y aplicaciones.

Con la satisfacción apropiada de las anteriores necesidades es de esperarse que las actividades meteorológicas y conexas, a escala nacional, sean más efectivas, de carácter más aplicado, de mayor importancia significativa y decisivas en el desarrollo de los principales campos sociales, económicos y ambientales del país.

Para dar solución a lo anterior es importante que la componente meteorológica del país conceda una gran prioridad a las actividades y programas que permitan:

- a) Disponer de un servicio meteorológico moderno, bien equipado y dotado de personal bien capacitado.
- b) Facilitar la transferencia de conocimientos y metodologías.
- c) Identificar las probables necesidades futuras de datos, información y servicios para los diferentes sectores de la actividad nacional.
- d) Favorecer el intercambio internacional libre, gratuito y sin restricciones de datos e información meteorológica, así como para fines de investigación
- e) Alentar una acción multiorganismos para estudiar temas del medio ambiente de ámbito local, regional, nacional y mundial, incluida la respuesta de emergencia.
- f) Orientar los programas que se ocupan del clima y del cambio climático para que estudien temas de interés inmediato y a largo plazo.
- g) Intensificar las contribuciones a la vigilancia, investigación y evaluación referentes al medio ambiente nacional y del planeta, mediante la participación activa en las diferentes comisiones técnicas o grupos de trabajo de carácter multidisciplinario a nivel nacional e internacional.
- h) Cumplir cabalmente con los compromisos y obligaciones adquiridas al suscribir los convenios, que se encuentran en plena vigencia, con Organismos Internacionales tales como la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS) y la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA), entre otros.

Créditos

Plan de desarrollo de la meteorología 2003. Subdirección de Meteorología - Ideam

Página Web del Ideam. www.ideam.gov.co

Aplicaciones del Servicio Agrometeorológico del IDEAM en Colombia

Francisco A Claro¹
Luz Dary Yepes²

Introducción

La Agrometeorología es un tema que ha sido importante en Colombia ya que ha permitido estudiar muchos de los fenómenos y eventos que influyen directa o indirectamente en la intensidad, variabilidad, calidad, y diversidad de la producción agropecuaria.

Es importante destacar que temas como los fenómenos de El Niño y La Niña, por sus efectos, en muchos casos negativos, han mostrado la importancia de las variaciones del tiempo y del clima en los planes y programas de las diferentes actividades económicas.

El sector agropecuario, tiene una importancia estratégica en el desarrollo socioeconómico, ya que se traduce en cambios en la infraestructura productiva, el abastecimiento y la oferta de alimentos; éste se afecta frecuentemente por factores de naturaleza climática, lo que resalta la mayor vulnerabilidad del sector en relación con otros sectores productivos.

Por lo tanto, es innegable que la mayor tecnología requiere de una mejor utilización de los conocimientos de las variables climáticas y del pronóstico del tiempo atmosférico como relevantes en los esquemas de desarrollo, así como de planificar adecuadamente la acción del gobierno y de los sectores involucrados, con el fin de prevenir, antes que mitigar, los impactos de los fenómenos adversos en la tarea de optimizar la producción agropecuaria.

En Colombia, a pesar de los esfuerzos de instituciones como el Ideam, Corpoica, Cenicafé, Cenicaña y centros educativos, es poco el avance tecnológico que en el tema agrometeorológico se ha obtenido, por lo cual se requiere impulsar el trabajo mancomunado, que redunde en un mejor servicio agrometeorológico.

Aspectos Importantes del Sector Agropecuario, la Industria Pesquera y la Silvicultura en Colombia

1.1. Actividad agropecuaria

1.1.1. Contexto general

En Colombia³, la actividad agropecuaria y rural es de suma importancia. En el 2002, en términos económicos, su participación dentro del PIB total fue de 14,2% y aportó el 18% del valor de las exportaciones. No menos importante es su contribución a la generación de empleo directo e indirecto, es así que para el mismo año, el número de empleos en el sector agropecuario ascendió a 3'491.912; por otra parte, de los 43'834.115 habitantes del país en el 2002, 12'367.946, es decir, el 28,2%, vivían en el campo.

A continuación se presenta una visión general de la actividad agropecuaria en el año 2002, de acuerdo con los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria:

- En cuanto a la superficie agropecuaria, el área destinada a la agricultura tuvo una participación de 7,3%, dentro de la misma, los cultivos transitorios y barbecho participaron con el 43,29% mientras que los permanentes lo hicieron con el 52,66%.

¹ Ingeniero Agrónomo, Servicio de Información Ambiental del Ideam

² Ingeniera Forestal, Subdirección de Meteorología del Ideam

³ Encuesta Nacional Agropecuaria – 2002. proyecto SISAC- (DANE – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural)

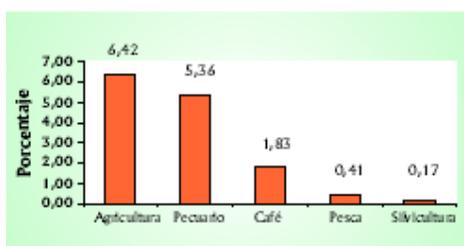
- En el grupo de transitorios, el arroz total y el maíz se destacaron en cuanto al área total cosechada, con participaciones de 25% y 26,6%, respectivamente. En el de permanentes, el café aportó el 38,3% del área plantada.
- El área dedicada a la actividad pecuaria participó con el 74,75%. La participación de los pastos dentro de la misma fue de 75,95%, mientras que el restante 24,05% correspondió a malezas y rastrojos. En cuanto a la orientación del hato, es de destacar que el 56,6% del inventario bovino corresponde a ganado destinado a la producción de carne.

1.1.2. Contexto macro económico

El sector agropecuario, silvicultura, caza y pesca participó con el 14,19% del PIB total del 2002, ocupando el tercer lugar en orden de importancia, superado por los sectores de servicios sociales, comunales y personales y los establecimientos financieros.

En el 2002, la actividad económica nacional presentó un crecimiento de 1,50%, resultado levemente superior al registrado en el 2001, que fue de 1,40%. Para el mismo año, el sector agropecuario, silvicultura caza y pesca registró un crecimiento de 0,54%, variación inferior a la observada en el 2001, cuya tasa fue de 0,68%. El resultado del 2002, se debe al comportamiento que registraron los subsectores de café sin tostar no descafeinado, productos de la pesca y animales vivos y, productos animales, los cuales tuvieron crecimientos de 5,96%, 2,03% y 1,94%, respectivamente.

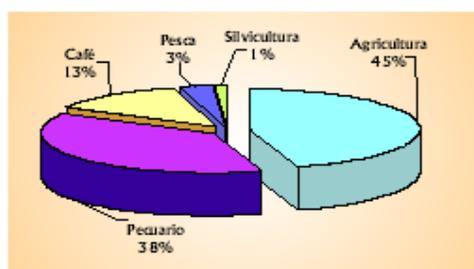
Para el año 2002, la participación en el PIB total de los subsectores que conforman el sector agropecuario, en orden de importancia, fue: la agricultura sin café participó con el 6,42%; el subsector pecuario, con el 5,36%, la actividad cafetera, con el 1,83%; la pesca, con el 0,41%; y la silvicultura, con el 0,17% (Figura 1).



Fuente: DANE-SISAC. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Figura 1. Participación en el PIB de los subsectores agropecuarios - 2002

Así mismo, dentro del PIB de la rama agropecuaria, la participación porcentual de sus subsectores, fue: agricultura que participó con el 45,28%; actividad pecuaria, con el 37,76%; café, con el 12,91%; pesca, con el 2,88% y silvicultura, con el 1,17% (Figura 2).



Fuente: DANE-SISAC, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Figura 2. Distribución porcentual del PIB de la rama agropecuaria en 2002

1.1.3. Superficie total y aprovechamiento de la tierra - total nacional 2002⁴

El aprovechamiento de la tierra hace referencia al uso y a la forma como el productor agropecuario está utilizando la superficie de la tierra en los Pedazos de Segmento de Muestreo (PSM), o fincas (Tabla 1).

Los resultados para el año 2002, en cuanto a la superficie y aprovechamiento de la tierra, el área destinada a la agricultura participó con el 7,37% de la superficie agropecuaria, es decir, con 3'736.388 hectáreas, en este uso, los cultivos transitorios y barbecho participaron con 1'617.455 hectáreas, equivalentes al 43,29% del área agrícola; los cultivos permanentes con 1'967.418 hectáreas equivalentes al 52,66% de la misma, y el área en descanso con 151.511 hectáreas que correspondieron al 4,06%.

El área dedicada a la actividad pecuaria participó con el 74,75% del área agropecuaria, es decir, 37'871.188 hectáreas; en este uso, los pastos contribuyeron con 28' 763.984 hectáreas, equivalentes al 75,95%, y las Malezas y rastrojos con 9'107.199 hectáreas, equivalentes al 24,05%. Con los datos anteriores, se concluye que la superficie pecuaria es 10 veces mayor a las áreas agrícolas.

El área de bosques participó con el 15,28%, es decir, 7'740.597 hectáreas; en esta área, los bosques naturales representaron el 97,0%, equivalente a 7'508.686 hectáreas, y los plantados, el 3% equivalente a 231.912 hectáreas.

El área en otros usos (eriales, afloramiento rocoso, cuerpos de agua y otros fines), participó con el 2,6%, es decir, 1'314.987 hectáreas.

CLASES	SUBCLASES
Superficie agrícola	Cultivos transitorios Cultivos permanentes Barbecho y descanso
Superficie pecuaria	Pastos, sabanas naturales maleza y rastrojos
Superficie en bosques	Bosques naturales Bosques plantados
Otros usos	Eriales y afloramientos rocosos, cuerpos de agua otros fines

Fuente: DANE-SISAC, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Tabla 1. Descripción del aprovechamiento de la tierra, por clases, subclases y tipos

1.1.3.1. Cultivos transitorios

Según la Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales del DANE, en el año 2002, la participación del valor de la producción, del conjunto de los cultivos transitorios en el total agropecuario (café, agrícola sin café y pecuario), fue de 14,74%; tal participación se mantuvo relativamente constante durante los años 1999, 2000 y 2001, cuando fueron de 15,14%, 14,27%, y 14,94%, respectivamente.

Dentro de la superficie agrícola de cultivos transitorios se destacaron en área cosechada los siguientes cultivos: arroz total anual, el cual participó con 418.197 hectáreas, es decir, con el 25,86 %, y dentro de este producto, el mecanizado aportó el 97,53%; maíz, cuya participación fue

⁴ Clasificación del aprovechamiento de la tierra por parte de la Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA

de 425.606 ha, representó el 27,38%; papa con 112.616 ha, participó con el 6,88 %; y frijol con 71.235 ha, es decir, con el 4,41%.

El área total cosechada de los cultivos mencionados ascendió a 1'033.223 ha, el cual representó el 63,87% del área de cultivos transitorios; el restante, 36,13%, se distribuyó entre otros cultivos como el sorgo, la soya, el algodón, la arveja. Es de anotar que en este último porcentaje se incluyen las tierras que en el momento de la entrevista se encontraban en barbecho (Tabla 2).

Transitorios	Cultivo Área (ha)	Producción (ton)
Algodón	45.176	84.020
Fibra		31.006
Semilla		45.891
Mermas		7.123
Arroz	418.197	2.438.473
Cebada	6.435	10.718
Fríjol	71.235	75.547
Maíz total	425.606	1'110.729
Trigo	23.509	40.795
Tabaco	18.489	34.186
Sorgo	55.871	178.172
Soya	28.291	66.818
Papa	112.616	1'761.057
Hortalizas	77.817	799.587
Cebolla cabezona	9.036	154.823
Cebolla larga	9.547	159.848
Tomate	10.245	194.518
Haba	7.196	17.547
Arveja	33.309	90.894
Zanahoria	8.484	181.957

Fuente: DANE-SISAC, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Tabla 2. Principales cultivos transitorios - total nacional. 2002

1.1.3.2. Cultivos permanentes

Según las cuentas nacionales del DANE, la participación del valor de la producción, a pesos de 1994, del conjunto de los cultivos permanentes para el año 2002, en el total agropecuario, fue de 25,79%. Esta participación se mantuvo relativamente constante en los últimos tres años. En efecto, en 1999, fue de 23,30%, en el año 2000 llegó a 23,89% y en el 2001 fue de 24,85%. Los anteriores indicadores se consideran importantes, si se tiene en cuenta que no se incluyó el desempeño del café. Este cultivo ganó representatividad en el total agropecuario, en los últimos tres años: en 2000, fue de 8,54%, en 2001, fue de 8,53%, y en el 2002, fue de 8,81%.

Dentro del área agrícola destinada a cultivos permanentes, la participación de los cultivos fue la siguiente: café, cuya superficie cubrió 800.562 hectáreas, representó el 40,69% del total de la superficie plantada; la caña panelera representó el 10,11%, 198.828 ha, y la caña de azúcar el 8,58%, 168.891 ha, palma africana participó con el 7,46%, 146.777 ha, cacao con 3,94 %, representado en 77.502 ha; banano de exportación con 2,15% equivalente a 42.288 ha.(Tabla 3)

Permanentes	Cultivo Área (ha)	Producción (ton)
Cacao	77.502	29.668
Caña panelera*	198.828	7'799.701
Café	753.816	647.470
¹ Palma africana	146.777	528.400
² Banano de exportación	42.288	1'423.756
³ Caña de azúcar	168.891	2'415.751

Fuente: DANE-SISAC, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

* Incluye caña para miel, panela y alcoholes

¹ FEDEPALMA, para producción y rendimiento - área planimetrada por el SISAC

² AUGURA, para producción y rendimiento - área planimetrada por el SISAC

³ ASOCAÑA, para producción y rendimiento - área planimetrada por el SISAC

Tabla 3. Principales cultivos permanentes - total nacional

1.1.3.3. Actividad Pecuaria

Al observar el total nacional por orientación del hato, se concluye que el 4,05% corresponde a los hatos dedicados a la producción de leche, el 56,56 % a la producción de carne y el 39,39% a la producción de carne y leche, es decir, a la doble utilidad. Al realizar la descripción por sexo, del inventario total nacional, el 64,77% corresponde a las hembras y el 35,23% a los machos.

Respecto a la producción de leche, se presenta el volumen obtenido el día anterior a la entrevista, que corresponde a 16'945.025 litros, afectado por la estacionalidad propia de las zonas productoras, por lo cual no debe ser llevado al total de leche producida en el año. El total nacional de vacas en ordeño fue de 3'743.528. El indicador litros/vaca/día, a nivel nacional fue de 4,52. Este indicador, como en el caso anterior, corresponde a una medición vertical en el tiempo y no al reflejo del año. En cuanto a la población de equinos, su población ascendió en el año 2002, a 2'608.767; el inventario mular a 451.875; el asnal a 302.495; el ovino a 9'65.473; el caprino a 703.480; el cunícola a 275.583; y el cuyícola a 955.324. El inventario porcino de economía campesina correspondió a 2'053.256. El inventario de pollos, gallos y gallinas de economía campesina ascendió a 34'869.404, y el de patos a 823.423.

1.2. Pesca y acuicultura

La pesca como sistema de extracción y la acuicultura como cultivo de organismos acuáticos, se desarrolla en aguas marítimas y continentales bajo dos formas de explotación: la industrial y la artesanal.

En Colombia la actividad pesquera y acuícola se destacan principalmente por su participación en las exportaciones de atunes y camarones, las cuales generaron ingresos al país para el 2002 un valor aproximado de US \$66 millones, aportando a la economía el 0,41% del PIB total nacional y el 2,88% dentro del PIB del sector agropecuario caza y pesca. Para el año 2000 la producción total pesquera y acuícola fue de 167.440 toneladas, de las cuales la actividad pesquera representó un 81%, mientras que la acuicultura estuvo por el orden del 19 %.

1.3. Actividad forestal

En el país existen numerosas especies forestales con altos niveles de presión por el aprovechamiento selectivo, por ejemplo en la región Pacífica las especies más aprovechadas y con un alto nivel de presión son: *Prioria copaifera*, *Tabebuia rosea*, *Carapa guianensis*, *Brosimum utile* y en general las virolas. En la región Andina, son muchas las especies forestales que aún se aprovechan a pesar de que solo quedan relictos aislados, entre estas se destacan la familia Lauraceae en general y las especies *Jacaranda copaia*, *Tabebuia rosea* y *Cedrela montana* entre

otras. Los productos no tradicionales contribuyen a compensar parcialmente los efectos negativos de las bajas en las exportaciones tradicionales y en el consumo interno del país.

Como importaciones, las especies más comercializadas son *Carapa guianensis*, *Pouteria sp*, *Cariniana pyriformes*, *Virola sp*, entre otras; y como exportaciones, las especies más representativas son *Carapa guianensis*, *Dialyanthera parviflora*, *Tabebuia rosea* y *Virola sp*.

Fenómenos Adversos a la Agricultura en Colombia

2.1. El riesgo agroclimático

Los sucesos naturales en general y los fenómenos climáticos en particular son causa de eventos adversos, emergencias o desastres en todo el mundo. Dado que la ocurrencia de los mismos no puede evitarse, se deben tomar medidas preventivas con el fin de reducir su efecto. El impacto sobre los cultivos puede disminuirse utilizando métodos activos y/o pasivos cuando se conocen las épocas de ocurrencia. De todas formas, los daños en los cultivos suelen ser significativos y los rendimientos pueden verse seriamente afectados.

2.2. Índice de riesgo

El cálculo del valor o magnitud del riesgo del evento adverso resulta de la conjunción de dos factores: La amenaza externa y la vulnerabilidad.

En el riesgo agroclimático la amenaza está representada por el factor climático adverso, cuya potencial ocurrencia debe cuantificarse, y la vulnerabilidad está dada para la etapa de desarrollo de cada cultivo.

2.3. Eventos meteorológicos adversos

Los eventos adversos que pueden reducir los rendimientos potenciales de los productos agropecuarios son numerosos y algunos de éstos no corresponden a fenómenos meteorológicos.

En Colombia, según el resumen de los desastres reportados en la década del año 1993 al 2002, las estadísticas muestran que predominan los eventos de origen hidrometeorológico, ocupando el mayor porcentaje tanto en el número de casos como en las pérdidas los que tienen que ver con altas precipitaciones (Tablas 4 y 5).

DESASTRES REPORTADOS EN LA DÉCADA 1993-2002 EN COLOMBIA

EVENTO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	TOTAL
INUNDACIONES	110	148	169	244	91	191	325	200	75	188	1741
DESLIZAMIENTOS	50	72	68	116	53	127	125	108	24	38	781
VENDAVALES	40	40	43	53	59	116	63	43	99	76	632
INCENDIOS FORESTALES	6	11	114	4	18	14	4	3	98	26	298
AVALANCHAS	3	19	14	17	14	10	34	6	4	5	126
SEQUIAS	0	1	0	1	3	15	1	0	1	6	28
GRANIZADAS	2	1	1	3	2	0	0	8	8	1	26
CONTAMINACION	1	3	0	0	2	0	3	4	1	2	16
MAREJADAS	2	0	0	4	5	4	0	0	0	0	15
HELADAS	1	0	3	1	1	1	0	0	2	2	11
HURACANES	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
TSNAMIS	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2

Datos estadísticos de la DGPAD, de enero de 1993 a diciembre de 2002.

Servicio de Información Ambiental - Grupo de Alertas Ambientales - IDEAM

Tabla 4. Número de eventos por fenómenos naturales en la última década (1993-2002)

DESASTRES REPORTADOS EN COLOMBIA (1998-2002)

E V E N T O	I N U N D A C I Ó N	D E S L I Z A M I E N T O	V E N D A V A L	I N C E N D I O F O R E S	A V A L A N C H A	S E Q U Í A	G R A N I Z A D A	M A R E J A D A	T O T A L
NÚMERO DE CASOS	979	422	397	145	59	23	17	4	2,046
%	48	21	19	7	3	1	1		
MUERTOS	127	310	8		58				503
%	25	62	2		12				
HERIDOS	189	284	280		60				813
%	23	35	34		7				
DESAPARECIDOS	73	80			50				203
%	36	39			25				
PERSONAS AFECTADAS	2,061,095	100,044	172,170	25,085	46,044	48,472	1,340	375	2,454,625
%	84	4	7	1	2	2			
FAMILIAS AFECTADAS	408,619	20,922	34,010	5,110	9,144	9,164	268	80	487,317
%	84	4	7	1	2	2			
VIVIENDAS DESTRUIDAS	6,420	1,813	1,356	19	1,171			29	10,808
%	59	17	13		11				
VIVIENDAS AVERIADAS	38,181	5,092	23,061	31	1,813	557		51	68,786
%	56	7	34		3	1			
OBSTRUCCIÓN DE VIAS	467	306	40		34			1	848
%	55	36	5		4				
DAÑOS PTES. VEHICULARES	154	66	7		47			1	275
%	56	24	3		17				
DAÑOS PTES. PEATONALES	174	48	7		59				288
%	60	17	2		20				
DAÑOS ACUEDUCTOS	172	141	14	1	41	67			436
%	39	32	3		9	15			
DAÑOS ALCANTARILLADOS	22	7	1		16				46
%	48	15	2		35				
DAÑOS C. SALUD	14	3	15		2				34
%	41	9	44		6				
DAÑOS C. EDUCATIVOS	160	41	202		9				412
%	39	10	49		2				
DAÑOS C. COMUNITARIOS.	78	38	100		2	6			224
%	35	17	45		1	3			

Tomado de estadísticas de la DGPAD, de 1998 a 2002.

Tabla 5. Número de eventos y daños por fenómenos naturales en los últimos cinco años (1998-2002)

2.3.1. Sequía

La sequía entendida generalmente como un período con ausencia de lluvia, se puede interpretar de diversas maneras, de acuerdo con las necesidades de cada actividad en la que el agua es un componente esencial.

La lluvia como elemento climático más variable, puede dar lugar a sequía en un lugar determinado cuando se crean demandas de agua mayores de las que se producen normalmente.

Colombia presenta un balance hídrico medio anual con una buena disponibilidad de agua, con excepción de algunas áreas en las regiones Caribe y Andina que muestran un balance deficitario, estas deficiencias se aprecian con mayor intensidad durante los meses secos, como es el caso

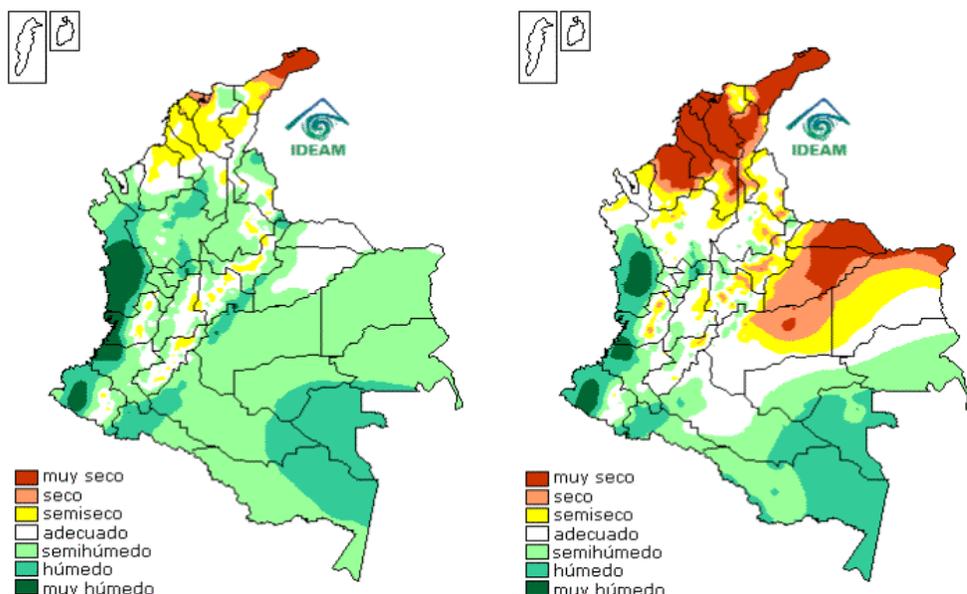


Figura 3. Disponibilidad hídrica media anual y el promedio de del mes de febrero (Figura 3).

Generalmente se presentan deficiencias de agua durante los periodos estacionales de lluvia, en los años cuando ocurre el fenómeno de El Niño. La vulnerabilidad en el país es muy alta ante este fenómeno, lo que se ilustra a continuación con algunos datos de estos eventos documentados.

El Ministerio del Medio Ambiente elaboró el documento de "Evaluación del Fenómeno El Niño en Colombia 1997-1998", con participación de las entidades del Comité Interinstitucional Fenómeno de El Niño (creado con carácter transitorio mediante el decreto 2375 de 1997).

Otro documento de referencia de la evaluación, lo constituye el estudio de la Corporación Andina de Fomento (CAF), "Evaluación de los daños originados por el fenómeno de El Niño de 1997-1998 en la Región Andina". De acuerdo con los datos de este último estudio, el monto de los daños estimados en Colombia ascendió a 564 millones de dólares.

Los principales sectores afectados por este fenómeno, en el ámbito socioeconómico, fueron los siguientes:

- Durante la época más crítica se afectó por déficit de agua aproximadamente el 30% de los municipios del país, especialmente en las regiones del Caribe y Andina.
- En 1997 se observó el aumento de casos en dengue clásico, dengue hemorrágico y malaria⁵, que afectaron a grupos de población con deficientes condiciones de saneamiento básico, ubicados muchos de ellos en las zonas costeras y ribereñas de los ríos Cauca y Magdalena.
- Según datos de la Oficina de Información y Estadística del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se estimó que del total del área sembrada en 1997, solo el 2.4% se vio afectada por las alteraciones causadas por el fenómeno. Las regiones donde se observaron mayores alteraciones fueron: la Región Andina y Caribe, particularmente los departamentos de Tolima, Huila, Boyacá, Nariño, y Santander, y los departamentos de Córdoba, Cesar y Atlántico, respectivamente. Siendo los productos más afectados: café, maíz, yuca, arroz, plátano, papa, ñame, sorogo, algodón, frijol.

5 Si bien no se pudo establecer la relación directa en la ocurrencia de estos casos con los efectos del Fenómeno de El Niño en principio el Ministerio de Salud estimó que había una correlación moderada entre la ocurrencia de epidemias y los cambios climáticos característicos del fenómeno.

- Las reservas de agua en los embalses del Sistema Interconectado Nacional (SIN) para la producción de energía eléctrica, descendieron a un nivel de 47.2% a finales de enero de 1998, el cual constituyó el nivel más bajo de enero de los últimos cuatro años. Los embalses de este sistema llegaron en abril de 1998 a una capacidad del 33%.

2.3.2. Inundaciones

El exceso de agua sobre los terrenos se produce cuando se conjugan: una topografía plana, suelos poco permeables y alta oferta de agua -ocasionada por altas precipitaciones, desborde de los cauces o ascenso del nivel freático-. Estos excesos causan daños a los cultivos porque limitan el intercambio gaseoso entre las raíces de las plantas y la atmósfera, llegando a causar la muerte si el efecto se prolonga.

Colombia presenta un balance hídrico medio anual con alta disponibilidad de agua en gran parte del territorio, especialmente en la región Pacífica que presenta excesos de agua durante todo el año. En los periodos estacionales de lluvia, son frecuentes los desastres ya sea por inundación, deslizamiento o avalancha, que de acuerdo con los eventos reportados en la última década, éstos corresponden al 71% de los casos registrados, en la Figura 4 se aprecia cómo durante un año normal, el mes de octubre sobrepasa las demandas de agua alcanzando a saturar los suelos y produciendo anegamientos y altos volúmenes de escorrentía.

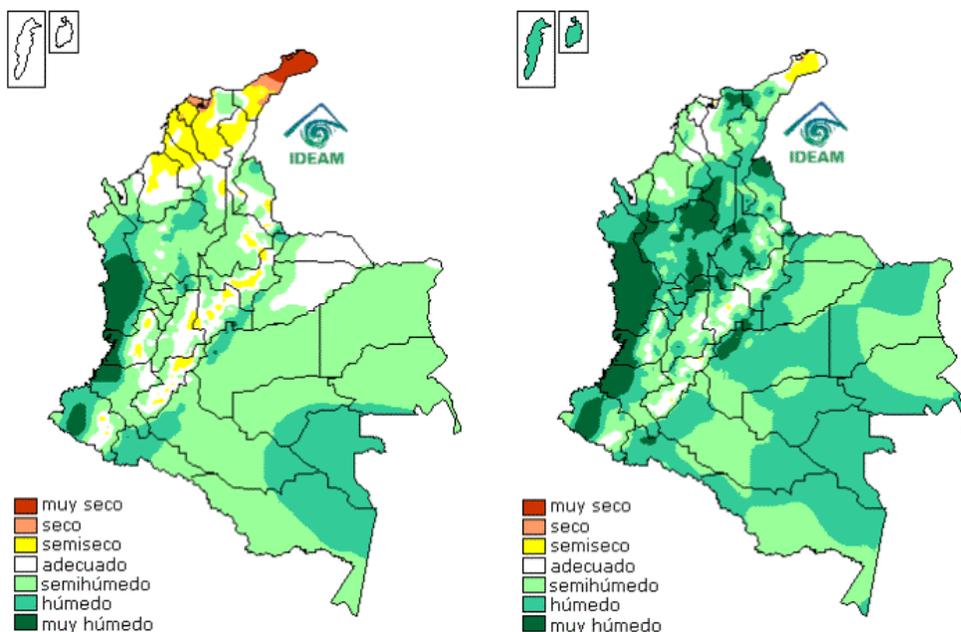


Figura 4. Disponibilidad hídrica media anual y el promedio de

2.3.3. Granizo

El granizo por ser un fenómeno puramente local, su registro ha sido muy irregular. Por lo tanto, hay muy pocos lugares en el mundo que dispongan de un buen análisis estadístico de su ocurrencia.

En general, la mayor parte de las granizadas ocurre en latitudes entre 30° y 60°. Sin embargo, en Colombia se dan condiciones para que se presente este fenómeno en los altiplanos y montañas de la región Andina; aunque hay reportes de graves daños causados por granizo, las estadísticas son muy pobres.

2.3.4. Vientos fuertes

Aunque Colombia está libre de ciclones tropicales y tornados, la región Caribe puede sentir algún efecto de ciclones con trayectoria por el mar Caribe. En todo el país ocasionalmente se presentan vientos de hasta 25 m/s, los cuales causan graves daños a las construcciones agrícolas y cultivos; también por ser un fenómeno puntual, no hay buenas estadísticas de estos eventos.

2.3.5. Heladas

Heladas de radiación -las que ocurren en Colombia-: Se caracterizan por una gran pérdida de calor del suelo durante la noche, con cielo despejado y sin viento, provocando un fuerte enfriamiento de la superficie del suelo y del aire cercano a él. La temperatura más baja se da en la zona cercana al suelo y aumenta con la altura (inversión térmica).

En Colombia las heladas se dan en los altiplanos a altitudes mayores de los 2000 metros, siendo los meses secos los que marcan la más alta probabilidad de ocurrencia, siendo ésta la época de la cosecha más importante de los cultivos de flores de exportación (Figura 5).

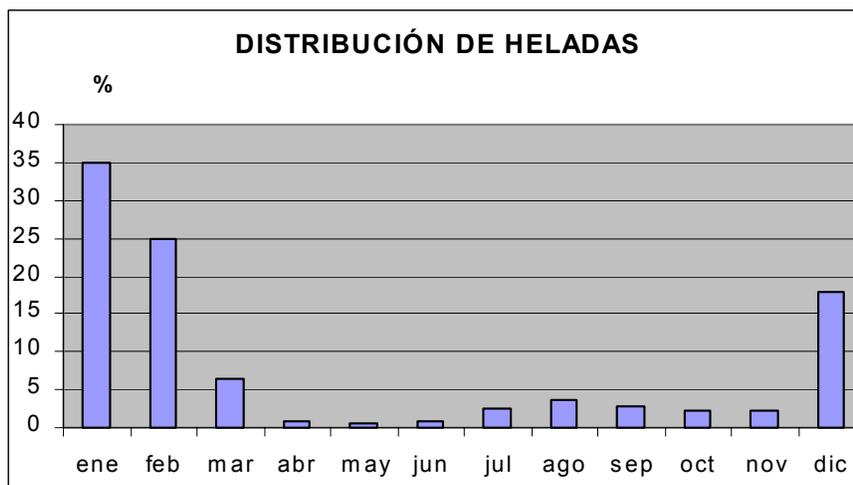


Figura 5. Heladas en el altiplano cundiboyacense

2.4. Prevención de riesgos

El impacto de estos fenómenos adversos se puede disminuir tomando algunas precauciones:

- Calendarios agrícolas - escogiendo épocas libres de estos eventos adversos
- Selección de especies y/o variedades resistentes a cada fenómeno
- Dotar de sistemas de riego y/o drenaje
- Reducir la ocupación de las tierras inundables o muy secas en las épocas críticas
- Colocar cortinas o barreras rompevientos
- Usar ventiladores, quemadores y/o riego antihelada

2.5. Acciones frente a los desastres

En Colombia ocurre un desastre de origen natural de impacto nacional aproximadamente cada 4 ó 5 años, además, por su ubicación geográfica, esta muy amenazada por fenómenos naturales.

Ante dos grandes desastres como fue el sismo ocurrido en la ciudad de Popayán en 1983 y la avalancha de Armero en 1985, se inició el desarrollo institucional y normativo necesario para prevenir y enfrentar estas situaciones. En 1988 se creó el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), que reúne entidades operativas y técnicas del orden nacional, regional y local para el manejo de desastres y emergencias. El IDEAM como autoridad nacional en las áreas de meteorología e hidrología hace parte del Comité Técnico Nacional, el cual se reúne periódicamente para evaluar las condiciones ambientales y las proyecciones climáticas con el fin de prepararse según el caso.

Igualmente, el Gobierno nacional viene promoviendo una estrategia a través del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología para apoyar la investigación y el conocimiento sobre los riesgos de origen natural y antrópico, como factor determinante en los procesos de planificación territorial y sectorial.

Esta estrategia está fundamentada en el documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES 3146, para darle fortalecimiento a la ciencia, la tecnología y la educación en la reducción de riesgos y atención de desastres.

Siguiendo esta estrategia y teniendo en cuenta, que el sector agropecuario se encuentra en permanente situación de riesgo frente a la ocurrencia de algún evento de tipo natural, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio del Interior y de Justicia, a través de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres y entidades públicas y privadas que conforman el Sistema Nacional de prevención de Desastres, se ha promovido la creación de una Comisión Nacional de Educación en Prevención de Desastres para definir una política de educación superior con respecto a la prevención de riesgos en este sector.

En general la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (DGPAD) tiene como objetivo establecer las directrices globales y la base organizativa a escala nacional para desarrollar las actividades de prevención, mitigación y atención frente a la ocurrencia de eventos catastróficos.

Servicio Agrometeorológico del IDEAM

El Ideam a través del Servicio de Información Ambiental tiene como objetivo apoyar al sector agropecuario con información meteorológica, para que pueda desarrollar sistemas agrícolas competitivos, ayudándoles a reducir los riesgos y pérdidas por factores meteorológicos adversos e incrementar la eficiencia en la utilización de recursos.

3.1 Actividades

Las actividades están encaminadas a apoyar la planeación y ejecución de las actividades agrícolas, para lo cual se ofrecen productos que permitan la toma de decisiones tales como:

- Pronóstico diario del estado del tiempo para ejecutar las labores agrícolas
- Predicción de fenómenos meteorológicos adversos, que permitan implementar a tiempo las medidas de mitigación y control.
- Pronósticos a mediano y largo plazo para la programación de las actividades agrícolas.
- Seguimiento de las condiciones del tiempo y el estado de la disponibilidad de agua en el territorio colombiano, con el fin de entregar una visión general de sus variaciones temporal y espacialmente.

3.2. Productos agrometeorológicos disponibles

Para apoyar el sector agropecuario, el Ideam produce información oportuna, la cual se publica por diferentes medios, siendo la página WEB el medio más eficiente.

Pronóstico diario: Este pronóstico se realiza tres veces al día. Contiene un diagnóstico de la situación actual, que incluye: la ubicación de los sistemas meteorológicos más importantes; sus efectos en el comportamiento de la precipitación y la temperatura en las últimas horas; el análisis de las imágenes de satélite, de los sondeos atmosféricos y de la información internacional procesada, y el diagnóstico a escala hemisférica y nacional. Se hace para las regiones naturales y las principales ciudades del país con una validez máxima de 72 horas.

Alertas: El seguimiento de las alertas de eventos hidrometeorológicos se hace con la información horaria, en tiempo real, que envían las estaciones automáticas vía satélite, complementada con la transmitida por radio o teléfono en las primeras horas de la mañana.

Mediante la evaluación del estado del tiempo y de acuerdo con el monitoreo diario sobre los diferentes parámetros hidrometeorológicos se puede emitir una alerta, un aviso o un boletín.

Tiempo real: Muchas decisiones deben tomarse con rapidez según el estado tiempo; por eso, su conocimiento permanente —en tiempo real—, o lo más cercano a ello, permite que se desarrollen con seguridad actividades agrícolas cotidianas u otras que tengan que ver con la producción, todas ellas dependientes del estado del tiempo.

Boletín Ambiental: Este boletín se publica mensualmente, en el cual se presentan las condiciones e indicadores ambientales en Colombia. Contiene las proyecciones climatológicas en el corto, mediano y largo plazo; condiciones océano-atmosféricas; condiciones climáticas y recomendaciones.

Proyección agrometeorológica semanal: Este producto relaciona las tendencias pronosticadas del tiempo con los posibles efectos en el desarrollo de los cultivos y/o en la realización de las labores agrícolas, en una visión general para las diferentes regiones naturales. Con el propósito de lograr un mayor cubrimiento y llegar a un mayor número de usuarios se envía por E-mail a los medios y se transmite por la radio oficial (Figura 6).



Figura 6. Pronóstico agrometeorológico semanal con

Mapas de disponibilidad hídrica: Los mapas se basan en un índice desarrollado en el Ideam a partir del balance hídrico con el cual se hace el seguimiento de las condiciones de humedad del suelo cada diez días y mensualmente. Los índices muestran en todo el territorio colombiano las variaciones en la humedad del suelo y permiten identificar las zonas con deficiencia y exceso de agua, limitantes para los cultivos.

Se encuentran disponibles los mapas con los valores medios y el seguimiento de la humedad del suelo desde el mes de enero de 1999 hasta la fecha (Figura 7).

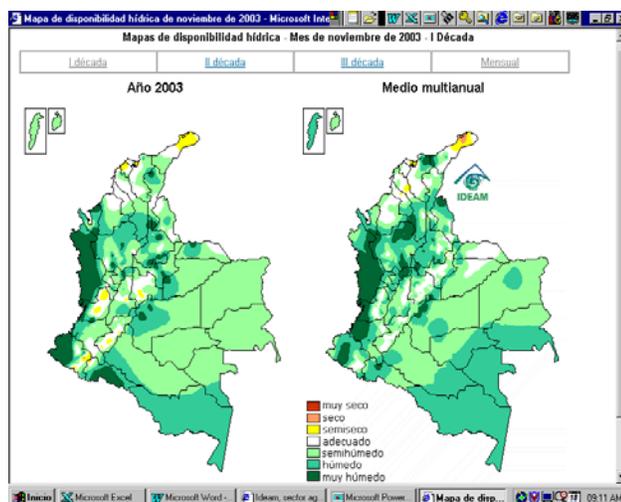


Figura 7. Índice de disponibilidad hídrica -actual y

Seguimiento del índice de humedad: Con base en el índice de disponibilidad hídrica, se presentan figuras para diferentes puntos del territorio nacional, las cuales muestran las variaciones decadales de dichos índices en los últimos ocho meses (Figura 8). Estas figuras permiten evaluar los efectos del tiempo atmosférico en el abastecimiento de agua de la vegetación y cultivos. También se pueden consultar estos índices por zonas de cultivo.

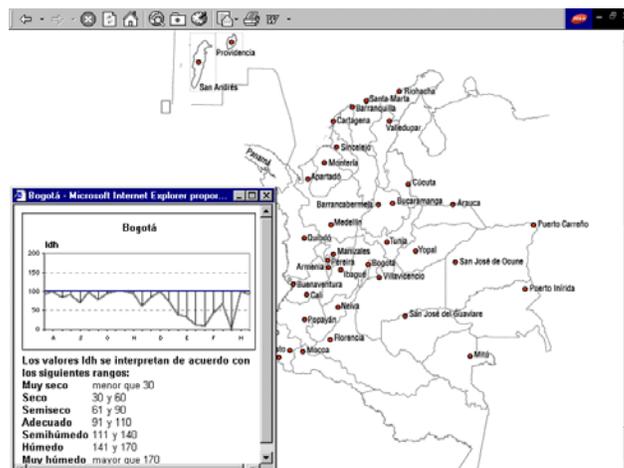


Figura 8. Seguimiento al índice de disponibilidad

Análisis de la precipitación mensual: Con la información de precipitación de la red meteorológica en tiempo real, se realiza el análisis para diferentes informes, en los cuales se presenta la variación mensual de la lluvia en milímetros como su anomalía (Figura 9).

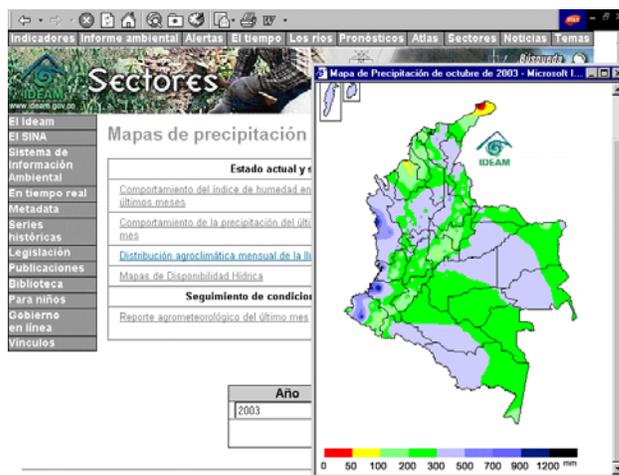


Figura 9. Precipitación mensual -octubre de

Adicionalmente se presenta un análisis agroclimático de la lluvia, detallando por departamentos las variaciones en la disponibilidad de agua en los diferentes sectores por municipios.

Comportamiento histórico de la precipitación: Con la información de precipitación de la red meteorológica en tiempo real, se muestran los valores mensuales de los últimos 30 años en figuras para diferentes puntos del territorio nacional. Esta información se presenta ordenada de mayor a menor, destacando el mes más reciente; y la anomalía de precipitación de la serie. Esto permite visualizar el comportamiento del último mes con relación a los años anteriores. También se puede observar la serie de tiempo completa de la variación de la precipitación enfrentada a la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico -TSM Niño 3.4- (Figura 10)

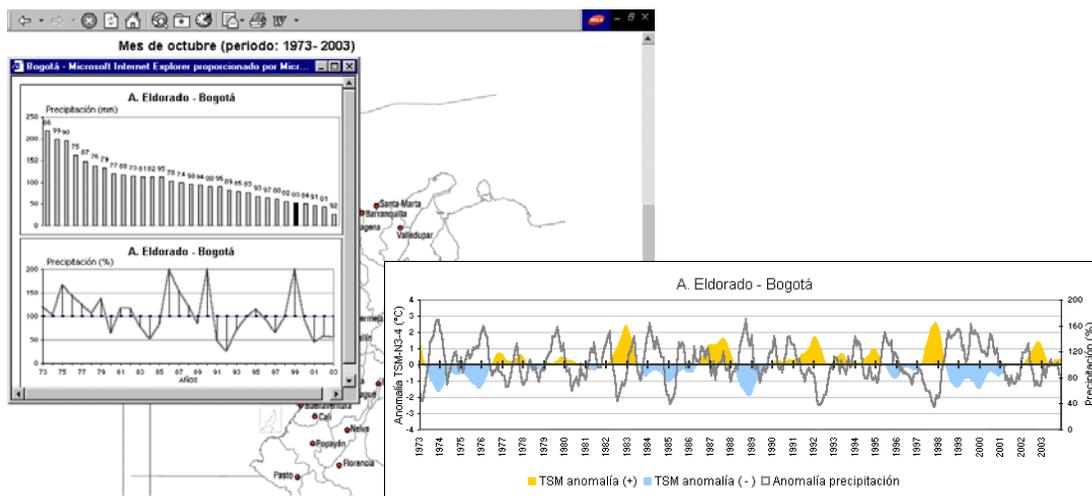
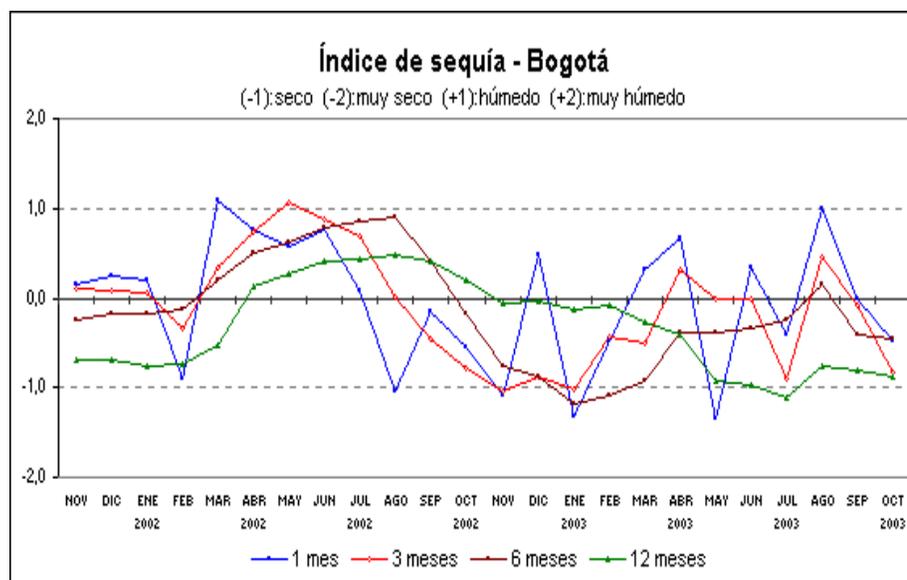


Figura 10. Anomalía de la precipitación en los últimos 30 años

Índice de sequía: Para evaluar la sequía meteorológica se utiliza el índice estandarizado de lluvia, el cual evalúa acumulados de uno, tres, seis y doce meses y los compara con los acumulados normalmente esperados. Los valores negativos indican déficit de lluvia y los positivos, exceso (Figura 11).



Gráfica 11. Seguimiento al índice de sequía -noviembre/01 a octubre/03

Boletín agrometeorológico mensual: Desde el mes de agosto de 2003 se elabora este boletín, el cual contiene para la gran escala un resumen de las condiciones oceánicas y atmosféricas, para el territorio colombiano se presenta el comportamiento de la precipitación del mes, el índice de disponibilidad hídrica mensual y proyecciones agroclimáticas con productos gráficos. Este boletín se envía por correo electrónico a los usuarios del sector agropecuario y a los medios de información (Figura 12).

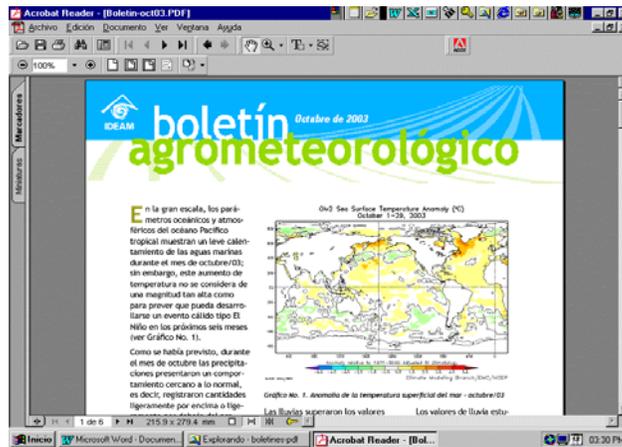


Figura 12. Boletín de octubre de 2003 en formato

Productos regionales: Para la sabana de Bogotá se presenta un boletín semanal de análisis del tiempo de la última semana, con seguimiento diario de los parámetros meteorológicos y el pronóstico para la siguiente semana.

Boletín agrometeorológico de la Sabana de Bogotá y del Valle de Ubaté: Este producto hace un seguimiento del tiempo del último mes en la región; en éste se incluyen las variaciones de los principales parámetros apoyados en productos gráficos y tablas (Figura 13).



Figura 13. Boletín Agroclimático de la Sabana de Bogotá -mes de octubre de

3.3. Difusión de los productos

Para que todos los productos del servicio lleguen al usuario en forma oportuna, están disponibles en la página WEB, algunos se difunden por otros medios como radio, televisión e impresos; adicionalmente, se presta atención personal directa o vía telefónica a los usuarios.

3.4. Retroalimentación

Se requiere del contacto con los usuarios para evaluar el uso y aplicabilidad de los diferentes productos, lo que permitirá ofrecer un servicio acorde con sus necesidades.

Actualmente se tiene la política de realizar convenios de cooperación técnico científica entre el Ideam y entidades publicas y privadas, con el fin de mejorar el cubrimiento de la red agrometeorológica y prestar un servicio más especializado⁶.

Bibliografía

- CLARO, Francisco (2003). "Fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura en Colombia" (conferencia). En: Seminario-Taller, Incorporación del Tema Riesgos y Desastres en el Sector Agropecuario: Bogotá, 15 y 16 de mayo de 2003.
- CLARO, Francisco (2003). "Servicio Agrometeorológico del Ideam". En: Curso Internacional de Agroclimatología Tropical, CORPOICA: Bogotá, 9 AL 12 de junio de 2003.
- Departamento Nacional de Estadística, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2002). Encuesta Nacional Agropecuaria, proyecto SISAC.
- Departamento Nacional de Planeación. Documento CONPES 2948, del 27 de agosto de 1997 y Documento CONPES 2985 del 3 de febrero de 1998.
- Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (2003). Estadísticas de los desastres reportados en Colombia en la década 1993 2002, DGPAD: Bogotá.
- Ministerio del Interior y de Justicia - Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (2003). "Plan nacional de prevención y contingencia para el manejo del fenómeno de El Niño" (conferencia). En: Seminario-Taller, Incorporación del Tema Riesgos y Desastres en el Sector Agropecuario: Bogotá, 15 y 16 de mayo de 2003.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1997). Plan Nacional de Contingencia del Sector Agropecuario.

⁶ Por ejemplo: el convenio entre el IDEAM y la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal – CONIF, se dará inicio al protocolo de cooperación para el "Desarrollo y establecimiento de un sistema de seguimiento del clima, así como del pronóstico de las condiciones agroclimáticas en los núcleos forestales que se acuerden entre las partes".

Servicios y Aplicaciones Agrometeorológicas en Ecuador

René Moya S.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI

Boletín Agrometeorológico de difusión decadal y mensual

Introducción

Ante la necesidad de encontrar áreas accesibles para realizar agricultura, el hombre destruye a su paso grandes extensiones de bosques, suelos agrícolas y capas arables que día a día se van deteriorando ya sea por la actividad humana o por la influencia de agentes erosivos, consecuentemente los efectos están a la vista, cambios que en ciertos casos han alcanzado niveles que pueden perturbar el equilibrio de los ecosistemas, y que siendo de carácter irreversible afectan la calidad de vida, por tanto amerita un conocimiento de su verdadera dimensión y la aplicación de políticas urgentes tendientes a minimizar los efectos.

A este problema se suma la cada vez creciente población humana que en la misma medida requiere un incremento de los productos para satisfacer las necesidades alimenticias, lo que implica una permanente actividad en el campo de la investigación a efectos de innovar tecnologías efectivas que ayuden a maximizar los rendimientos.

Ventajosamente así como existen organismos e instituciones que aportan al desarrollo, el INAMHI dentro de su competencia dispone en su haber un banco de información muy valioso que igualmente contribuye al desarrollo del país, para lo cual realiza entre otras actividades el registro, análisis y estudios relacionados con los parámetros comprendidos en los campos de la meteorología e hidrología; mas aún cuando se tiene antecedentes de que, ocasionalmente la circulación atmosférica local transforma los patrones de comportamiento de determinadas variables que a su paso dejan secuelas que lamentar, especialmente en el sector agrícola-ganadero y de quienes viven en áreas marginales.

Bajo esta premisa, el Subproceso de Estudios e Investigaciones Meteorológicas entre una de sus múltiples actividades viene elaborando un Boletín Agrometeorológico de difusión decadal y mensual a los grupos de producción, ganaderos y demás usuarios del ramo, información que tiene que ver con un análisis pormenorizado de las principales variables meteorológicas como precipitación y temperatura, la influencia de éstos en el estado de humedad de los suelos, en el desarrollo de los cultivos y las perspectivas para la siguiente década.

Con estos resultados presentados en una red de distribución gratuita (<http://www.inamhi.gov.ec>) y de fácil acceso a todo público, pretende poner al tanto de sus usuarios principalmente a los del sector agrícola y ganadero del país, un panorama general acerca de las condiciones meteorológicas y el consecuente impacto en el desarrollo de los cultivos, a efectos de contribuir con la información básica que ayude tanto a la toma de decisiones, así como para minimizar los efectos negativos.

Objetivos

- Poner al servicio del sector agrícola y ganadero del país una herramienta que contribuya a la toma de decisiones y sobre todo ayude a minimizar los riesgos de pérdidas por efecto de condiciones adversas.
- Mantener al tanto a nuestros usuarios sobre el estado de humedad de los suelos cultivados a efectos de prevenir inundaciones o sequías.

- Alertar a los agricultores acerca de la distribución de la precipitación prevista para la siguiente década.
- Disponer de un registro continuo de información agrometeorológica, que a mas de permitir un seguimiento del estado de desarrollo de los cultivos, sirva como una fuente de consulta.

Metodología

La preparación y elaboración de este boletín implica una serie consecutiva de etapas, donde el final de cada una de ellas es el punto de arranque de la siguiente, a tal punto que se conforma una serie de requisitos e información meteorológica, agronómica, edafológica y un software, que finalmente se conjugan para elaborar el producto denominado **Boletín Agrometeorológico** de emisión decadal y mensual, actualmente disponible a todo público en la hoja web del INAMHI.

Cobertura

Para la realización de este boletín y con el propósito de dar la mejor cobertura a efectos de que la información tenga el mayor alcance posible en todo el territorio nacional, se han considerado un grupo de estaciones que tienen la categoría de Agrometeorológicas y Climatológicas principales, todas ellas equipadas con radio para facilitar la transmisión de la información en tiempo real, cuyo listado se presenta en el cuadro 1 y geográficamente distribuidas en el Ecuador continental según la siguiente Figura.



Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones consideradas en el Boletín Agrometeorológico.

Con esta cobertura se busca poner al alcance de todos sus potenciales usuarios, la información necesaria para que dependiendo de la temporada agrícola se planifique de mejor manera las actividades como: preparación del suelo, siembra, labores fitosanitarias, riegos, etc., todo ello encaminado a contribuir con las actividades del sector agrícola - ganadero del país.

El siguiente cuadro presenta el listado de las estaciones por región, que participan y aportan con la información meteorológica para la elaboración del Boletín Agrometeorológico Decadal y Mensual.

Cuadro 1. *Listado de estaciones consideradas para el Boletín Agrometeorológico.*

REGION	ESTACIÓN	REGIÓN	ESTACIÓN	REGIÓN	ESTACIÓN
I N T E R A N D I N A	Tulcán	L I T O R A L	Esmeraldas	O R I E N T E	El Puyo
	El Angel		La Concordia		Nuevo Rocafuerte
	San Gabriel		Santo Domingo C.		El Coca
	Ibarra		Puerto Ila		
	Otavalo		Portoviejo		
	Tomalón		Pichilingue		
	Iñaquito		Babahoyo		
	La Tola		Milagro		
	Izobamba		Guayaquil		
	Latacunga		La Troncal		
	Rumipamba		Machala		
	Ambato				
	Querochaca				
	Riobamba				
	Cañar				
	Cuenca				
	Paute				
	Gualaceo				
	Saraguro				
Loja - Aargelia					
La Toma					
Celica					
Cariamanga					

Teniendo en cuenta que el patrón de comportamiento de la precipitación multianual varía de una región a otra, las actividades relacionadas con las épocas de siembras y cosechas van a diferir igualmente, por tal razón los análisis, comentarios y sugerencias vertidas en el boletín son propias para cada una de las regiones; así por ejemplo, la Figura **a** (estación El Angel) presenta una curva bimodal y representa o es el modelo de la curva de comportamiento de la precipitación en la región interandina, cuyos picos máximos se producen en los meses de marzo y noviembre.

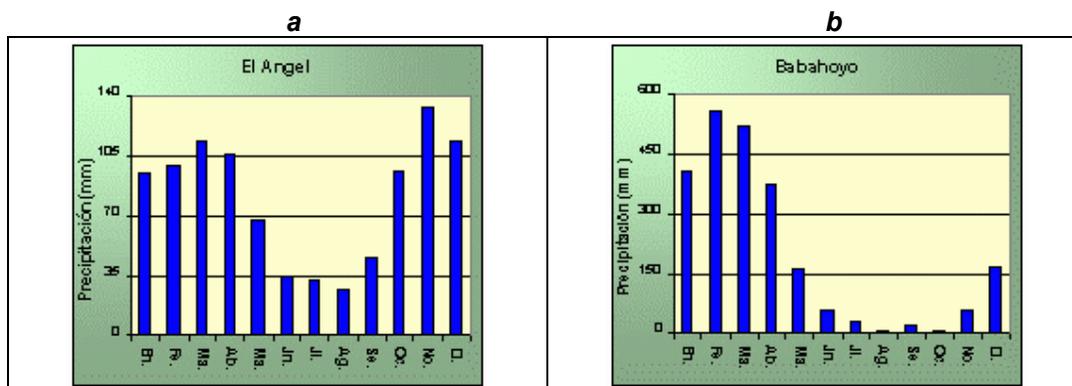


Figura 2. *Patrón de comportamiento multianual de la precipitación, a) región interandina, b) región litoral.*

En la figura **b** (estación Babahoyo) se tiene una curva unimodal y es un modelo del comportamiento multianual de la precipitación que se registra en el litoral ecuatoriano, cuyo pico

máximo se registra en el mes de febrero, coincidiendo sí con la época seca en las dos regiones que generalmente se dan entre los meses de junio y septiembre.

Otro argumento válido y que gráfica lo manifestado anteriormente se basa en el estudio realizado por Iwan Supit y Juan Palacios (7), el mismo tiene que ver con el **"Inicio y fin de la época lluviosa en el Ecuador"**, y determina que cada región tiene su propio régimen e incluso dentro de cada uno de ellos se encuentran diferencias en la época de inicio y fin de la temporada lluviosa.

Por ejemplo, para la zona interandina la temporada invernal iniciándose por la parte norte del país empieza en el mes de septiembre, y luego se expande hacia el centro norte y la llanura costera en el mes de octubre, ver Figura 3.

Hacia el centro y centro sur de la región, se determina un núcleo importante donde la iniciación de la temporada se presenta entre los meses de febrero y marzo, en tanto que en la parte austral aparece un sector donde el invierno inicia en el mes de octubre.

En el litoral Ecuatoriano, los meses de inicio de las lluvias están mucho más marcados donde las respectivas isóneas recorren de norte a sur y delimitan áreas claramente definidas; así pues, hacia la parte interna de la región, el inicio de las lluvias es en el mes de diciembre, una zona mas próxima al perfil costero tiene su inicio en el mes de enero y otra franja que cubre desde Manta hasta Playas y una zona circundante a Puerto Bolívar constituye una gran área con déficit de precipitación durante todo el año, según (7).

Para la región oriental se determina un comportamiento diferente, ya que durante todo el año se registra considerables volúmenes de precipitación y por tanto no se puede determinar el mes de inicio, debido a que durante todo el año los valores de precipitación sobrepasan considerablemente a los valores de evapotranspiración potencial.

Bajo el mismo análisis se determinó también los meses de finalización del periodo lluvioso en las dos regiones, quedando éstas conforme se detallan a continuación.

El fin del periodo invernal en el litoral se podría comparar como una onda expansiva que se origina en la parte sur de la región en el mes de marzo para luego ampliarse hacia la llanura costera en los meses de abril y mayo. Mientras que para la zona norte y centro norte de la región la onda de finalización se presenta en su parte baja durante el mes de junio y luego asciende hacia el norte y termina en el mes de julio.

Al analizar la parte pertinente a la región interandina, se determinan tres núcleos, uno de ellos en la parte centro norte cuyo mes de finalización es mayo, otro se localiza hacia el centro cuyo periodo de finalización son los meses de abril y mayo, y finalmente un tercer núcleo se encuentra en la parte centro sur y sur del país correspondiendo al mes de junio como punto de finalización del periodo invernal.

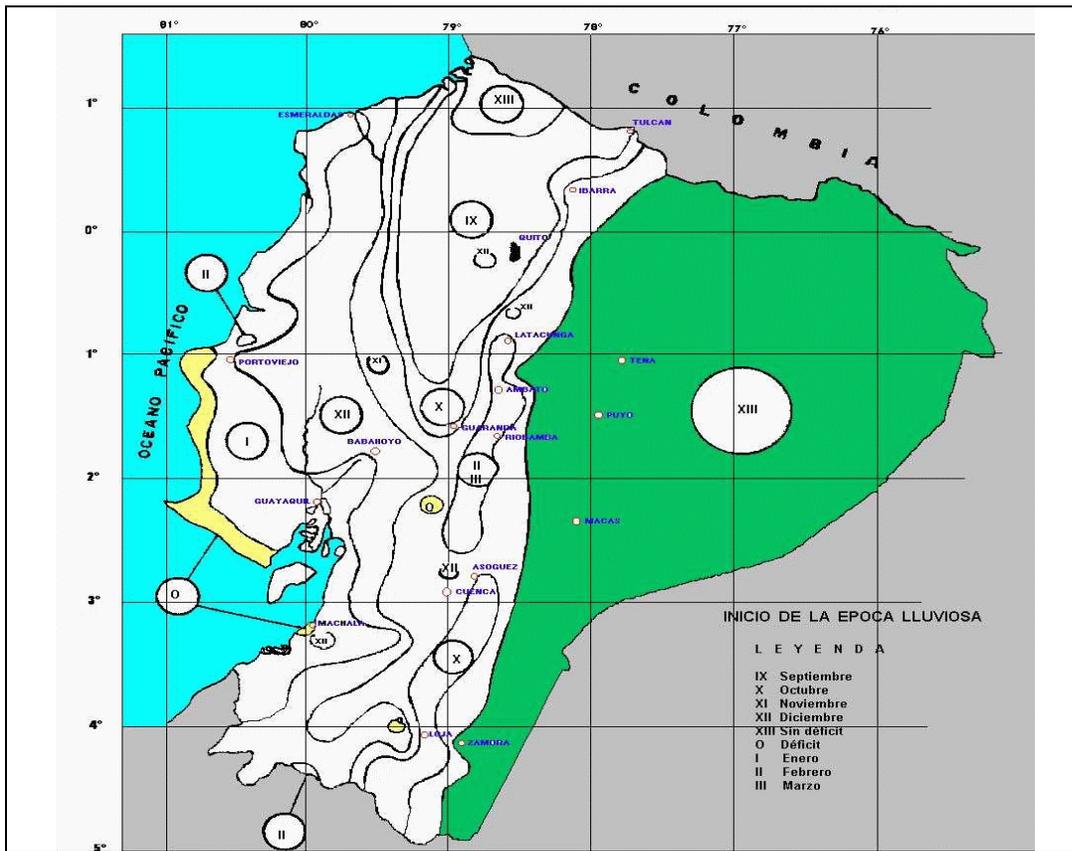


Figura 3. Inicio de la temporada lluviosa.

Con los resultados obtenidos a través de los balances hídricos realizados para cada localidad, se definieron los meses de inicio del periodo lluvioso bajo la siguiente ecuación $ETPi * 0.8 \geq Pi$.

Igualmente para la determinación de los meses de finalización del periodo lluvioso se aplicó la siguiente expresión $ETPi * 0.5 \leq Pi$

Donde:

ETPi Evapotranspiración potencial mensual
 Pi Precipitación mensual

Las fórmulas que permiten determinar los meses de inicio y finalización del periodo lluvioso, toman en cuenta lo siguiente, durante los meses en los cuales los valores de precipitación superaron o fueron iguales al 80 % del valor de la evapotranspiración potencial mensual, se definió como el inicio del periodo lluvioso; considerando además el criterio de que este valor de precipitación deberá ser lo suficientemente válido para suponer que el suelo que viene de un periodo de sequía pueda recuperarse y almacenar algo de humedad.

En el caso de la finalización del periodo lluvioso igualmente se consideró que el valor de la precipitación mensual debe ser igual o menor al 50 % del valor de la evapotranspiración potencial determinada para ese mes, valor con el que se considera que agrónomicamente la humedad en el suelo es incipiente.

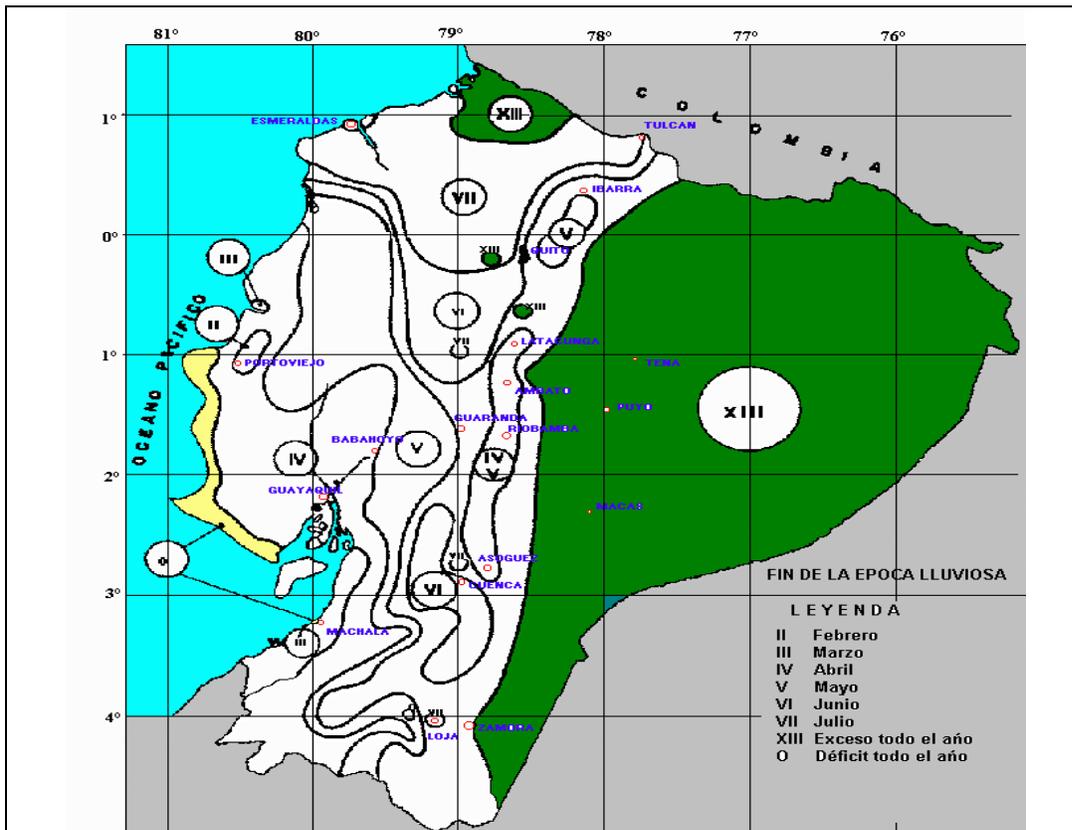


Figura 4. Finalización de la temporada lluviosa.

Evapotranspiración potencial

Otro parámetro importante para los turnos de riego y requerido para la preparación y elaboración de los boletines es el que tiene que ver con los valores de evapotranspiración potencial. Esta información se ha actualizado mediante la utilización del programa CropWat 4 versión 4.2 de 1998, preparado por la FAO (3), El Instituto de Irrigación y Estudios del Ambiente de la Universidad de Southampton (Inglaterra) y El Centro Nacional de Investigaciones del Agua de Egipto.

Este programa que utiliza para sus cálculos la metodología Penman – Monteith requiere el ingreso de variables meteorológicas relacionadas con: temperatura máxima media, temperatura mínima media, humedad del aire, velocidad del viento a 2 m de altura y heliofanía, para finalmente obtener resultados de evapotranspiración potencial en mm/día, valores que comparados con resultados obtenidos a través de otras metodologías son muy coherentes y lógicos, muy cercanos a la realidad y efectivamente brindan confiabilidad, (1).

Almacenamiento de agua en el suelo

Sin pretender ahondar con basamentos técnicos ni duplicar actividades ya realizadas a efectos de lograr la información mas precisa en lo que tiene que ver con esta variable, sino mas bien tratando de aligerar procesos, para conocer la capacidad de almacenamiento de agua en los suelos se ha recurrido a las cartas edafológicas elaboradas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (6).

En el proceso de preparación de las cartas de suelos, se han realizado una secuencia de tareas entre ellas: perforaciones en el perfil del suelo con el fin de determinar horizontes, profundidad de raíces, textura, estructura y una serie de análisis físicos y químicos de los suelos del Ecuador, de cuyos resultados se muestran entre otros la capacidad de almacenamiento de agua, variable que ha sido tomada para nuestros propósitos.

Kc de cultivo

Otro requerimiento necesario para la preparación y elaboración de los boletines específicamente en lo que tiene que ver con los argumentos para los comentarios relacionados con las necesidades de agua, es la curva de crecimiento del cultivo y su Kc respectivo (2), Figura con la cual se determina el requerimiento hídrico del cultivo para una fase o fecha dadas.

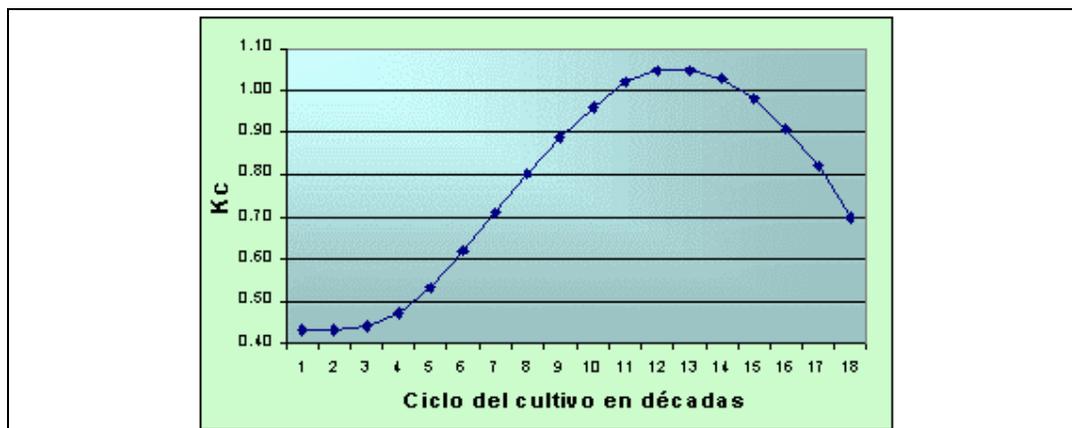


Figura 5. Kc para el cultivo de papa en la localidad de San Gabriel en la provincia del Carchi.

Con base en el ejemplo propuesto en la figura 5, mas los valores de evapotranspiración potencial determinados para cada década, es posible mencionar con alto grado de confiabilidad que el requerimiento hídrico del cultivo de papa (por ejemplo) en cualquier década será igual al valor que resulte de multiplicar entre el Kc y el valor correspondiente a la ETP de esa década.

El valor determinado así es el que nos da el punto de referencia para recomendar que la cantidad de lluvia registrada en la década pasada estará en exceso y habrá la necesidad de drenar los campos, o en su defecto prever que la cantidad de agua esperada en la década entrante cubrirá las demandas del cultivo o hará falta riego suplementario.

Así por ejemplo, en la zona de San Gabriel en la provincia del Carchi, se efectúan las siembras de papa en la primera década del mes de octubre y queremos conocer el requerimiento hídrico para la segunda década del mes de diciembre, tendremos que multiplicar el valor diario determinado para ese mes que es 2.79 mm de evapotranspiración potencial (ETP) por el valor del Kc correspondiente a esa década que es 0.80, entonces la demanda hídrica de ese cultivo va a ser de 2.23 mm/día ó 22.3 mm para la década.

Si durante la década anterior se almacenó considerable cantidad de agua en el suelo, el cultivo no se verá afectado aún cuando no llueva la cantidad requerida, y si llueve cualquiera sea la cantidad, habrá un excedente que se evacua de forma natural; pero lo importante es que con el pronóstico a cerca de las probabilidades de precipitación, mas el seguimiento en el criterio expuesto, para la siguiente década permite emitir una recomendación a los agricultores para que prevengan principalmente los volúmenes y turnos de riego.

Calendario de Siembras y Cosechas

La diversidad de microclimas existentes en nuestro país y concretamente en el callejón interandino, así como el tipo de cultivos y sus variedades, determinan la época de inicio de las siembras, la duración del ciclo vegetativo y el periodo de cosechas, las mismas a su vez están sujetas a variabilidades marcadas especialmente por los periodos húmedos o secos que son básicamente los que marcan o determinan las épocas de siembras y cosechas, pues en nuestro medio el mayor porcentaje de las siembras se realizan no exactamente en el mes de octubre en el caso de la sierra, sino que ésta se adelanta o se retrasa conforme se presentan las lluvias (5), pero en términos generales en el presente caso se puede manifestar lo siguiente.

En el Callejón Interandino la mayoría de cultivos transitorios o de ciclo corto inician su periodo de siembras entre los meses de octubre y diciembre y se cosechan entre junio y agosto, coincidiendo exactamente con la época de menor precipitación, tal como se observa en el Figura 6.

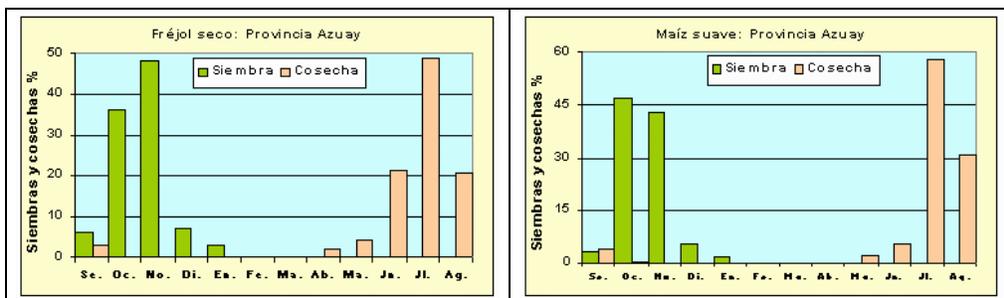


Figura 6. *Calendario de siembras y cosechas en la región interandina.*

En tanto que en el Litoral las siembras muestran dos picos, las que se presentan en mayor porcentaje coinciden con el inicio de la época lluviosa se ejecutan entre los meses de diciembre y febrero, cuyas cosechas se realizan entre mayo y julio, como es el caso del cultivo de algodón en las provincias de Manabí, Los Ríos y Guayas; y las siembras de secano en menor proporción ocurren entre mayo y julio para ser cosechadas en los meses de septiembre y noviembre, según se ejemplifica como modelo el cultivo de maíz duro en la provincia de Los Ríos, Figura 7.

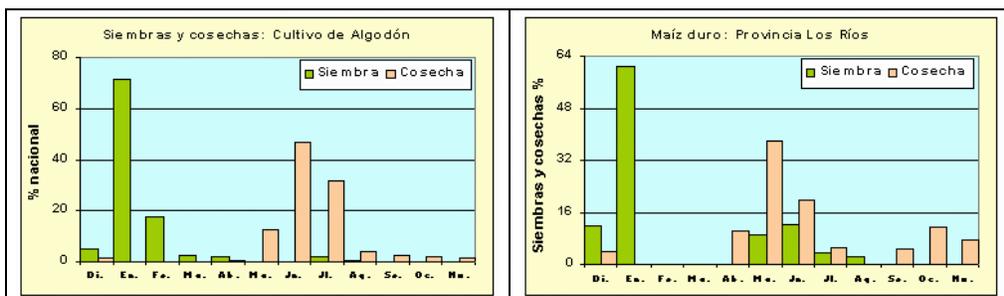


Figura 7. *Calendario de siembras y cosechas en el litoral.*

Como se manifestó anteriormente, en el callejón interandino existe una diversidad de microclimas presentes como pequeños núcleos dentro de un gran valle, lo que hacen que determinados cultivos de ciclo corto se acoplen muy bien a cada uno de los regímenes climáticos, permitiendo de manera casi prodigiosa las siembras y cosechas de algunos productos de manera consecutiva durante gran parte del año, como se puede apreciar en el caso del cultivo de la papa en la parte norte del país, según la estadística presentada en la siguiente Figura .

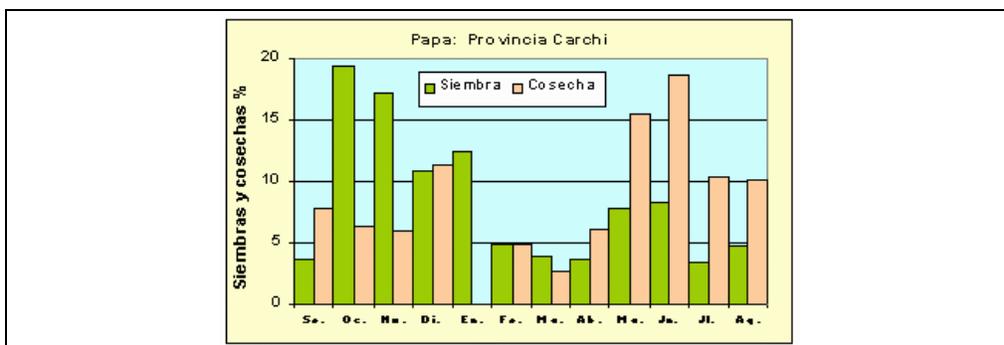


Figura 8. *Calendario de siembras y cosechas del cultivo de papa en la zona norte del país.*

Como se puede ver, bajo condiciones atmosféricas naturales en las dos regiones continentales los periodos de siembras y cosechas están definidos, ciertamente algunos años pueden adelantarse o retrasarse las fechas de siembra e igualmente las cosechas, pues éstas están en función de las fechas de inicio y fin del periodo lluvioso, no obstante como ya se manifestó, existen ciertos

lugares donde las condiciones climáticas imperantes mas la infraestructura de riego hacen posible las siembras de determinados cultivos durante gran parte del año.

Con criterio amplio y bajo un análisis pormenorizado sobre el comportamiento de cada uno de estos elementos tomados en consideración, finalmente se elabora el producto final de difusión decadal y mensual que es el que llega a nuestros usuario.

Resultados

BOLETÍN AGROMETEOROLÓGICO DECADAL

Período: 11 – 20 de noviembre de 2003

Actualmente la herramienta que analiza la relación Clima - Agricultura es la Agrometeorología, en tal sentido la ejecución de labores, actividades agropecuarias y la toma de decisiones deben basarse en el análisis Agrometeorológico del impacto del clima en el sector agropecuario.

El comportamiento y disponibilidad del recurso agua en el suelo se determina mediante el Balance Hídrico, metodología que analiza el ingreso de agua basándose en la información pluviométrica y la pérdida o consumo en función de los valores de evapotranspiración potencial (ETP).

En el presente boletín se pone a disposición de nuestros usuarios una clara idea acerca del comportamiento de tan importante recurso en el suelo y como consecuencia de ello se presenta un comentario sobre el estado de desarrollo de los principales cultivos establecidos en las tres regiones del país, así como recomendaciones sobre la ejecución de labores fitosanitarias y la aplicación de prácticas de riego o drenaje en concordancia con las condiciones de humedad presentes además una probabilidad estadística de lluvias para la siguiente década.

Región Litoral

Los valores de precipitación registrados en la presente década, indican que su distribución espacial fue homogénea en la región, así lo demuestran las escasas lluvias que continúan marcando una variabilidad negativa ya que sus valores son muy inferiores a las normales, y únicamente en dos localidades sus valores superan a sus promedios.

Bajo esta panorámica, los resultados obtenidos mediante la metodología del Balance Hídrico, demuestran que en la mayoría de los suelos de la región se determinan deficiencias de humedad que en promedio superan los 20 mm, lo que influye negativamente en el desarrollo de los cultivos que fueron sembrados en la época de secano, ver Figura 9.

En este sentido, los cultivos temporales como maíz duro, sorgo, soya, arroz, sandía, melón, entre otros, que fueron sembrados con el remanente de humedad del suelo (junio, julio) se encuentran atravesando problemas fisiológicos, por lo que se recomienda dar riego suplementario a efectos de cubrir las exigencias hídricas de los cultivos, con lo cual se minimiza los posibles riesgos provocados por estrés hídrico.

Igualmente aquellas plantaciones permanentes como banano, mango entre otros, requieren de cuidados intensivos, tendientes por un lado a proveer satisfactoriamente con los turnos de riegos y por otro a minimizar el ataque de plagas mediante labores fitosanitarias oportunas.

Según la probabilidad estadística, para la próxima década se espera que los valores de lluvia sean inferiores a los 10 mm en la mayoría de localidades consideradas, en tal sentido se recomienda a los agricultores tomar las precauciones del caso y no descuidar los turnos de riego.

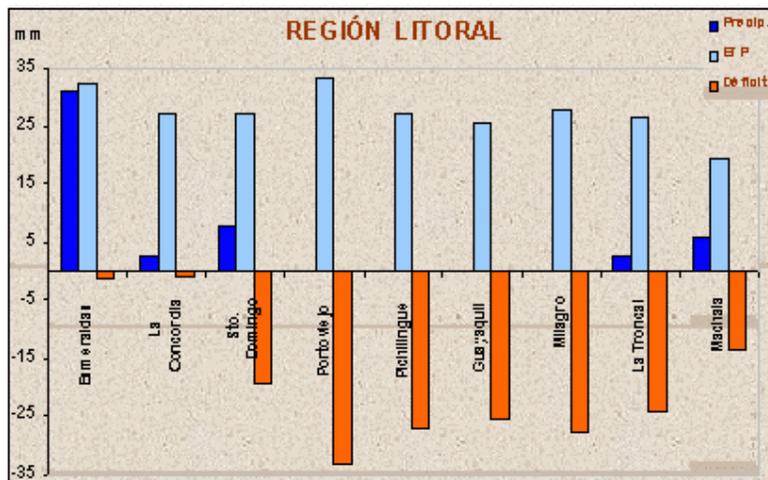


Figura 9. Resultados del Balance Hídrico para el Litoral

Región Interandina

La distribución espacial de la precipitación en la presente década ha experimentado un comportamiento irregular, de ahí que se presenta núcleos aislados a lo largo de la región donde la lluvia ha disminuido en comparación a su promedio, dando como resultado una variabilidad negativa, mientras que, en las otras localidades la variabilidad es positiva y significativa, registrándose incluso un **récord** en la estación Ibarra.

En cuanto al comportamiento de la temperatura del aire, esta no ha presentado cambios notorios que puedan alterar la fisiología de las plantas, no obstante hacia la parte norte de la región se ha registrado ligeros incrementos de temperatura máxima, que no ocasionan daño alguno.

Con los valores de precipitación así registrados, los resultados obtenidos a través del Balance Hídrico (Figuras 10 y 11) han cambiado considerablemente el estado de humedad de los suelos, a tal punto que, si bien no registran excesos hídricos, al menos el almacenamiento de agua en el suelo es satisfactorio, especialmente en la zona comprendida desde el centro hacia el norte; por el contrario, hacia la parte sur de la región se determina déficits en pocas localidades, entre ellas Cañar, La Argelia, La Toma y Celica.

Por lo manifestado, las demandas hídricas de los cultivos de ciclo corto que fueron sembrados en la temporada de secano como cebolla de rama, cebolla colorada, papa y hortalizas, serán cubiertas a satisfacción ya que los suelos de esta región se han recuperado satisfactoriamente, haciendo posible la ejecución de las labores de preparación de los suelos y siembras en aquellas áreas donde se retrasaron las siembras debido al déficit de humedad en los suelos.

Estas condiciones retardar la germinación del maíz suave y a su vez favorecer las cosechas de arveja y el cabe de papas en la localidad de Cañar y en Loja las cosechas de cebolla colorada, tomate riñón y maní.

El pronóstico de lluvias para la siguiente década, permite estimar que los valores superarán los 20 mm como promedio general para la región, con lo cual habrán excedentes hídricos al menos en las estaciones Tulcán, La Tola, Izobamba, por lo tanto se recomienda a nuestros usuarios tomar las precauciones del caso.

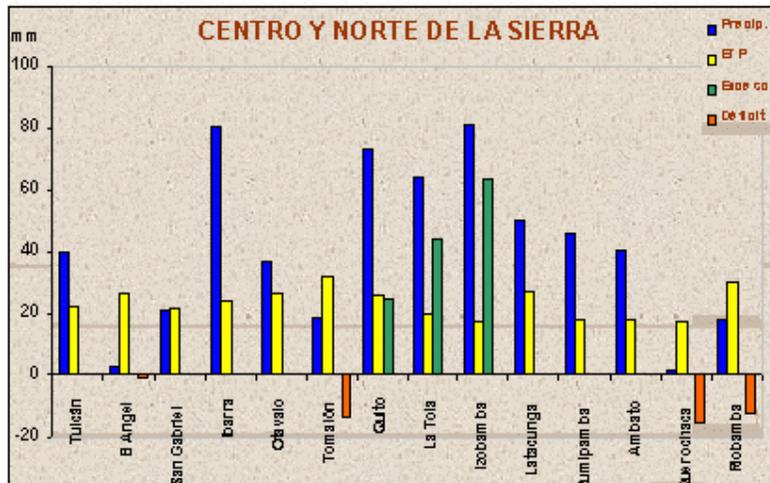


Figura 10. Resultados del Balance Hídrico para el centro y norte de la sierra

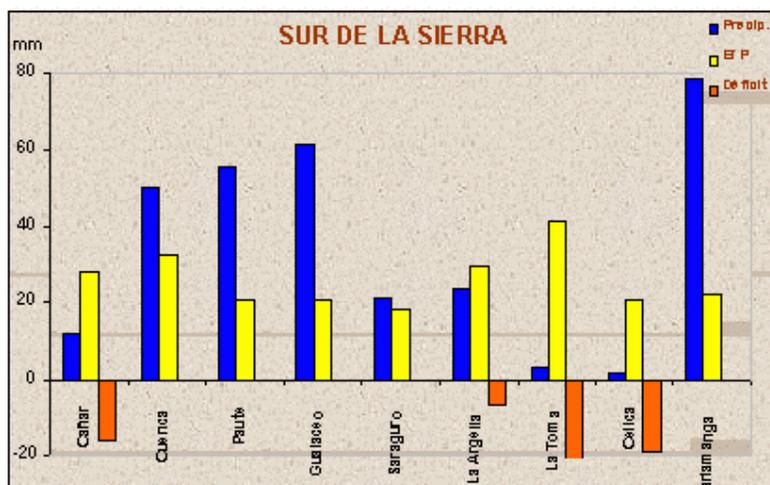


Figura 11. Resultados del Balance Hídrico para la zona sur de la sierra

Región Amazónica

Aún cuando la densidad de estaciones es muy baja representativamente, la homogeneidad de la vegetación y su regular topografía permiten atribuir que los valores de precipitación registrados en la presente década son considerables y además su distribución ha sido irregular, ya que en la estación Nuevo Rocafuerte el valor supera su promedio, mientras en El Puyo este valor es ligeramente inferior.

La temperatura del aire que en esta década ha registrado extremas entre 15.2°C y 35.4°C no es inconveniente para el desarrollo de los cultivos, con una media que oscila alrededor de los 24.7°C, es decir sus valores están dentro de los rangos normales.

Sin embargo de la variabilidad encontrada, los resultados obtenidos mediante el balance hídrico arrojan excedentes hídricos considerables en las dos localidades, determinando con ello una alta humedad ambiental, que sin duda provoca consecuencias negativas en el estado sanitario y desarrollo de los cultivos si estos no son manejados adecuadamente, (Figura 12).

Bajo estas condiciones ambientales, los cultivos son susceptibles al ataque de hongos, tornándose huéspedes de enfermedades fungosas, es por ello que aquellas plantaciones extensivas como palma africana, té, naranjilla, entre otros, deben ser prevenidos con labores fitosanitarias en el momento oportuno a efectos de anticipar daños que puedan ser la causa de reducciones en el rendimiento; en cambio para los pastos estas condiciones son favorables.

La probabilidad estadística para la siguiente década, es que los valores de lluvia serán superiores a los 60 y 100 mm en las estaciones Nuevo Rocafuerte y El Puyo respectivamente, valores con los que seguramente existirán excedentes hídricos y una alta humedad ambiental, por tanto se sugiere a los agricultores de esta región tomar las precauciones del caso.

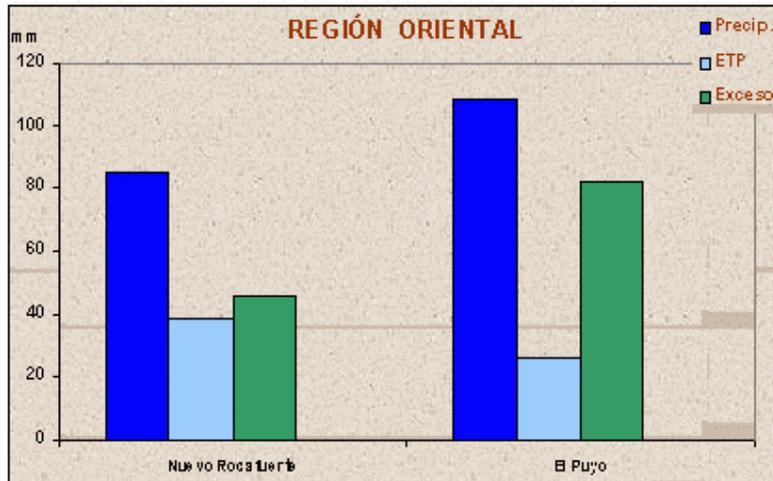


Figura 12. Resultados del Balance Hídrico realizado para la región Oriental

Sugerencias y comentarios:

Dptclima@inamhi.gov.ec

Fax: (593-2) 2456728

Referencias

1. Apuntes preparados para el curso de Agrometeorología, Bogotá 1985.
2. Boshell F. Curso Básico de Agrometeorología, No. 46 – I, Quito, 1987.
3. FAO, Crop evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements, Rome, 1998.
4. FAO, Pronóstico de cosechas basado en datos Agrometeorológicos, Rome, 1980.
5. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, Calendario de siembras y cosechas, 2da. Edición, Quito 1998.
6. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, Características edafológicas de los suelos Ecuatorianos.
7. PALACIOS J y SUPIT I., Inicio y fin de la época lluviosa en Ecuador, Quito 1989.

Aplicaciones Actuales de la Información Climática y de los Productos de Predicción y el Potencial Futuro en el Perú

Amelia Díaz Pablo
SENAMHI-PERU

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología- SENAMHI del Perú consciente de papel que juega en el desarrollo socioeconómico del país en los últimos años ha venido incrementando su infraestructura con tecnología de alto nivel sin descuidar la parte del entrenamiento al personal profesional y técnico, garantizando de esta forma que nuestros servicios sean oportunos y con grandes probabilidades de acierto ayudando a la seguridad, la protección y el bienestar de los usuarios y de este modo contribuyendo al incremento económico de las empresas, industrias y del país en general. Asimismo el SENAMHI tiene un rol importante en el suministro de la información científica más confiable para proteger la calidad del medio ambiente natural.

En ese sentido el SENAMHI consta en la actualidad con:

1. Un sistema de observación renovado:

- Incremento de estaciones convencionales y automáticas
- incremento de estaciones con radiosonda

2. Sistema de telecomunicaciones:

El objetivo de este sistema es conseguir que la mayor información meteorológica e hidrológica llegue a tiempo real, ya sea vía satélite, radio, teléfono etc.

3. Laboratorios de reparación y Mantenimiento

En la actualidad estos laboratorios dan todo el soporte al instrumental meteorológico, hidrológico y ambiental que tiene el Servicio, teniendo entre sus componentes una cámara barométrica, climática, un túnel de viento, así como un departamento para las estaciones automáticas y finalmente un laboratorio móvil.

4. Laboratorio de información Geográfica

El Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica es la encargada de procesar los mapas y cartas nacionales a formatos digitales y enlazarla con información de la Base de Datos de SENAMHI, para generar una cartografía automática de gran utilidad en la evaluación de los distintos fenómenos que ocurren en el territorio y que sirve como orientación de las directrices a seguir en la gestión de recursos naturales y humanos, prevención y mitigación de dichos fenómenos naturales (desastres).

5. Las Direcciones de línea técnicas:

El SENAMHI consta de 4 direcciones de línea las que se han replanteado sus objetivos y metas de acuerdo a las necesidades actuales, con énfasis en los estudios de investigación que permitan un mayor conocimiento de las influencias globales y regionales en la evolución y la predictabilidad del tiempo.

6. Creación del Centro de Predicción Numérica:

Departamento en la cual se operan diferentes modelos numéricos atmosféricos del tiempo, clima e hidrológicos, tales como ETA, RAMS – HYPACT y CCM3 mientras en los hidrológicos tenemos a los modelos Sacramento HFS y EHF, así como el modelo hidráulico

HEC-RAS. Este Centro está dedicado a las pruebas de sensibilidad de los diferentes modelos para las mejoras en la predicción. Entre las tareas principales tenemos:

- Asimilación de datos
- Ensamblajes para disminuir la incertidumbre de los pronósticos y el Downscaling.
- Estudios de la dispersión atmosférica.
- Proyecciones del clima en 50 años.

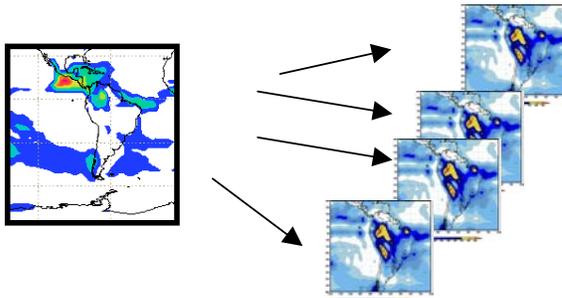


Los pronósticos de tiempo (diario y hasta 3 días) se basan en el monitoreo de las condiciones sinópticas que afectan Sudamérica como son la zona de Convergencia Intertropical, el Anticiclón del Pacífico Sur, la Baja Térmica, la Alta de Bolivia, el paso de ondas cortas en niveles medios, entre los principales.

Para la predicción climática utilizamos el modelo climático CCM3 el cual utiliza como condición inicial la temperatura de agua de mar pronosticada para 9 meses. Este modelo fue validado corriéndolo con condiciones del evento El Niño 97/98 dando resultados muy parecidos a los observados. Asimismo para reducir la incertumbre se realizan 4 ensambles del modelo CCM3, esto es variar ligeramente las condiciones iniciales y ver

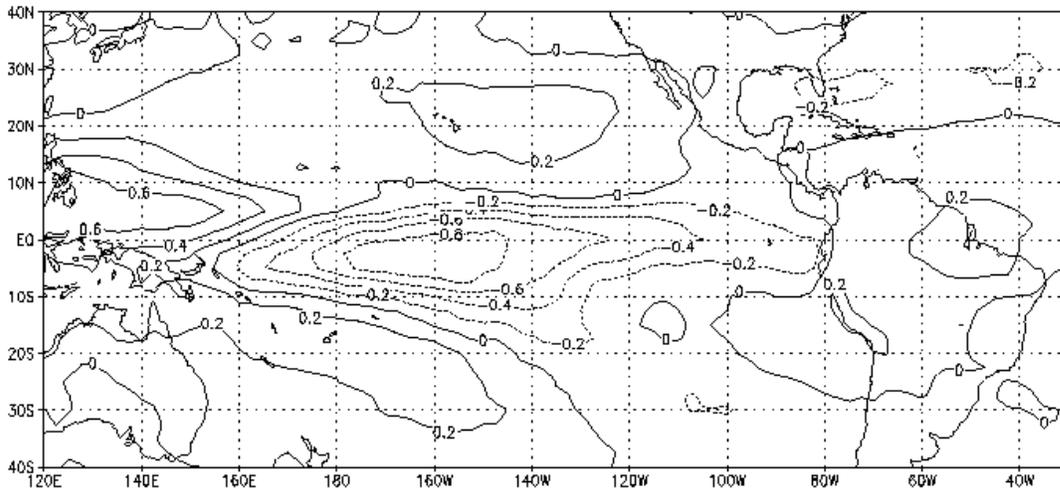
como responde la atmósfera en los 4 casos. Estas salidas del modelo CCM3 tienen una resolución de aproximadamente 200 Km, para los fines de pronósticos regionales se necesitan resoluciones más finas por lo que se realiza el downscaling con el modelo RAMS con resoluciones de hasta 15 Km y para 3 meses de predicción.

CORRIDAS ENSAMBLADAS



Por otro lado también realizamos pronósticos estadísticos estacionales dada la relación encontrada entre la zona del Niño 4 (Océano Pacífico Ecuatorial Occidental) y la zona central y sur de nuestro país. Revisando la información histórica de la precipitación en esta zona del país observamos que durante algunos episodios del Fenómeno El Niño, tal como el correspondiente a 1982-83, el periodo de lluvias se vio alterado, predominando en gran parte de los meses más lluviosos, moderadas deficiencias de precipitaciones. Siendo la característica principal de dicho fenómeno el calentamiento anómalo de la superficie del mar en el Océano Pacífico Ecuatorial, se planteó la hipótesis de que dicha temperatura podría ser un adecuado predictor de la precipitación en el área. Es decir que dependiendo de las anomalías de dicha temperatura en el Océano Pacífico, se podría tener una mayor o menor precipitación.

1 componente de OLR
ENE-FEB-MAR 1975-2001



La aplicación del método estadístico de EOF (Empirical Orthogonal function) permitió llegar a la útil conclusión de que la Temperatura del Mar en la región conocida como Niño 4 en el Pacífico ubicada entre las latitudes 5N y 5S y entre los meridianos 160E y 150°W es un adecuado predictor de la precipitación en la zona central y sur del Perú. Asimismo, se ha podido determinar que un mejor parámetro predictor además de la temperatura del mar, es la cantidad de Nubosidad alta, que es una característica usual cuando ocurre una intensa precipitación. Dicho parámetro se ha evaluado mediante la Radiación en Onda larga (OLR), la cual se mide por medio de Satélites basándose en el hecho de que a mayor nubosidad la superficie de la nube emitirá al espacio menor radiación. En la Figura se muestra la primera componente de las funciones ortogonales empíricas de la radiación solar en onda larga para el trimestre lluvioso Enero a Marzo, en la cual puede observarse el comportamiento entre la zona de Perú y el Pacífico Ecuatorial Occidental.

En estos años, no sólo usuarios del sector público han solicitado a nuestro Servicio información técnica, sino que hay un incremento del sector privado que demanda servicios de mejor calidad con mayor precisión y utilidad, ya que el clima se comporta tanto como un riesgo así como un recurso.

Entre las principales aplicaciones de la información y de los productos de la predicción climática se pueden agrupar en los siguientes sectores:

1. Agricultura

Este sector tanto el público como el privado son conscientes que el conocimiento de la variabilidad climática es vital para minimizar las pérdidas de los cultivos y maximizar la producción, así mismo está tomando gran acogida las predicciones a mediano y largo plazo para la planificación y operación de las actividades agrícolas. Los beneficios que se obtienen por utilizar la información son:

- Para sembrar : en la densidad de plantas
- Para el control de enfermedades
- Para la producción :
 - menos movimiento del pueblo rural a las grandes ciudades.
 - mejor productividad de las mujeres rurales en actividades diarias.
 - preservar los ecosistemas usando menos químicos y pesticidas

En la actualidad el Servicio está realizando pronósticos climáticos para la Producción de uva y del algodón, ambos en el valle costero central.

2. Transporte y Contrucción

La información de las precipitaciones, humedad y vientos locales es de vital importancia en este sector, especialmente en la construcción. Los pronósticos climáticos son utilizados para la planificación de las actividades del transporte fluvial, terrestre y aéreo así como de la construcción.

Una de las aplicaciones en estos sectores lo realiza el Servicio brindando los pronósticos a dos meses de los niveles del río Urubamba para una empresa encargada de la extracción del Gas natural de Camisea en la zona de selva del Perú. Este servicio se realiza mediante el pronóstico de lluvias para dos meses lo cuales son los datos de entrada para la determinación de los caudales y posteriormente de los niveles mediante los modelos hidrológicos. La empresa utiliza esta información para el transporte del material de trabajo por vía fluvial. Para las labores de planificación de construcción se realiza asimismo un pronóstico de lluvias para el tramo del gasoducto comprendido en la selva y sierra de nuestro país.

3. Energía y Minas

El Perú tiene una topografía variada, de gran diversidad climática y de condiciones excepcionales que le confieren un alto potencial para el uso de energías renovables. Pero para hacer posible el diseño de políticas y medidas para incentivar el mayor uso de estas energías que promuevan el desarrollo en zonas rurales, se hizo necesario un estudio que cuantificara y mostrara la distribución temporal de la radiación solar. El estudio se denominó "Atlas de la radiación solar en el Perú", con el cual se pretende atraer inversión para el uso de estas energías, con las que se obtienen calor y energía ya sea para fines agrícolas, domésticos y hasta industriales.

Por otro lado, también se realizan peritajes para empresas eléctricas sobre fenómenos meteorológicos que afectan la distribución de la energía. Esto es factible gracias a los modelos regionales que podemos correr con mayor resolución utilizando en algunas veces la información de reanálisis.

4. Sector Industrias y Turismo

Este sector es importante en el país por las divisas que genera, por lo cual nuestros pronósticos de tiempo que se realizan están disponibles para los operadores turísticos en el planeamiento de la estadía de los turistas. La información climatológica es utilizada para las facilidades recreacionales.

Por otro lado en algunos procesos industriales es necesario la información de las temperaturas extremas como la humedad. En la previsión climática de los eventos El Niño, las industrias del jabón ubicadas en la costa norte del país se interesan en los pronósticos de las temperaturas máximas.

5. Aviación

En este caso mayormente es utilizado la información del tiempo, ya que es importante los pronósticos para el despegue, aterrizaje y para la ruta de los aviones. Uno de los beneficios que se obtiene por la información meteorológica es el ahorro del combustible debido a la mejor selección de la ruta y también para la seguridad de los vuelos.

6. Salud

En los estudios realizados en el SENAMHI se ha observado que hay relación entre determinadas condiciones meteorológicas y algunas enfermedades como la Malaria, Dengue. Asimismo otras enfermedades se expanden o se reducen de acuerdo a los cambios de la temperatura del aire. Por ejemplo, en los Eventos Niño moderados hay un incremento de enfermedades diarreicas, esto fue corroborado con los ingresos de pacientes a los hospitales

en el Niño 97/98.

7. Manejo medioambiental

En los estudios medioambientales de las industrias, sector energía , la información climática es esencial para los procesos, ya que la protección del medioambiente requiere del conocimiento y monitoreo de los parámetros climáticos.

8. Manejo del Recurso Agua

La economía global es dependiente de la calidad de agua. El agua juega un rol importante en la salud, manejo de la agricultura, energía , transporte, pesca, recreación, turismo, industrias y actividades municipales y rurales. En ese sentido en la tierra existen dos fuentes de agua, la superficial y la subterránea y ambas están fuertemente influenciadas por los factores climáticos tales como lluvia y evaporación, por lo cual desde ahora debemos tener la responsabilidad de poder administrarla sostenidamente.

El Servicio en este caso realiza:

- el pronóstico de inundaciones
- así como para el desarrollo hidroeléctrico.
- Para el manejo y planeamiento de los reservorios de agua.
- Para el diseño de los diques de las centrales hidroeléctricas.

En la actualidad, el Servicio realizó un pronóstico de las lluvias para la determinación del volumen de agua que se captaría en un reservorio de la zona sur del país en el periodo lluvioso 2003- 2004, los cuales determinarían los porcentajes de las entregas de agua para dos zonas específicas.

Potencial Futuro en el Perú

1. Cambio Climático

Proyecto “Escenarios de cambio climático regional para 50 años en el Perú” servirá para la planificación de los sectores socioeconómicos. Así como la determinación de la vulnerabilidad.

2. Información derivada de las imágenes satelitales.

En la actualidad es poco la utilización de la información derivada de los satélites, por lo que se ha trazado un plan para un futuro cercano de extracción de información para el sector pesquero, así como para el sector forestal.

3. Manejo Medioambiental

El objetivo principal será la gestión de la calidad de aire en las ciudades principales del Perú con el propósito de planificar y ordenar el crecimiento del área urbana buscando la sostenibilidad ecológica, social y económica.

4. Agricultura

Incentivar mayores usuarios.
Pronósticos de plagas y enfermedades.

Aplicaciones Agrometeorológicas en el Perú

Ing. Constantino Alarcón Velazco
 Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
 SENAMHI – PERU

La Agricultura, Silvicultura y Pesquería en el Perú

El Perú es uno de los 10 países de mayor diversidad de la Tierra, de ecosistemas, de especies, de recursos genéticos y de culturas aborígenes. Asimismo es el tercer país de América del Sur en tamaño, ocupando una superficie de 1 285 215,6 km²; su territorio tiene una configuración muy accidentada debido al sistema montañoso de los Andes que lo atraviesa en sentido longitudinal, dando origen a tres regiones geográficamente bien definidos: Costa, sierra y selva.



Uno de los principales pilares de la economía del Perú en la actualidad, es la diversidad biológica. El 65% de la producción agrícola está basada en recursos genéticos nativos, el 95% de la ganadería recurre a los pastos naturales nativos, el 99% de la industria forestal emplea bosques y especies nativas y el 99% de la actividad pesquera depende de los recursos hidrobiológicos nativos.

Esto significa que la biodiversidad peruana es fuente importante de sustento directo y ocupación para gran parte de la población. Sin embargo, las actividades de aprovechamiento de la diversidad biológica han sido principalmente extractivas, (pesquería, forestal), extractivo-productivas (agricultura, ganadería), y en menor grado productivas (industria).

1.1 La agricultura

La agricultura peruana es tan diversa en productos como lo son sus condiciones agroecológicas (diversidad climática, distribución de suelos y relieve de su territorio). Su participación sobre el PBI es

del orden del 7%. La distribución de su superficie es la siguiente.

CAPACIDAD DE USO DE TIERRAS	TOTAL (ha)	REGION NATURAL		
		Costa (ha)	Sierra (ha)	Selva (ha)
Cultivo limpio	4 902 000	1 140 000	1 341 000	2 421 000
Cultivo permanente	2 707 000	496 000	20 000	2 191 000
Pastos	17 916 000	1 622 000	10 576 000	5 718 000
Producción forestal	48 696 000	172 000	2 092 000	46 432 000
Protección	54 300 560	10 207 000	25 169 000	18 924 560
TOTAL	128 521 560	13 637 000	39 198 000	75 686 560

Agricultura en la costa

La costa es una larga y estrecha área (de 40 km a 80 km de ancho) situada en la vecindad del Océano Pacífico, que comprende el 11% de la superficie total del país, desde el litoral hasta aproximadamente 2 000 metros sobre el nivel del mar. La agricultura se desarrolla en los valles,

ya que la mayor parte presenta características desérticas, áridas y semiáridas; y suelos arenosos y áridos.

Es en esta región donde se localizan los grandes complejos agro-industriales: caña de azúcar y algodón en el norte; espárragos, tomates, uvas, en el sur, entre otros y se obtienen la mayor productividad y rentabilidad por hectárea, porque cuenta con la orientación técnica, la mecanización y la inversión de grandes capitales. La agricultura es íntegramente bajo riego y se encuentra expuesta a los regímenes irregulares de los ríos. Los problemas ambientales en esta zona, están asociados al drenaje, la salinidad y la erosión eólica; la escasez de agua de riego y los desastres naturales (en la zona norte).

Características

- Reúne las mejores condiciones para el desarrollo de cultivares para exportación.
- Cuenta con 53 valles que en conjunto constituyen aproximadamente 2 60 mil hectáreas.
- Posee una fluctuación mínima de temperatura entre la noche y el día.
- En promedio localiza una temperatura primaveral de 19,2°C.
- Agua abundante entre diciembre y abril. El resto del año se usa agua del subsuelo y de los reservorios.
- Productos: algodón, café, caña de azúcar, mangos, limón, espárragos, uvas, fresas, paltas, mandarinas, naranjas, aceitunas, frijoles, entre otros.

Agricultura en la Sierra

La sierra está constituida por los Andes que atraviesa el país de norte a sur. El relieve de esta región natural es muy accidentado, con profundos y estrechos valles en las cercanías de elevadas cumbres coronadas de nieves perpetuas, esta región ocupa las zonas de mediana y gran altitud de la Cordillera de los Andes y sus estribaciones.

Características

- Representa el 30% de la superficie total del país y su altura varía desde 800 hasta los 4 800 metros sobre el nivel del mar.
- En la sierra aproximadamente el 70% de la superficie cultivada es bajo régimen de secano; es decir, depende de las lluvias, las que son irregulares en cantidad y distribución; el resto es bajo riego.
- Los Andes presenta diversos ecosistemas con una variedad de climas y temperaturas, con valles interandinos, bajos e intermedios.
- Presenta climas templados con temperaturas promedio superiores a 20°C ; clima frío y boreal con una media anual de 12°C, clima frígido o de tundra cuya temperatura media es de 6°C, comprende las colinas y mesetas entre 4 000 y 5 000 msnm y clima gélido con temperaturas medias de 0°C.
- Cultivos: cebada, papa, maíz, trigo, habas, oca, kiwicha, quinua, nísperos, melocotones, granadilla, capulí, tara, tuna, entre otros.

Esta región se caracteriza por una agricultura extensiva utilizando herramientas tradicionales, careciendo de asistencia técnica y crediticia permanente, a los cuales se suma la desventaja de la baja calidad productiva de sus tierras. El minifundio, la erosión y la escasez de agua cierran el círculo vicioso de factores que explican en gran parte la pobreza andina y la dificultad estructural para salir de ella. En esta zona las principales causas del deterioro ambiental son las sequías y heladas, el sobrepastoreo y la acción erosiva.

Agricultura en la Selva

La región de la selva esta cubierta, en su mayoría, por bosques tropicales.

Características

- Comprende el 59% del territorio nacional.
- Cuenta con una superficie de 76 millones de hectáreas.
- Está cubierta por bosques tropicales.
- Temperaturas de 25°C.
- Alturas fluctúan entre 100 y 500 msnm.
- Cultivos: café, cacao, arroz, maíz, yuca, palma, té, barbasco, frutales como plátano, mandarina, tangelo, palto, camu camu, aguaje, piña, carambola, especies maderables como cedro, caoba, nogal, tornillo, bolaina, cumala, ishpingo, capirona, congona, entre otras.

Con excepción de algunas franjas estrechas a lo largo de los ríos más grandes, los suelos son infértiles, someros y muy susceptibles a la erosión y desprendimiento cuando se les despeja de su cubierta natural arbórea. En esta región los problemas ambientales directamente relacionados a la agricultura incluyen la deforestación, las tecnologías de tumba y quema, la insuficiente estructura de drenaje y el inadecuado uso y manejo de los suelos.

PRODUCCION, SUPERFICIE Y RENDIMIENTO DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS

CULTIVO	PRODUCCIÓN Miles de toneladas			SUPERFICIE COSECHADA Miles de hectáreas			RENDIMIENTO Toneladas por hectáreas		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Maíz duro	959,7	1062,5	1 036,9	269,8	286,0	269,4	3,6	3,7	3,8
Máiz amiláceo	281,1	253,3	252,8	244,8	218,2	212,1	1,1	1,2	1,2
Arroz	1 892,1	2 028,7	2 124,1	287,1	299,7	317,5	6,6	6,8	6,7
Cebada	186,2	177,4	199,6	155,6	150,5	154,0	1,2	1,2	1,3
Papas	3 273,8	2 680,1	3 299,2	284,7	234,1	271,2	11,5	11,5	12,2
Fríjol común (seco)	69,8	61,0	62,6	75,8	64,2	66,2	0,9	0,9	0,9
Tomates	250,4	188,5	129,8	8,0	7,3	5,2	31,3	25,9	24,9
Cebolla	379,8	415,4	458,4	16,0	16,8	18,6	23,7	24,7	24,7
Yuca	882,0	859,1	886,8	80,8	79,7	82,6	10,9	10,8	10,7
Bananas y plátanos	1 529,5	1 557,7	1 569,8	131,9	129,6	127,2	11,6	12,0	12,3
Naranja	270,7	278,5	292,8	23,4	21,6	22,2	11,6	12,9	13,2
Palma Africana	140,5	175,8	175,7	10,0	11,2	9,6	14,1	15,7	18,4
Café	158,3	159,9	169,5	228,3	233,2	235,2	0,7	0,7	0,7
Cacao	25,0	23,7	25,6	41,3	45,7	46,8	0,6	0,5	0,5
Caña de azúcar	7 132,0	7 385,9	8 421,9	64,8	60,4	68,1	110,1	122,3	123,7
Algodón	153,8	134,1	127,4	89,2	68,6	71,9	1,7	2,0	1,8

Fuente: Ministerio de Agricultura

1.2. La actividad forestal

La actividad forestal contribuye con el 4% al PBI nacional por el consumo interno de madera, leña y carbón vegetal.



En el Perú, existen 75.8 millones de hectáreas de bosques naturales que cubren el 59% del territorio nacional.

El 92% de estos bosques, es decir, cerca de 70 millones de hectáreas, se encuentran ubicados en la región de la selva constituyendo los bosques húmedos tropicales.

En la sierra, existen alrededor de 2 millones 800 mil hectáreas de bosques naturales distribuidos en todo el ámbito de la región, representados por relictos boscosos de especies forestales nativas y matorrales perennifolios.

En la costa, los 3 millones 200 mil hectáreas, se localizan preferentemente en la zona norte de esta región.

Asimismo, el Perú posee alrededor de 10.5 millones de hectáreas de tierras aptas para reforestación, localizadas mayormente en la región de la Sierra; en ellas, se han establecido, aproximadamente 300 mil ha de plantaciones forestales, utilizando el Eucalyptus globulus y otras especies exóticas y nativas como se muestra en el siguiente cuadro.

SUPERFICIE REFORESTADA Y TIERRAS APTAS PARA REFORESTACIÓN (miles de hectáreas)

	TOTAL	COSTA	SIERRA	SELVA
Bosques cultivados	305	7	275	23
Tierras aptas para reforestación	10 500	500	7 500	2 500

Fuente: INRENA – Dirección General de Forestal y Fauna (1993)

1.3 La actividad pesquera

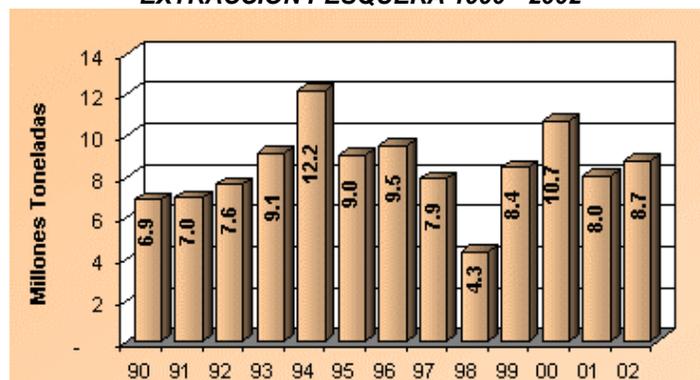
La actividad pesquera depende en más del 99% de la producción de especies nativas marinas y continentales. Esta actividad es una importante fuente de recursos económicos para el país en forma de divisas, y una importante fuente de alimentos para las regiones costeras y andinas. La Amazonía, contribuye con 80 000 toneladas de pescado al año, aproximadamente.

La aptitud pesquera del país está dada por el mar frente a la costa, los lagos y lagunas alto-andinas, y los ecosistemas amazónicos. El mar, con dos eco-regiones diferenciadas (el mar frío de la Corriente Peruana y el mar tropical) ofrece condiciones únicas en lo referente a la biodiversidad y a la importancia económica.

En la región andina, cerca de 12 000 lagos y lagunas alto-andinos albergan elevada diversidad de especies, con numerosos endemismos de aves, anfibios, peces y otros grupos.

En la Amazonía baja, los ecosistemas acuáticos (ríos y lagos) albergan una muy alta diversidad de especies de mamíferos (manatí, nutrias, ronsoco),

EXTRACCION PESQUERA 1990 - 2002



FUENTE: BCR, MINAG

aves, reptiles (tortugas, ofidios, caimanes), anfibios, peces (unas 800 especies) y de invertebrados (crustáceos, lamelibranquios).

La Vulnerabilidad de la Agricultura, la Silvicultura y la Pesquería frente a la Variabilidad del Clima y al Cambio en el Perú

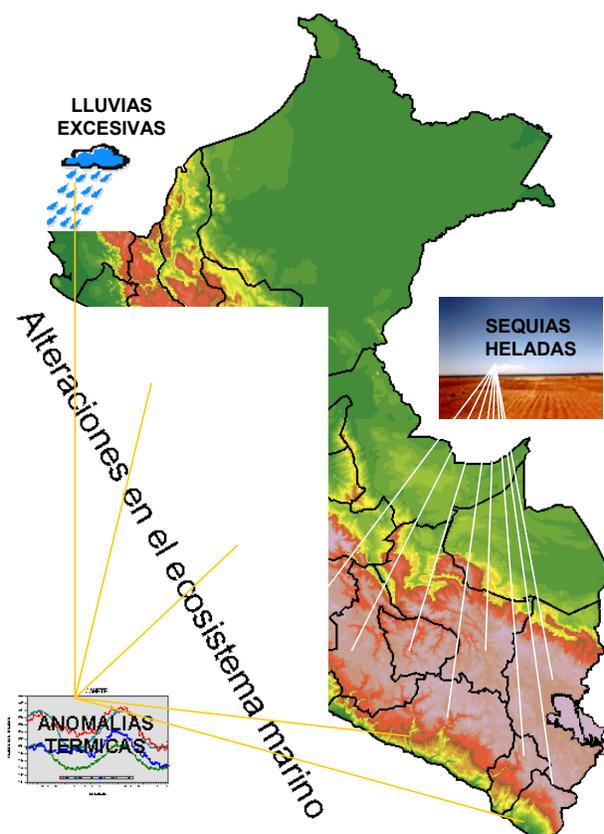
El Perú, por su doble condición de país montañoso y tropical está caracterizado por multitud de microclimas que constituyen el soporte ambiental de su diversidad genética, la variabilidad climática conduce a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos tales como olas de calor, heladas, friajes, lluvias excesivas, sequías, inundaciones, variaciones extremas en los niveles de los ríos, trayendo consigo innumerables pérdidas, cuya dimensión está en función de la intensidad, duración y extensión del fenómeno adverso.

Un fenómeno característico de la variabilidad climática interanual en el Perú es la ocurrencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que cada cierto periodo de años hace su aparición, como consecuencia del calentamiento transitorio de las aguas del Océano Pacífico central ecuatorial, junto con una alteración o inversión de vientos alisios en dicha región, permitiendo que esa zona cálida se extienda hacia latitudes mayores de 8° sur provocando una situación de inestabilidad atmosférica en todo el país.

Los sectores afectados por la ocurrencia de este fenómeno son: agropecuario, pesquero, energía, industrial (confecciones), salud y agua potable, vial, vivienda, educación y turístico.

Este evento, presenta características atmosféricas definidas, principalmente en dos variables meteorológicas: la precipitación y la temperatura.

- a) Alta precipitación pluvial en el norte, principalmente en la zona costera y algunas zonas de la selva del país: Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad (zona costera), Ancash (zona costera), Lima (zona costera), San Martín, Amazonas.
- b) Altas temperaturas en la costa peruana.
- c) Sequías en la sierra, con mayor intensidad en el Altiplano: Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Cusco, Puno, Arequipa (provincias altas), Tacna (provincias altas), Moquegua (provincias altas).
- d) Heladas meteorológicas, con mayor incidencia en la sierra central y sur: Junín, Puno, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Puno, Arequipa, (provincias altas), Tacna (provincias altas), Moquegua (provincias altas).



Principales Impactos del Fenómeno “El Niño” en el Perú

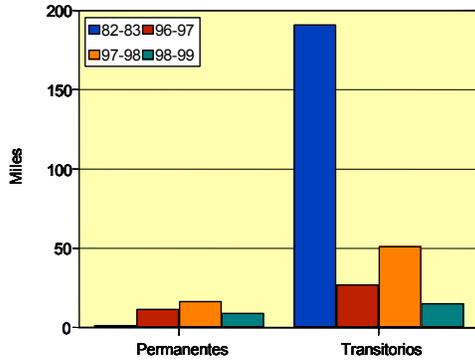
Negativos

- Pérdidas de tierras de cultivo, inundaciones de cultivos y de centros poblados por desborde de los ríos.
- Daños en la infraestructura económica (canales, drenes, reservorios, caminos rurales y otros).
- Deslizamientos de laderas con interrupciones de caminos rurales y canales de riego.
- Tropicalización de los cultivos y alteraciones fisiológicas.
- Presencia de problemas sanitarios en los cultivos (plagas y enfermedades)
- Presencia de problemas sanitarios en el ganado
- Pérdidas de siembras y cosechas y por ende reducción en la productividad
- Reducción de la disponibilidad de pastos naturales por efectos de la sequía y como consecuencia la saca de ganado forzado
- Menor disponibilidad de agua en los reservorios de la costa sur.
- Problemas sociales: migración campo-ciudad
- Migración y profundización de peces de aguas frías (sardina, anchoveta, merluza)
- Alteración en los ecosistemas marinos y costeros.
- Presencia de epidemias.
- Migración y/o muerte de aves guaneras como el Guanay, el Piquero y el Alcatraz.
- Incremento del nivel del mar en la costa peruana, reduciendo las áreas de playa, y en casos de bravesas de mar, pueden causar inundaciones.

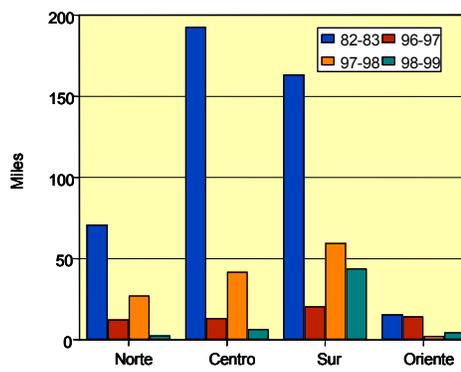
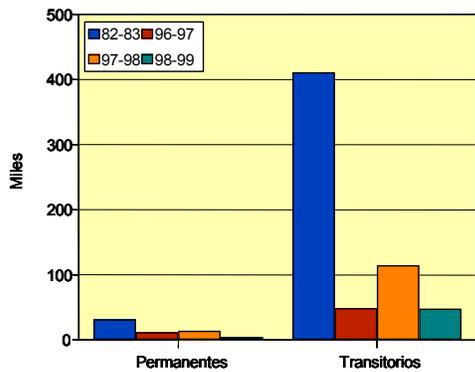
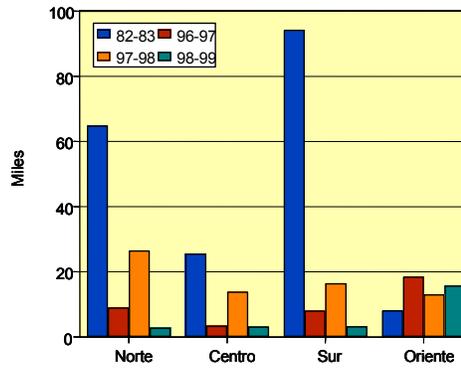
Positivos

- Regeneración de bosques y pastos naturales en la costa árida.
- Mayor disponibilidad de agua en reservorios y represas en la costa norte.
- La presencia de aguas cálidas permitirá el consumo de peces y moluscos que solo son consumidos al norte del país.
- Incremento del nivel de aguas subterráneas

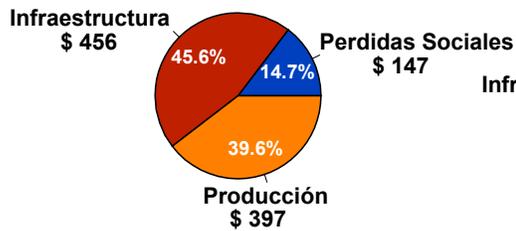
Superficie perdida y afectada según grupo de cultivos (ha)



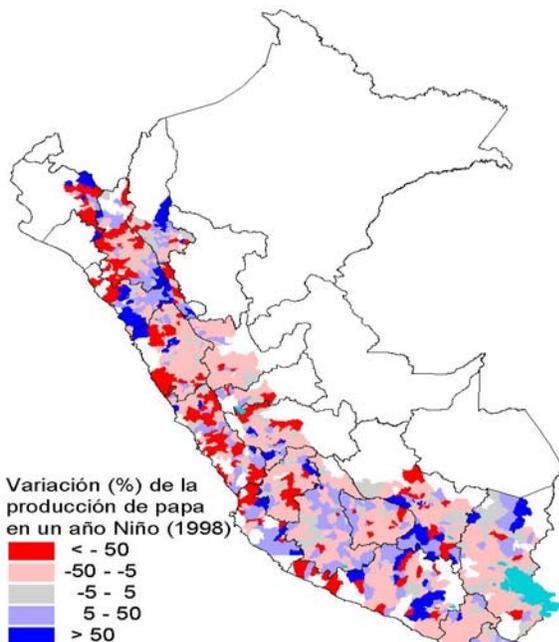
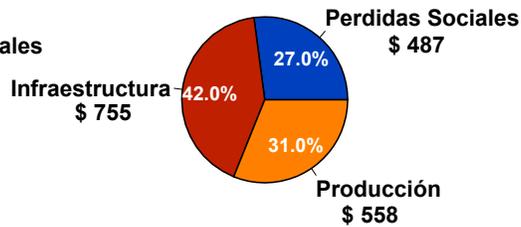
Superficie perdida y afectada según zona geografica (ha)



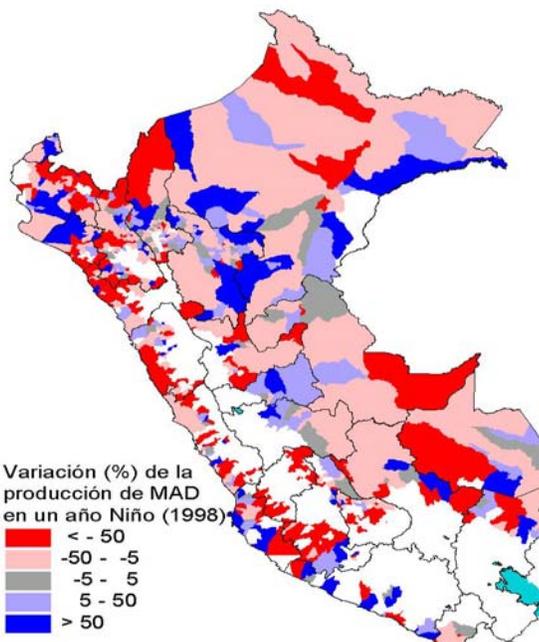
“EL NIÑO 1982-83”



“EL NIÑO 1997-98”



Fuente y Elaboración: Dirección General de Información Agraria del Ministerio de Agricultura



Fuente y Elaboración: Dirección General de Información Agraria del Ministerio de Agricultura

AREAS DE CULTIVO AFECTADAS POR FENÓMENOS NATURALES								
Superficie (ha) de cultivo afectada por fenómenos naturales, según departamentos								
Departamento	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001 p/
Total	47 936	21 272	32 339	113 658	121 718	59 977	13 381	41 962
Amazonas	370	220	350	7 582	8 690	2 540	918	2
Ancash	1 076	166	299	348	11 152	858	72	
Apurímac a/	15	232	600	136	959	364	120	35
Arequipa	2 443	770	552	1 764	840	670	360	2 518
Ayacucho	590	1 558	1 158	65	35	568	179	1 184
Cajamarca	4 081	1 215	578	448	732	1 611	8 184	3 699
Cusco	730	5 119	2 169	7 245	837	934	609	352
Huancavelica	2 316	300		23	287	1 816	53	2 409
Huánuco	2 884	1 242	1 287	2 230	1 146	293	28	497
Ica	1 290	677	80	64	960	2 163	50	
Junín	1 516	1 445	29	831	10	338	214	495
La Libertad	141	17	1 290	110	1 123	2 502	5	15
Lima	1 714	145	92	14	541	833	28	69
Loreto	3 879	4 835	250	36 174	14 730	30 360		166
Lambayeque	150				17 510	3 230	4	47
Madre de Dios	224		308	1 526		5 090		330
Moquegua		805	289	120	100	360	130	
Pasco	700	80	80	2 096	1 263		33	20
Piura	500	1 178	160	42	49 134	2 200	260	785
Puno	300	713	2 872	22 195	1 478	1 708	1 742	19 105
San Martín	1 360	550	11 789	10 164	4 984	638	392	1 880
Tacna				332	3 203	36		1 300
Tumbes			720	3 000	853			1 359
Ucayali	21 657	5	7 387	17 149	1 151	865		5 695

a/ En el distrito de Abancay, se registró 250 desaparecidos por deslizamiento de cerro de Cochas.

p/ Cifras preliminares.

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil - (INDECI) - Oficina de Estadística y Telemática.

Para el Perú, la detección y origen del cambio climático es un tema central de investigación y estudio. El cambio en el uso de la tierra (deforestación, ampliación de frontera agrícola y construcción de ciudades), el incremento del CO₂ por las actividades humanas y el componente natural, hacen muy difícil identificar el cambio en los regímenes de temperatura, precipitación, ciclo hidrológico, etc. Pero más complejo aún es separar el componente natural de la variabilidad climática del componente antropogénico.

El cambio brusco en las condiciones climáticas ocurridas durante un fenómeno El Niño es un buen modelo experimental y de observación de los potenciales impactos del cambio climático en los diversos sectores de la economía y vida social del Perú. Mientras que los efectos del cambio climático han de producirse en el largo plazo, un Niño nos puede mostrar en algunos meses de duración, los impactos potenciales que sobre el territorio y la sociedad peruana produciría el cambio climático.

Información del Tiempo y del Clima para Agricultura, Pesquería y Silvicultura Boletines Agrometeorológicos

En el Perú existen diferentes instituciones que brindan información del tiempo y del clima, sin embargo la información orientada a la agricultura, pesquería y silvicultura lo brinda las siguientes instituciones:

Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Reporte diario de la Pesquería Pelágica

Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN)

Pronósticos diario del tiempo y estado del mar

- Condiciones océano-atmosféricas en zonas costeras y mar, con validez de 24 horas a partir de 00 horas.
- Pronóstico de olas y vientos hasta 72 horas.

Boletín Quincenal

- Temperatura superficial y subsuperficial en el pacífico ecuatorial
- Presión atmosférica en el pacífico sur
- Distribución del viento superficial - región Perú
- Distribución del oleaje - región Perú
- Temperaturas superficial del mar y del aire en estaciones costeras del Perú
- Nivel del mar en estaciones costeras del Perú

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

- Informativo Monitoreo del Fenómeno El Niño (mensual).
- Pronóstico del tiempo en la Capital y la República del Perú (diario).
- Pronóstico para Lima Metropolitana (mensual).
- Vigilancia Sinóptica de Sudamérica y su Perspectiva (mensual).
- Notas informativas e Informes Técnicos – ENFEN (cuando lo amerite)
- Alertas (cuando lo amerita)
- El tiempo para turistas (cada diez días)
- Pronóstico Hidrológico (diario)
- Evaluación hidrológica de Cuencas (mensual)
-

El pronóstico del tiempo y el clima en base a modelos numéricos meteorológicos e hidrológicos del Perú y Sudamérica

Boletines Agrometeorológicos

- Evaluación y perspectivas de las condiciones hidrometeorológicas en el Perú (semanal)
El informe describe la situación de las condiciones hidrometeorológicas significativas en el transcurso de la semana, una síntesis del panorama agrometeorológico, el pronóstico hidrometeorológico para la semana y una previsión hidrológica.
- Boletín Hidrometeorológico del Perú (mensual)
Boletín elaborado por las cuatro direcciones de línea del SENAMHI, en este boletín se da a conocer los resultados del seguimiento y análisis de las condiciones océano-atmosféricas, hidrológicas agrometeorológicas y ambientales del territorio peruano.

I. SÍNTESIS AGROMETEOROLÓGICA Y FENOLÓGICA DE LOS CULTIVOS

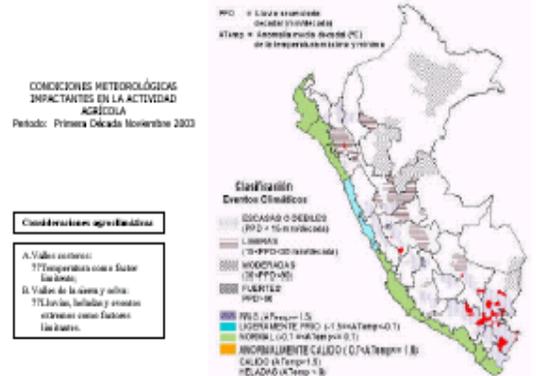
Predomina la escasez de lluvias en toda la sierra del país, que mantiene con niveles deficientes la disponibilidad de humedad para el suelo, solo algunas zonas con lluvias ligeras principalmente los valles de la sierra norte (Cajamarca, Cajabamba, Celendin, Chota y Cabelva) mantienen esta condición. En general las lluvias se presentan en cantidades menores a los esperados, así por ejemplo tenemos a la fecha un déficit del orden de los 40 % en el valle de Mantaro.

Por efecto del fuerte descenso de la temperatura mínima (y una atmósfera relativamente seca) durante los primeros días de noviembre, se han presentado algunas noches frías y secas en los valles de la costa norte, extendiéndose hasta el sur próximo a Chíncha, ello hasta cierto punto pudo afectar los estados de floración en cultivos de maíz y trébol; se alcanzaron temperaturas mínimas de 13.1 °C en el Bajo Piura, 11.8 °C en Jaquetegua, 8.6 °C en el valle de Chíncha. Este panorama agrometeorológico afectó también la sierra, intensificando ligeramente las heladas meteorológicas en la sierra norte (Parí, Cajamarca -2.5 °C), por otro lado algunas heladas agronómicas se han observado en Tarata (Tacna) con mínimas de 1.6 °C. Luego de ello, al final del periodo se restablecieron las condiciones térmicas en los valles de la costa peruana no obstante la década se caracterizó por estar ligeramente fría, es especial la costa central.

Al inicio de la década se advirtió ligeramente las heladas meteorológicas en el valle de Cuzco y Mantaro y la sierra de Cajamarca poniendo en riesgo algunos cultivos, sobre todo aquellos de altura.

En la sierra, las lluvias aunque en menor cantidad que la década pasada mantienen niveles adecuados de humedad para el suelo, llegando a ser excesivas en zonas como Iquitos, Bajo Mayo y Aguaytía.

A continuación se describen las características agrometeorológicas predominantes en la primera década de noviembre, a nivel de los principales cultivos y valles del territorio peruano.



- Impacto de las condiciones meteorológicas en la agricultura (cada diez días).

A través del cual se da una síntesis agrometeorológica y fenológica de los cultivos, comportamiento de los índices agrometeorológicos (índice de humedad) y una tendencia agrometeorológica con los valores esperados para la próxima década, de las necesidades de agua, lluvia efectiva y el suministro de agua en los valles agrícolas para cultivos de mayor importancia económica y social.

- Condiciones agrometeorológicas actuales, en las principales Regiones y Valles del Perú (cada diez días)

Se presentan las condiciones meteorológicas y fenológicas por regiones de los principales valles productores del Perú. Se muestran las condiciones térmicas (respecto a su normal), temperaturas diurnas y nocturnas y su variación decadal, temperaturas extremas y absolutas, anomalías de temperatura máxima y mínima, Número de días con heladas meteorológicas, demanda hídrica del medio Eo (mm/día), precipitación pluvial (mm/día), días de lluvia durante la década, índice de humedad y su variación decadal y fenología (cultivo, fecha de siembra o foliación, fase y momento).

- Boletín Agroclimático del Perú (mensual)

Contiene información detallada tanto básica como derivada en cuadros y mapas sobre las condiciones agrometeorológicas en que se han desarrollado los cultivos agrícolas en los valles y regiones del territorio nacional, durante el mes anterior, incidiendo en los elementos hidrometeorológicos que han impactado en la evolución de los mismos, así como dentro del aspecto sanitario los elementos que hayan favorecido la aparición o incremento de plagas y enfermedades

- Pronóstico Agrometeorológico para el Valle del río Mantaro (cada diez días)

En él se informa sobre las condiciones agrometeorológicas de la década pasada, se da el pronóstico termoplumiométrico y los valores decadiarios esperados de temperaturas, humedad relativa y precipitación obtenidos en base a los percentiles y por último el comportamiento del índice de humedad.

- Seguimiento de las condiciones Agrometeorológicas del valle de Cañete (cada diez días)

El boletín consta de dos partes: en la primera se analiza las condiciones agrometeorológicas del valle de Cañete, relacionando sus efectos en los diferentes estados fenológicos de los principales cultivos del valle, así como en el desarrollo de las plagas y enfermedades durante la década. En la segunda parte se realiza una predicción de los parámetros meteorológicos principales del clima para la próxima década, que más influye en el desarrollo de las diferentes fases fenológicas del cultivo y su posible incidencia en la proliferación de plagas y enfermedades

Potencial para el uso de Productos Agrometeorológicos mejorados en el Perú

Todos los procesos de la producción agropecuaria dependen del comportamiento del clima y el tiempo, es así que en el Perú, el éxito de la agricultura en tierras de temporal depende fundamentalmente de la bondad del clima. Una buena temporada de lluvias, aunada a

condiciones adecuadas de temperatura y ausencia de eventos extremos (sequías, heladas, granizadas, olas de calor, etc.) garantizan el éxito de los productores. Sin embargo estos elementos no son una constante en el territorio peruano, sino por el contrario, presentan gran variabilidad que en muchas ocasiones causan grandes pérdidas.

En ese sentido en los últimos años ha crecido la demanda de servicios agrometeorológicos, principalmente de la provisión de datos de alta calidad en tiempo real, pronósticos del tiempo más descriptivos y precisos, para el sector agropecuario, y sobre el posible nivel de rendimientos de los cultivos como respuesta a las condiciones meteorológicas y disponibilidad del recurso hídrico. Esta demanda, viene sobre todo de los agricultores, que están comprendiendo cada vez más la importancia de utilizar datos sobre el tiempo y el clima para mejorar la rentabilidad de la producción.

Por otro lado, las autoridades del sector agrario, en sus diferentes niveles, han comprendido que la predicción confiable del impacto del clima en el crecimiento y la producción de cultivos, es un valioso instrumento para la planificación agrícola, permitiendo modificar oportunamente los programas de importación, exportación, distribución y almacenamiento de cosechas y así garantizar un mejor abastecimiento, en condiciones más ventajosas.

Frente a este reto el SENAMHI-Perú a partir del año 1998 ha reforzado su sistema hidrometeorológico, para lo cual ha instalado 76 estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas, 3 equipos de viento radio sonda, ha modernizado su sistema de comunicaciones a través del satélite GOES, está sistematizando la información Hidrometeorológica y fénologica y ha implementado modelos de:

Pronóstico del tiempo

Comportamiento de las principales variables meteorológicas en tres a cinco días

- Modelo ETA
- Modelo RAMS
- Modelo HYPACT

Pronóstico climático

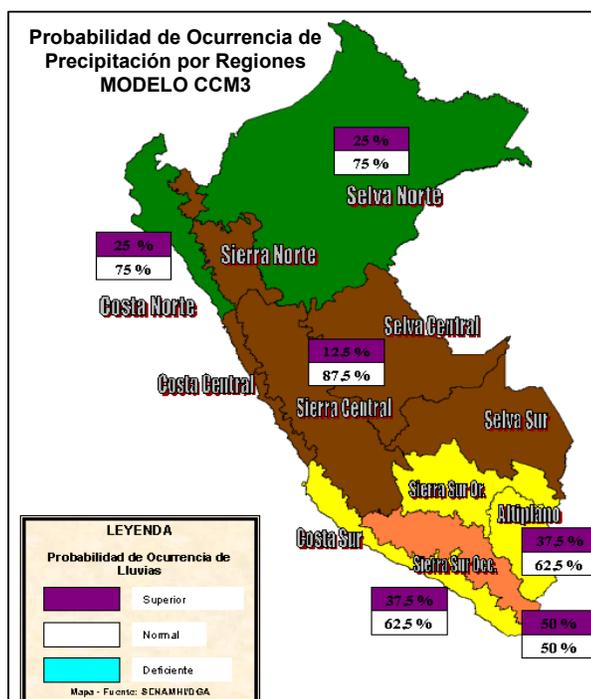
Comportamiento de las variables meteorológicas en el próximo mes, estación o año, a fin de asesorar a los órganos de toma de decisiones en caso de eventos extremos como El Niño y La Niña.

- Modelo CCM3
- Modelamiento con "ensembles"
- Downscaling CCM3-RAMS

Pronóstico Hidrológico

Comportamiento de los ríos expresado en caudales para un corto y largo plazo.

- Modelo Sacramento-HFS
- Modelo EHF
- Modelo HEC RAS



Pronósticos Estacional e Interanual del Clima y su Aplicación en los Sectores de Agricultura, Silvicultura y Pesquería

El Senamhi desde el año 2000 viene realizando pronósticos estacionales en forma dinámica mediante la corrida del modelo CCM3 para un periodo de 9 meses (siendo más confiable durante los primeros 4 meses) debido a que la naturaleza es caótica y entonces afecta el skill del modelo a mas largo plazo. Con este modelo que produce condiciones a macroescala, 200Km por grilla. Este modelo se está utilizando para la detección de eventos extremos como el Fenómeno El Niño así como para obtener la probabilidad de ocurrencia de precipitación por regiones

Así mismo corremos un modelo regional con mayor resolución, que nos dá en mayor detalle las condiciones termpluviométricas (downscaling dinámico). Para mejorar las predicciones con este modo, se realiza escenarios (ensambles) modificando las condiciones iniciales muy ligeramente pero por capacidad de infraestructura se realizan 4 escenarios.

Los ensambles generan diversos escenarios climáticos y nos reduce la incertidumbre en pronósticos de largo plazo, mientras que los Downscaling CCM3-RAMS nos permiten incrementar la resolución de los modelos globales e Identificar cambios a escala climática y regional así como proporciona información adecuada para inicializar modelos hidrológicos. Con este modelo se están trabajando en forma operativa en las cuencas de los ríos Urubamba y Cañete.

Así también se realiza el pronostico estacional mediante el uso de índices Estadísticos, en este caso hacemos uso de algunas herramientas como las Funciones Ortogonales Empíricas entre la zona de estudio y el Pacífico Occidental ecuatorial para encontrar algunos índices estadísticos los cuales nos servirán para el pronostico de lluvia en especial en un periodo de 4 meses.

En relación a los pronósticos interanuales, recién se está trabajando a través del proyecto de regionalización de escenarios climáticos para el Perú para los próximos 50 años. Para los cuales estamos utilizando las salidas globales de los escenarios climáticos en concordancia con el IPCC.

La utilización de estos modelos en la agricultura están en sus inicios, se utilizan básicamente para el pronóstico de las diferentes variables como es el caso de las cuencas de los ríos Cañete y Urubamba.

Cómo mejorar el Uso del Pronóstico Estacional e Interanual para Reducir la Vulnerabilidad de la Agricultura, la Silvicultura y la Pesquería en el Perú

Los pronósticos tienen una amplia variedad de aplicaciones en las diferentes actividades como la pesquería, silvicultura, comercio, transporte, agricultura, etc. Sin embargo el sector agrícola, es uno en que más influencia tienen los factores meteorológicos, ya que no sólo influye en él indirectamente, sino que es una entrada en su producción. Actualmente, el sector agrícola es uno de los más dinámicos, la utilización de información meteorológica específica es un factor importantísimo, ya que origina una serie de ventajas competitivas muy importantes.

De lo manifestado anteriormente y teniendo presente el requerimiento de los usuarios y con la finalidad de mejorar el uso de los pronósticos, estos deben estar orientados a:

Decisores de política

- Uso de los pronósticos climáticos para el planeamiento de la campaña agrícola.
- Uso de la información meteorológica y agrometeorológica para el seguimiento y evaluación de la campaña: programas de emergencia ante sequías, inundaciones, exceso de humedad, heladas y granizadas, entre otros.

Productores

- Perspectivas de lluvias al inicio de la campaña.
- Ocurrencia de veranillos durante la época lluviosa.
- Ocurrencia de heladas y granizadas.
- Lluvias en el periodo de floración, maduración y cosecha.

Asimismo es necesario indicar dos aspectos fundamentales en relación a la utilización de los pronósticos en la agricultura:

- Planificación del riego, la agricultura es el principal consumidor de agua en el Perú, principalmente la costa, esto unido a algunas zonas agrícolas de la sierra que destacan por la escasez pluviométrica, la utilización de predicciones meteorológica a medio plazo, es una información importantísima para su planificación y optimización del uso del agua.
- Planificación contra las plagas y/o enfermedades agrícolas, uno de los principales problemas con los que se enfrenta una plantación es el ataque de plagas y/o enfermedades. Las mismas que son muy influenciadas por las temperaturas, humedad, etc. y en determinadas condiciones meteorológicas éstas proliferan con más facilidad. Por todo esto la disponibilidad y utilización de predicciones meteorológicas específicas a medio plazo, da una ventaja respecto a la aparición de la plaga y/o enfermedad, permitiendo realizar una predicción (modelización) del desarrollo de esta y así luchar eficientemente contra ella.

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta, es que estos pronósticos tienen lenguaje muy técnico, frente a esto es necesario trabajar en forma conjunta con entidades encargadas del sector agrícola y así poder difundir estos pronósticos en el lenguaje cotidiano que manejan los usuarios principalmente los agricultores.

Recursos y Estrategias requeridas para la Promoción de Esfuerzos Sostenidos en CLIPS y la Investigación y Usos Agrometeorológicos en el Perú

En el Perú es posible reducir el impacto económico negativo de las fluctuaciones en la producción siempre y cuando se proporcione al protagonista principal de la actividad agrícola- el agricultor y a la autoridad del sector agrario en sus diferentes niveles – la información y alerta oportuna sobre la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos adversos a la actividad agrícola en su conjunto y sobre el posible nivel de rendimientos de los cultivos como respuesta a las condiciones meteorológicas y disponibilidad del recurso hídrico.

La alerta temprana sobre el impacto del clima en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, permite planificar la distribución de la producción nacional en caso de una anomalía a nivel regional, como también planificar la importación o exportación, si se prevé una producción deficitaria o en exceso a la demanda interna del país.

Frente a esta problemática el CLIPS juega un rol importante en el desarrollo y capacitación de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos en el área de información/predicción climática y sus distintas aplicaciones. Sin embargo es necesario remarcar algunos requerimientos para la región y el SENAMHI:

- Intercambio sostenido de conocimientos, experiencias e información entre los servicios meteorológicos en materias de climatología y agrometeorología.
- Estandarizar los productos, servicios, métodos y procedimientos climáticos y agroclimáticos.
- Capacitación en pronósticos meteorológicos y climatológicos para la agricultura.
- Mejorar escenarios climáticos: aumentando el grado de certeza de los pronósticos climáticos y su ubicación en el espacio agropecuario

- Disponibilidad de directivas sobre el control de calidad, homogenización e interpolación de la información climática y agroclimática.
- Contar con definiciones comunes de eventos extremos y definir índices desde en términos de escalas y umbrales
- Iniciar estudios regionales con respecto a climas extremos y su incidencia en la agricultura
- Definir metodologías para el análisis de eventos extremos
- Definir índices que permitan detectar la tendencia y los posibles cambios del clima y su relación con la agricultura.
- Promover los servicios de información y de predicción climática
- Reforzar las capacidades de investigación, comunicación interdisciplinaria y la cooperación internacional.
- Realizar Simposios, Talleres, Foros sobre aspectos regionales del clima, variación climática y cambio climático – Avances en investigación.
- Determinar índices e indicadores agrometeorológicos.
- Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a los pronósticos y a la agrometeorología.

Bibliografía

- Alarcón C. 1995. *Estudio de las Sequías en el Departamento de Puno*. Lima-Perú.
- Brack A. y Mendiola C. 2000. *Ecología del Perú*. Lima-Perú.
- Consejo Nacional del Ambiente (CONAM). *Perú: Vulnerabilidad frente al Cambio Climático. Aproximaciones a la experiencia con el fenómeno El Niño*. Diciembre de 1999. Lima-Perú.
- Doorembos. J. y W.O. Pruitt, 1990. *Las necesidades de Agua de los Cultivos*. FAO. Roma.
- FAO/GCP/PER/033/NET.1998. *Manejo de Plantaciones Forestales*. Lima-Perú
- FAO-OMM 1992. *Curso de Uso de Datos Climáticos para la Planificación y Manejo Efectivo del Riego*. Piura-Perú
- Frere M. y Popov G. 1986. *Pronostico Agrometeorológico de rendimientos de cultivo*. FAO. Roma.
- H. Dommermuth 1990. *Study on Requirements to be met by an Agrometeorological service in countries whit Highly developed industries*. CAgM Report N° 45.
- International Research Institute (IRI). *Proceeding of the International Prediction, Agricultural and Development*. April 26-28 2000. New York USA.
- INRENA. 1995. *Perú Forestal en números año 1993*. Ministerio de Agricultura. Lima-Perú.
- OMM. *Actas de la reunión de expertos de las Asociaciones Regionales III y IV sobre fenómenos adversos*. Caracas Venezuela 12-14 de julio de 1999.
- OMM, 1982. *Guía de Prácticas Agrometeorológicas, 1ra Edición*, OMM N°134. Ginebra.
- OMM, 1988. *Compendio de apuntes para la formación de Personal Agrometeorológico de las clases II y III*, OMM N° 551, Ginebra.

- OMM-NAPPO, 1993. *Actas del Coloquio Agrometeorología y Protección de Plantas*. Paraguay.
- OMM 1988. *Aspectos Agrometeorológicos de la Protección Operativa de Cultivos*. OMM Nota Técnica N°192. Ginebra.
- Sánchez W. 1982. *Uso de los Recursos Agroclimáticos. Cuadernos de Física y Meteorología*. UNALAM vol-7. Lima-Perú.
- WMO, 1993. *Practical Use of Agrometeorological Data and Information for Planning and Operational Activities in Agriculture*. CAgM Report N°60. Ginebra.

Revisión de las Aplicaciones Agrometeorológicas Actuales y del Potencial Futuro en Venezuela

Adriana Cortez y Ingrid Oliveros
INIA-CENIAP-RA, Maracay, Venezuela

Venezuela está ubicada geográficamente en la región norte de Sudamérica, donde la precipitación recibida varía desde menos de 300 mm a más de 5.000 mm, en un área que presenta una enorme variabilidad fisiográfica: las cuencas del Amazonas y del Orinoco, zonas planas (Los Llanos Colombianos y Venezolanos) y zonas montañosas (Andes Colombianos y Venezolanos y la Cordillera de la Costa en Venezuela).



Debido a su configuración y ubicación, Venezuela es un país con gran diversidad de zonas climáticas, producto del comportamiento de los elementos meteorológicos (radiación, temperatura, precipitación, evaporación, humedad atmosférica, nubosidad, viento) integrado con los factores de continentalidad, relieve, altitud y latitud. En el país se encuentran climas del Árido al Muy Húmedo, según la clasificación de Thornthwaite, y aunque predominan los climas cálidos, se encuentran pisos térmicos del Templado al Gélido.

Venezuela se ubica entonces entre las Altas Presiones Calientes y Secas del Atlántico Subtropical, relacionadas con déficit de lluvias; y las calientes y húmedas Bajas Presiones Ecuatoriales, relacionadas con frecuentes precipitaciones intensas. Como estos sistemas son móviles, al trasladarse sobre Venezuela producen la Temporada de Lluvias entre abril y noviembre, y la Seca entre noviembre y marzo.

Dentro de los principales factores que influyen en la variabilidad climática en el país se encuentran: La zona de la convergencia intertropical de los alisios (ZCIT); la cual tiene una marcada influencia de la ZCIT al igual que una dependencia estacional, donde predomina un efecto de brisa mar tierra en el Noreste de Sudamérica. Se forma así, durante la Temporada de Lluvias (abril a noviembre), una franja de nubosidad sobre la costa de Guyana y sobre el Nororiente de Venezuela. Paralelamente, más tierra adentro, también se forma una zona de mayor actividad influenciada por la ZCIT.

Vaguadas o trough: Las Vaguadas en la altura se pueden presentar en Venezuela en cualquier época del año; sin embargo, se hacen más frecuentes en el período de noviembre a Abril. Ellas producen situaciones de relativo buen tiempo en la parte trasera de la Vaguada (lado Oeste), relativo buen tiempo pero con explosivas formaciones de nubes de tormentas en sitios locales y de muy corta duración en las tardes, con su eje (parte Central); y situaciones de cielos cubiertos y frecuentes lluvias en una banda donde el viento se acelera en la altura, delante de la Vaguada.

Las principales características climáticas difieren en las distintas regiones del país.

Sistema coriano.

- Corresponde a la región más árida del país.
- Clima semiárido.
- Precipitación de de 500 a 600mm/año.
- Temperatura anual varía de 27°C a 24°C.
- La humedad relativa es de 75%.

Sur de Venezuela.

- Climas muy húmedos a húmedos.
- Calidos excepto la zona montañosa.
- Amazonas, sur de Bolívar se presentan lluvias abundantes y constantes de más de 3.000mm/año.
- No hay temporada seca.



Los Andes.

- Clima variado muy húmedos a subhúmedos, y de calidos a gelidos.
- Lluvias irregular-mente distribuidas.
- Temperaturas variables según el piso

Llanos Occidentales

- Período lluvioso dura 8 meses (abril a noviembre)
- Período seco apenas 4 meses (diciembre a marzo)

Llanos Centrales

- .Período lluvioso es de 6 a 7 meses, de mayo a octubre
- .Periodo seco de 5-6 meses, de noviembre a marzo

Llanos Orientales

- .Período lluvioso es el más corto 5 meses (junio a octubre)
- .Período seco dura 7 meses (noviembre a mayo)
- .La temperatura promedio anual es de 27°C, máximas 33°C y mínimas medias de 22°C

Los Llanos.

- 25% de la superficie total del país.
- Clima del húmedo al subhúmedo seco.
- Lluvia elevada en los llanos occidentales, disminuye hacia los llanos centrales y orientales.

Según Rodríguez y Rey (2003), Venezuela comprende 10 ecosistemas frágiles en relación a la actividad agrícola del país. Dichos ecosistemas resultaron de la combinación de la información de altitud, relieve, precipitación, drenaje y fertilidad y zonas de vida según Holdrige. Se utilizó el sistema de información geográfica ArcView 3.2 como herramienta fundamental, tomando en cuenta los procesos de degradación de tierras más comunes que ocurren en el país. En tal sentido los ecosistemas resultantes son; una zona montañosa con una altitud > 500 msnm que ocupa el 29,1% del territorio nacional cuya principal limitante es la erosión. Una zona baja con altitudes menores de 500 msnm que ocupa el 70,9% y que se divide en una zona Seca tropical con un 5,4% con precipitaciones medias menores de los 600mm donde sus principales limitantes son la erosión y salinidad, una zona Subhúmeda con precipitaciones medias entre 600 a 1800mm que ocupa un 37,9% del país, cuyos principales problemas son en algunas áreas, es la baja

fertilidad y en las zonas más bajas las inundaciones y una zona Húmeda con precipitaciones medias > 1800 msnm que abarca un 27,5% del territorio Nacional con problemas de baja fertilidad y degradación biológica y física de los suelos.

La Agricultura, Silvicultura e Industrias Pesqueras en Venezuela

Rasgos Generales de la Agricultura Venezolana

La agricultura es el sector más afectado en Venezuela como consecuencia de las variabilidades climáticas asociadas al Fenómeno El Niño. En general, la agricultura venezolana se desarrolla en un ambiente físico-natural que limita el desarrollo de actividades. Solo el 4,04% de la superficie del país (3.700.000 ha) se destina a actividades agrícolas, de las cuales 1.400.000ha corresponden a uso intensivo. Geográficamente las tierras agrícolas se encuentran en la región Centro-Occidental (55%), siguiéndole en importancia Los Andes y la Región Nororiental. Las actividades pecuarias ocupan el 28,4% de la superficie, de las cuales solo 2,6 millones se corresponden a usos intensivos. Más de la mitad de las áreas pecuarias se ubica en la región de los llanos centrales (37%) y en la de Guayana (17%), con características de explotación extensiva.

Existe una correspondencia entre la calidad de los suelos y el tipo de agricultura pero son los factores climáticos los que inciden más en la agricultura que se ha establecido en los diferentes ambientes, debido a la dependencia de la precipitación.

La agricultura venezolana presenta así varias modalidades de explotación:

- Agricultura en la que se aprovecha el período de lluvias, principalmente cereales.
- Agricultura de secano que aprovecha el agua acumulada en el subsuelo, plantaciones de caña de azúcar, coco y cacao, y conucos laguneros).
- Agricultura de riego que aprovecha el agua almacenada. Este tipo de agricultura cubre apenas unas 400.000 has.

Debido a la homogeneidad en la temperatura durante el año (variabilidad no mayor a 3°C en promedio), éste no es un factor climático normalmente limitante para el desarrollo agrícola en el país.

Las irregularidades de la lluvia en las zonas áridas y semiáridas así como en grandes extensiones de los llanos, afectan permanentemente la producción de ciertos renglones y la productividad ganadera. Un retraso o adelanto en las lluvias afecta las cosechas de secano; el comportamiento esporádico o persistente de las lluvias así como su escasez o abundancia durante el ciclo, inciden en el desarrollo biológico de las especies y en la rentabilidad.

En términos del comportamiento de los renglones afectados, los impactos se focalizaron por zonas y las limitaciones más importantes para la región de los llanos occidentales en el ciclo de siembra de 1998 fueron las siguientes:

- Retraso en la siembra del maíz en algunas localidades.
- Fuertes ataques de cogollero en las siembras de maíz.
- Cambios bruscos de temperatura y humedad que crearon condiciones favorables para el desarrollo del hongo *Rhizoctonia*, el cual afectó por sectores algunas siembras.

Los resultados de la producción agrícola en Venezuela están relacionados con las condiciones climáticas y su estabilidad, sobre todo considerando la elevada proporción de agricultura de secano que se produce en el país. Existen en Venezuela debilidades para incorporar el conocimiento del clima en las prácticas agrícolas, a saber:

- No existe un manejo regular de datos orientados a los requerimientos del sector agrícola.

- Las diferentes fuentes de información no se complementan entre si. Si bien Venezuela cuenta con numerosas instituciones que registran información climática en diferentes partes del territorio nacional, no se ha logrado hasta ahora la complementación de todas estas fuentes para generar una información más completa, debido a que no cuentan con una plataforma que permita esta integración.
- No se cuenta con información periódica desagregada a nivel territorial. En el país han sido descontinuadas o generan información incompleta o poco confiable, lo que ha significado que muchas zonas agrícolas o con potencial para ello, no dispongan de información requerida para orientar las decisiones de producción o para establecer pronósticos relacionados con la producción, con el clima y con las relaciones entre ambos.
- No se cuenta con información a tiempo real. Esta deficiencia es indicativa del poco uso que se puede hacer de la información para la toma de decisiones durante los ciclos de cultivo, la entrada y salida de las lluvias; y en el caso de anomalías climáticas, del desarrollo de los eventos para su consideración a nivel de las explotaciones o del estado.
- No existen registros representativos en todo el territorio nacional, lo que es fundamental para la adecuación de los desarrollos agrícolas en cada uno de ellos. Esta vulnerabilidad también impide la toma de decisiones a nivel espacial cuando se trata de eventos que impactan parte del territorio nacional.
- Predominio de prácticas de agricultura de secano, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a variaciones climáticas.
- No existe cultura preventiva ni de sostenibilidad a nivel de la mayoría de los agricultores.
- Los programas de asistencia técnica solo están dirigidos a los pequeños productores y no cubren todo el país. Dicha asistencia debe incorporar la prevención. Existe muy poco apoyo estatal en asistencia técnica y otros mecanismos.

En los cuadros 1, 2, y 3 se presenta la evolución del área cosechada, del rendimiento medio y de la producción de cereales, granos leguminosas, raíces y tubérculos, frutas, hortalizas y cultivos de plantaciones. En el caso de los cereales se observa un importante crecimiento de área cosechada entre 1996 y 2001 especialmente para el maíz y mucho mas moderada para el sorgo. El rendimiento en kilogramos por hectárea crece sustancialmente en ambos rubros, es necesario destacar el incremento en rendimiento del sorgo que durante este periodo alcanza 2.455 Kg. y que de manera inequívoca se testimonia que ciertamente es un cereal tropical, es decir que se comporta bien en los agroecosistemas venezolanos. También el maíz mejora notoriamente quien pasa de 2770 kg/ha a 3449 Kg/ha en este periodo. En el mismo cuadro se evidencia una disminución del área cosechada de granos leguminosas; la producción de raíces y tubérculos ha mostrado un vigoroso crecimiento, todo esto a pesar de que se ha mantenido la superficie cosechada durante los años considerados. El rendimiento de la papa, el rubro mas dinámico del grupo muestra un rendimiento en el año 99 de 19.273 kg/ha. Llama la atención el lento crecimiento de los frutales el platano presenta un crecimiento moderado en la superficie cosechada, producción y el rendimiento; y para los rubros como el café y cacao el rendimiento nacional es marginal. Y en los cuadros 4, 5 y 6 se presenta la superficie, el rendimiento y la producción de los rubros anteriormente mencionado por entidad federal

Cuadro 1. Superficie cosechada (rubros seleccionados- hectáreas)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Subsector vegetal						
Cereales						
Maíz	365.990	423.557	354.958	366.952	482.667	522.252
Sorgo	201.627	185.492	182.803	156.298	286.697	265.363
Granos leg.						
Caraota	22.389	22.166	22.545	17.083	17.218	15.673
Frijol	19.842	19.615	18.964	17.905	13.965	12.017
Oleaginosas						
Algodón	32.432	48.106	37.191	30.014	14.538	15.069
Soya	2.175	2.259	2.020	1.893	1.691	1.610
Coco	24.582	24.532	24.045	25.376	23.102	21.089
Palma aceit.	27.813	28.135	25.000	24.956	24.711	25.105
Raíces y tub.						
Yuca	32.083	39.479	41.569	44.582	45.411	47.447
Papa	18.553	17.902	21.525	19.927	19.854	18.702
Frutas						
Cambur	50.113	51.947	45.117	45.709	44.629	41.097
Naranja	35.577	35.523	29.671	29.348	31.084	33.017
Mango	9.171	9.329	9.125	8.890	8.508	5.093
Platano	63.280	61.304	65.126	63.020	65.092	67.125
Hortalizas						
Tomate	12.106	12.535	10.716	11.039	10.974	8.939
Zanahoria	5.954	7.449	7.941	7.162	7.032	6.628
Pimentón	4.795	4.917	6.015	6.205	5.381	4.330
Cebolla	4.874	6.307	9.142	9.374	7.891	10.318
Plantación						
Café	183.583	179.367	201.301	220.258	226.863	233.873
Cacao	61.332	62.085	60.746	50.898	56.644	53.706
Totales	1.178.271	1.242.006	1.175.520	1.156.889	1.393.951	1.408.453

Fuente: Dirección de Estadística del M.A.C.

Cuadro 2. Producción cosechada (rubros seleccionados-t/ha)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Subsector vegetal						
Cereales						
Maíz	1.033.292	1.199.219	983.121	1.149.452	1.689.551	1.801.061
Sorgo	436.320	420.996	448.871	363.874	581.526	554.064
Granos leg.						
Caraota	17.099	18.633	17.454	13.891	14.758	12.788
Frijol	14.197	13.025	13.687	13.338	10.663	9.280
Oleaginosas						
Algodón	42.348	59.291	43.066	37.545	16.823	14.082
Soya	6.345	6.518	5.680	5.207	4.495	4.437
Coco	153.600	131.158	133.075	128.420	111.076	105.801
Palma aceit.	255.054	316.022	338.714	336.260	372.658	348.295
Raíces y tub.						
Yuca	336.342	408.992	519.044	593.996	570.564	605.537
Papa	320.708	322.141	371.312	384.050	341.662	329.214
Frutas						
Cambur	1.026.134	1.122.693	812.921	788.332	763.635	735.079
Naranja	542.936	513.709	475.023	462.579	496.768	456.495
Mango	137.584	143.403	136.257	132.460	130.262	74.982
Platano	525.723	504.109	615.095	605.225	847.579	766.704
Hortalizas						
Tomate	248.174	261.476	213.539	220.805	213.064	181.697
Zanahoria	155.744	217.858	237.628	213.222	184.424	177.642
Pimentón	61.381	62.009	86.577	87.222	77.724	62.232
Cebolla	104.244	136.455	222.367	199.816	175.228	235.999
Plantación						
Café	73.026	63.000	66.840	79.854	78.440	91.877
Cacao	17.124	18.529	17.965	13.918	16.126	15.834
Totales	5.507.375	5.939.236	5.758.236	5.829.466	6.697.027	6.583.100

Fuente: Dirección de Estadística del M.A.C.

Cuadro 3. Rendimiento por Rubros (seleccionados- kg/ha)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Subsector vegetal						
Cereales						
Maíz	2.823	2.831	2.770	3.132	3.500	3.449
Sorgo	2.164	2.270	2.455	2.328	2.028	2.088
Granos leg.						
Caraota	764	841	774	813	857	816
Frijol	716	664	722	745	764	772
Oleaginosas						
Algodón	1.306	1.233	1.158	1.251	1.157	935
Soya	2.917	2.885	2.812	2.751	2.658	2.756
Coco	6.248	5.346	5.534	5.061	4.808	5.017
Palma aceit.	9.170	11.232	13.549	13.474	15.081	13.874
Raíces y tub.						
Yuca	10.483	10.360	12.486	13.324	12.564	12.762
Papa	17.286	17.995	17.250	19.273	17.209	17.603
Frutas						
Cambur	20.476	21.612	18.018	17.247	17.111	17.886
Naranja	15.261	14.461	16.010	15.762	15.981	13.826
Mango	15.002	15.372	14.932	14.900	15.311	14.723
Platano	8.308	8.223	9.445	9.604	13.021	11.422
Hortalizas						
Tomate	20.500	20.860	19.927	20.002	19.415	20.326
Zanahoria	26.158	29.247	29.924	29.771	26.226	26.802
Pimentón	12.801	12.611	14.394	14.057	14.445	14.372
Cebolla	21.388	21.635	24.324	21.316	22.206	22.873
Plantación						
Café	398	351	332	363	346	393
Cacao	279	298	296	273	285	295
Totales	194.449	200.328	207.111	205.446	204.974	202.989

Fuente: Dirección de Estadística del M.A.C.

Cuadro 4. Superficie cosechada por entidad federal (rubros seleccionados- hectáreas)

Entidad Federal	Cereales		Granos leg.		Oleaginosas				Raíces tub.		Frutas				Hor		
	Maíz	Sorgo	Caraota	Frijol	Algodón	Soya	Coco	Palma acet.	Yuca	Papa	Cambur	Naranja	Mango	Platano	Tomate	Zan	
Amazonas	*	*	3	35	*	*	*	*	611	*	*	*	75	*			
Anzoátegui	12.355	6.020	14	22	870	354	*	*	724	*	*	96	110			140	
Apure	21.618		2716	3.598	5.612	*	*	46	2.173	*	232	1	*	260		355	
Aragua	15.047	11.872	32	19	*	*	*	*	10	294	3.316	854	1.200	195		387	
Barinas	58.028	10.163	4.037	1.877	1.396	122	*	*	8.767	*	1.787	*	5.617			667	
Bolívar	16.940	630	414	625	2.808	*	*	*	8.730	*	2.039	1.649	232	3.841		143	
Carabobo	1.115	*	107	47	*	*	943	*	105	810	297	10.758	200	140		153	
Cojedes	20.635	16.950	175	388	*	*	*	*	2.576	*	250	950	650	50		550	
Delta Amacuro	56	*	4	7	73	*	164	*	29	*	*	*	11			*	
Falcón	975	1.223	448	76	*	*	7.363	*	47	*	30	1.585	*	6		202	
Guárico	141.957	113.297	2.264	2.807	3.782	250	*	*	1.816	*	320	81	1.560	1.026		816	
Lara	3.531	3.061	787	5	*	*	*	*	5	3.804	*	*	*			1.623	
Mérida	660		308	*	*	*	*	*	476	8.109	1.334	100	*	3.896		298	4
Miranda	1.125	*	995	198	*	*	522	*	4.182	*	5.185	1.415	325	4.387		69	
Monagas	10.828	8.730	95	117	488	458	*	9.456	3.385	10	1.315	2.815	470	298		177	
Nueva Esparta	35	*	*	20	*	*	*	*	34	*	*	*	*	*		50	
Portuguesa	183.656	83.126	1.020	1.300	*	426	*	*	5.811	*	*	*	*	*		993	
Sucre	2.061	*	717	122	*	*	10.624	*	1.763	*	1.691	233	*	290		205	
Táchira	698	*	539	212	*	*	*	*	241	1.992	3.241	668	*	830		894	!
Trujillo	4.797	3.560	314	*	*	*	*	*	1.958	3.683	12.090	461	43	6.714		505	1
Yaracuy	25.270	3.639	538	332	40	*	222	2.847	632	*	1.177	11.271	100	1.522		502	
Zulia	865	3.092	146	210	*	*	1.251	12.756	3.117	*	3.793	80	58	37.890		122	
Vargas	*	*	*	*	*	*	*	*	255	*	3.000	*	145	77		88	
Total	522.252	265.363	15.673	12.017	15.069	1.610	21.089	25.105	47.447	18.702	41.097	33.017	5.093	67.125	8.939	6	

Cuadro 5. Producción cosechada por entidad federal (rubros seleccionados - t/hectáreas)

Entidad Federal	Cereales		Granos leg.		Oleaginosas				Raíces tub.		Frutas				Hc	
	Maíz	Sorgo	Carota	Frijol	Algodón	Soya	Coco	Palma acet.	Yuca	Papa	Cambur	Naranja	Mango	Platano	Tomate	Za
Amazonas			2	18					6.441					772		
Anzoátegui	30.825	13.650	7	12	972	1.240			9.128			1.014	1.400			2.115
Apure	64.847		2.173	2.908	4.487			594	28.344		6.122	12		2.260		6.936
Aragua	42.975	30.000	43	16					106	4.227	147.816	4.569	18.425	1.520		10.220
Barinas	236.241	18.292	3.683	1.454	1.513	85			120.407		13.943			43.281		10.040
Bolívar	50.830	1.575	290	432	3.364				105.480		21.400	16.552	3.265	44.188		1.712
Carabobo	4.005		81	32			5.410		1.245	12.700	2.845	146.311	1.800	1.923		2.609
Cojedes	76.376	33.420	66	250					15.982		1.777	12.714	9.750	380		13.750
Delta A.	133		3	6	130		730		555					144		
Falcón	1.182	3.697	325	47			41.235		641		294	19.285		84		4.337
Guárico	399.175	256.461	2.089	2.290	3.091	1.034			17.336		5.760	721	23.712	12.162		23.664
Lara	8.751	7.147	748	3					200	46.124						30.237
Mérida	1.190		368						7.322	179.987	19.290	1.285		44.776		5.415
Miranda	1.346		578	150			5.766		59.385		81.406	26.836	3.830	40.355		1.183
Monagas	30.318	21.826	76	115	475	1.861		140.728	40.620	180	24.985	33.780	7.525	3.576		3.549
Nueva E	49			18					408							1.413
Portuguesa	758.159	138.585	518	904		217			58.927							15.695
Sucre	3.718		396	67			43.718		22.433		21.281	1.905		1.603		2.483
Táchira	1.117		522	233					3.142	29.601	36.154	9.043		10.951		17.132
Trujillo	8.659	8.895	257						43.949	56.395	262.941	8.306	816	141.469		15.741
Yaracuy	79.937	10.303	470	193	50		1.442	43.852	6.703		11.803	173.383	1.209	15.294		7.819
Zulia	1.228	10.213	93	132			7.500	163.121	52.930		37.932	779	865	400.702		3.416
Vargas									3.853		39.330		2.385	1.264		2.231
Total	1.801.061	554.064	12.788	9.280	14.082	4.437	105.801	348.295	605.537	329.214	735.079	456.495	74.982	766.704	181.697	1

En cuanto al subsector pesquero; se estima que el espejo de agua de río y lagunas en el sur del país es de aproximadamente 560.000 ha y unas 700.000 ha de embalses. Estas características proporcionan al país una gran variabilidad de ambientes acuáticos y diversidad de recursos pesqueros. Sin embargo, hasta 1980, las capturas en el país solo totalizaban unas 180.000 t. En la década de los ochenta, se incrementa vigorosamente la actividad pesquera, alcanzando la 336.000 t en 1989, tendencia que se acentúa en los años noventa hasta alcanzar las 516.650 t en 1995. las capturas casi se triplican en los 15 años referidos (1980-1995). Esta evolución francamente favorable coloca al subsector pesquero en el presente como el más dinámico de la agricultura nacional, lo cual ha permitido pasar de los 13,6 kg de capturas del año 1989 a 23,6 kg en 1995. Como aspectos resaltantes tenemos:

- Las capturas marítimas artesanales se incrementan en 84,9 % entre 1990 y 1995, mientras las capturas marítimas de altura se reducen en 33 %.
- En ese mismo periodo, las capturas fluviales se incrementan 3.7 veces, testimoniando el enorme potencial pesquero de los ríos y otros cuerpos de agua dulce presentes en el territorio nacional.
- La acuicultura, si bien puede considerarse todavía incipiente, se está desarrollando con fuerza, al pasar de 638 t en 1990 a 5.693 t en 1995. Muestra que, para 1995, las capturas marítimas nacionales, que totalizan 440.065 t, se concentran en 91.5 % (404.589 t) en los estados Sucre, Zulia, Nueva Esparta y Falcón, correspondiendo 54,5% del total nacional del estado Sucre y el 72,0 % de ese mismo total al oriente del país. Aproximadamente 70 % de las capturas totales se destinan a consumo humano, mientras que el remanente se utiliza para otros propósitos, especialmente fabricación de harina de pescado destinada a alimentación animal, y considerando también que 20.220 t de las capturas marinas totales fueron a puertos extranjeros.

Quizás, la mayor categorización que se puede intentar para el sector agrícola incluya la agricultura para la producción de alimentos y la agricultura para la producción de fibras. En la primera categoría, entran los dos subsectores antes referidos vegetal y pesquero mientras que el subsector forestal se orienta fundamentalmente a la producción de fibras. Los dos primeros constituyen la base de la alimentación humana y animal mientras que este último soporta, por una parte, la producción de madera para muebles, vivienda, empaques y multiplicidad de utensilios y artesanías para los más variados usos y destinos, y por otra la producción de papel y cartón constituyendo este un elemento fundamental para la educación, la cultura, la comunicación y diversidad de otros usos y propósitos en la vida diaria, para el empaque y envoltorios y toda una gama de aplicaciones en la industria, los servicios y producción en general. La debilidad y las limitaciones del comportamiento del subsector forestal venezolano sólo se pueden explicar por el desdén de los gobiernos para motivar, propiciar y promover la explotación racional de los extraordinarios recursos con los cuales está dotado el país: Venezuela cuenta con extensa superficie boscosa, calculada en 52,9 millones ha, equivalentes a 59% del territorio nacional, concentradas principalmente al sur del Orinoco y occidente del país. Un poco más de la mitad de esta superficie boscosa (29 millones ha) presenta alta potencialidad productora, lo cual reafirma la vocación forestal del país. Las estimaciones indican que estos bosques presentan un volumen total de 65 a 120 m³/ha al sur del Orinoco.

En los cuadros 7, 8 y 9 el subsector pesquero producción de pescado fresco, descripción por especie, y pescado fresco por entidad federal; donde se observa que el pescado fresco presenta un leve disminución para el 2001; por especies acuícola se observa que el camarón de cultivo durante los años presentados es de mayor producción además de su progresivo crecimiento para el año 2001 la cual es de 8.200 t.; siendo este año el de mayor rendimiento de todos los años presentados. Por entidad federal se destaca Sucre y Nueva esparta con la mayor producción de pescado fresco con un promedio de 185.025,66 t y 101.024,33 t respectivamente, con un disminución en la producción durante los últimos cinco años; y los estados con menor producción son Amazonas con 442 t y Trujillo con 241 t.

Cuadro 7. Pescado fresco.-1996-98

Año	Producción (t)
1996	485.252
1997	451.560
1998	503.903
1999	433.975
2000	382.838

Fuente: Servicio Autónomo de Recursos Pesqueros y Acuicolas - M.A.C

Cuadro 8. Producción Acuicola por especies en tonelada.1997-98

Especies	Año			
	1997	1998	1999	2000
Cachama	1.516	1.920	1.920	3.000
Camarón cultivo	4.632	5.000	6.000	8.200
Tilapia	1.936	2.280	2.150	1.050
Trucha	450	540	540	420
TOTAL	8.534	9.740	10.610	12.670

Fuente: Servicio Autónomo de Recursos Pesqueros y Acuicolas -M.A.C.

Cuadro 9. Pescado fresco.-Producción y valor de la producción, según entidad federal y otros lugares.1998-2000

	1 9 9 8		1 9 9 9		2 0 0 0	
	Valor		Valor		Valor	
	(t)	(miles de Bs)	(t)	(miles de Bs)	(t)	(miles de Bs)
Amazonas	336	249.518	367	326.888	623	521.590
Anzoategui	11.469	10.744.112	11.458	10.044.112	6.457	7.036.066
Apure	14.480	5.441.329	10.516	4.308.658	10.304	3.581.244
Aragua	862	602.192	874	552.565	1.235	823.115
Barinas	4.444	2.100.519	1.890	1.084.424	1.751	988.410
Bolívar	9.682	5.881.864	7.151	4.605.274	8.696	5.260.701
Carabobo	849	1.006.706	725	1.064.469	681	917.943
Cojedes	2.769	1.112.646	2.341	1.138.752	2.034	1.012.817
Delta Amacuro	1.719	1.212.360	1.842	1.189.732	2.882	1.736.589
Falcón	21.373	13.998.628	13.243	11.423.011	13.313	11.735.209
Guárico	6.230	2.273.029	5.962	2.828.580	6.839	4.035.561
Mérida	524	714.822	285	100.162	564	713.738
Miranda	1.535	1.230.838	1.557	1.426.423	1.872	1.837.326
Monagas	4.500	2.207.615	4.241	2.673.091	4.004	2.919.060
Nueva Esparta	97.666	36.483.436	126.088	41.108.796	79.319	19.984.357
Portuguesa	3.828	1.593.478	3.084	1.560.280	1.849	1.045.404
Sucre	240.341	63.059.533	168.284	72.527.748	146.452	74.076.448
Táchira	406	284.024	344	174.602	261	182.872
Trujillo	290	146.435	246	164.515	188	139.615
Vargas	2.049	3.192.071	1.763	2.775.214	1.688	2.829.680
Zulia	36.121	18.977.385	34.800	19.932.406	50.947	34.297.144
Puertos Extranjeros	42.430	37.858.484	36.914	40.270.141	40.879	46.131.495
TOTAL	503.903	210.371.024	433.975	221.279.843	382.838	221.806.384

Fuente: Servicio Autónomo de Recursos Pesqueros y Acuicolas - M. A.C.

La Vulnerabilidad de la Agricultura, Silvicultura y la Industria Pesquera Frente a la Variabilidad del clima y al Cambio del Clima

Las variaciones observadas en los patrones climáticos tienen influencia negativa sobre la producción agropecuaria según se ha indicado antes, no se conoce la forma de vinculación de la variabilidad climática con el Fenómeno El Niño para el caso específico de Venezuela. Los esfuerzos institucionales realizados durante el estudio revelan cambios significativos en la magnitud y en los ciclos de precipitación, en la temperatura y en menor grado en la velocidad de los vientos, como variables que pudieran relacionarse con las afectaciones observadas en el sector agrícola.

Tres factores climáticos se constituyeron en amenazas para el sector agrícola: los déficit de precipitación, la variación en los ciclos de lluvia y las elevadas temperaturas.

Los déficit hídricos generaron una disminución de las lluvias en una serie de cuencas, principalmente en las regiones de occidente y Guayana, lo que produjo, por una parte, disminución del agua almacenada en el suelo, siendo ello notorio en las zonas de Lara y Yaracuy. La consecuencia de estos efectos fue la reducción de los caudales así como de las aguas almacenadas en presas. Varios productos que se cultivan bajo riego, como fue el caso de la caña de azúcar, se vieron afectados por este tipo de situaciones.

A lo anterior se adicionó la disminución de la lluvia para los cultivos de secano, lo que originó una disminución de la producción y de los rendimientos en ciertos productos, y en algunos casos, la pérdida total de las cosechas.

Modificación del ciclo de lluvias con un inicio normal pero un retiro temprano de las mismas durante 1997 para las diferentes zonas productoras agrícolas, afectó la siembra de cultivos anuales tardíos, como en el caso del maíz, reduciendo los volúmenes de producción recolectada.

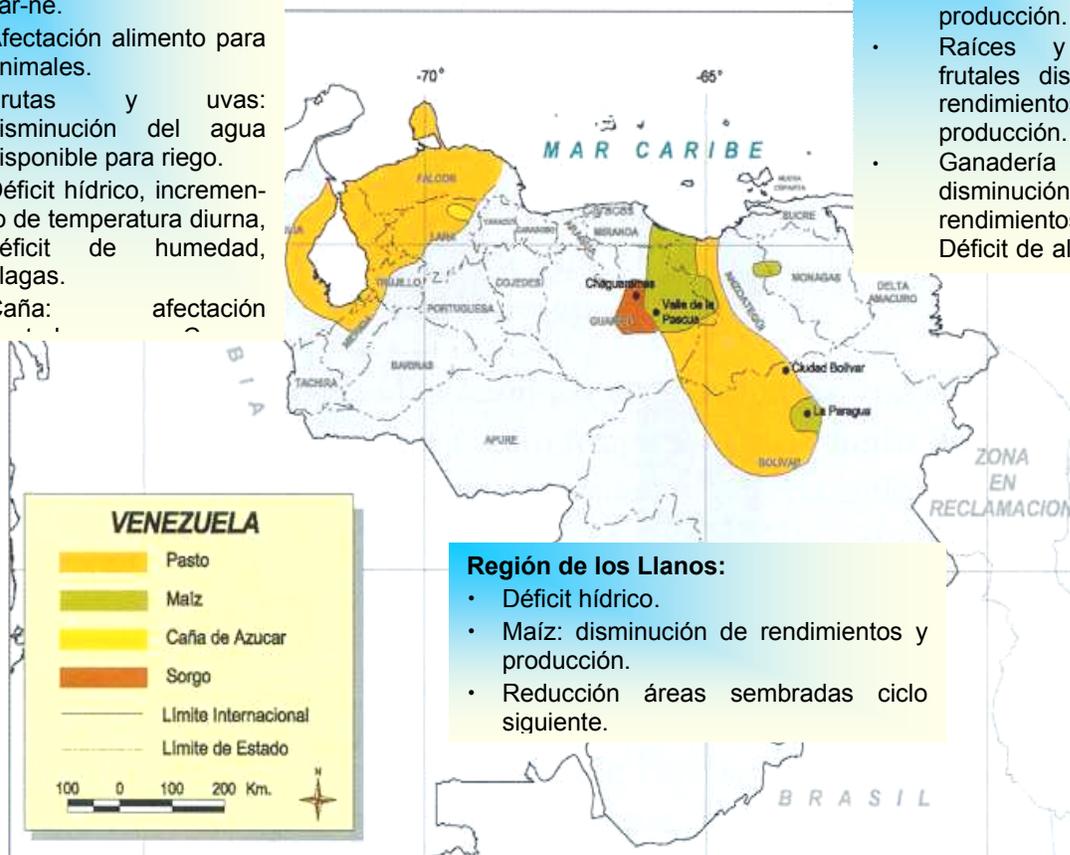
También tuvo influencia en los rendimientos de caña de azúcar, principalmente el **incremento inusual de temperatura**, desde septiembre de 1997 hasta febrero de 1998, período en el cuál se presentaron temperaturas por encima de los promedios históricos, que en varias zonas rompieron los récord máximos. La región mas afectada fue la Centro-Occidental (Centro Carora), donde se constataron niveles de hasta 3°C por encima de las temperaturas diurnas promedias, generando el cierre estomático diurno con incidencia en la fotosíntesis y en los rendimientos de azúcar. El adelanto de las lluvias originó la pérdida de áreas sembradas de maíz, principalmente en los llanos centrales (estado Guárico) debido a disminuciones significativas de la precipitación histórica promedio en algunas áreas. En términos del comportamiento de los renglones afectados, los impactos se focalizaron por zonas.

Región Occidental:

- Ganadería y pastos: disminución de leche y carne.
- Afectación alimento para animales.
- Frutas y uvas: disminución del agua disponible para riego.
- Déficit hídrico, incremento de temperatura diurna, déficit de humedad, plagas.
- Caña: afectación

Región Oriental:

- Déficit hídrico.
- Maíz: disminución de rendimientos y producción.
- Raíces y tubérculos frutales disminución de rendimientos y producción.
- Ganadería y pastos disminución de rendimientos de leche. Déficit de alimentos para



Fuente: Rodríguez Pedro, CIARA 1998.

No ha podido corroborarse que la pesca haya tenido afectaciones como resultado de las variables climáticas que se presentaron durante el evento niño.

Algunos comportamientos anómalos se evidenciaron durante lapsos de esos años que no pueden, sin embargo, atribuírsele con certeza a ese fenómeno.

Varios elementos contribuyeron a reforzar las anomalías. Uno de ellos fue la certeza de que algunos ríos relevantes como el Orinoco habían mostrados descensos en ciertos tramos afectando la capacidad de calado, lo que podría significar también impactos sobre la pesquería.

Por otra parte, dado que la pesquería tiene una alta dependencia de las condiciones climáticas y oceanográficas, la evaluación de las vulnerabilidades y de la gestión en el sector, derivados de la poca actuación sectorial durante el evento, permitiría ofrecer elementos para la aplicación de políticas que fortalezcan la capacidad sectorial para prevenir y mitigar anomalías observadas, lo cual ha servido de base para la identificación de vulnerabilidades frente a eventos climáticos adversos de sequía y para la derivación de líneas de política orientadas a su reducción.

En Venezuela existe una gran variedad de ambientes acuáticos y diversidad de recursos pesqueros representados en los 2.850 km de línea de costas que se extienden en el Mar Caribe y el Océano Atlántico, más los litorales de las 314 islas. Además posee 6.736 km² de lagunas costeras, estuarios y manglares.

Las principales Zonas de Pesca Marítimas pueden agruparse en tres Sectores: Oriental, Central y Occidental.

La zona costera oriental, entre los meses de febrero y mayo que se corresponden con la época de sequía y cuando los vientos soplan más intensamente desde el este y al noreste, ocurren fenómenos de afloramiento de un flujo vertical hacia la superficie de aguas sub-superficiales frías (21°C) salinas y ricas en nutrientes. Estos afloramientos se corresponden con las aguas de surgencia en la plataforma, por lo que éstas zonas se caracterizan por una intensa actividad biológica.

Tanto la zona **costera central** y la **zona costero occidental** del país no desarrollan surgencias de la misma intensidad debido, entre otras causas, a los fondos someros de la plataforma de la isla de la Tortuga y del Golfo de Venezuela, así como la orientación de la línea de costa de la región del Golfo Triste, respectivamente, lo que explica la menor productividad biológica que las caracteriza respecto a la anterior.

Todo lo anterior determina que la zona oriental tenga una intensa productividad.

La variación de la temperatura marina y de la salinidad produce cambios en las condiciones normales y las inmigraciones de nuevas especies, reducción de la actividad primaria, efecto que se refleja en la variación de la producción y en las especies marinas capturadas.

La mayor parte de las especies fluviales se destinan al consumo fresco y producción artesanal de pescado seco salado.

La pesca continental representa el 12% del total de la pesca nacional. La misma se ve afectada por la variación de ciclo y del nivel de las precipitaciones, ya que éstas modifican el período de desove e incrementan la captura por concentración de peses, lo que reduce la planta reproductiva e influye sobre la producción del año siguiente.

Según informa de la FAO 1996, Venezuela es un país de mediana importancia en cuanto a la producción pesquera, con unas 500.000 TM/año, ocupando la posición 36 en la escala mundial y primera entre los países caribeños.

Debido a la falta de información que permita correlacionar las variables meteorológicas, oceanográficas y la variación en los caudales de los ríos con la actividad pesquera no se puede afirmar con propiedad que el evento niño haya afectado el hábitad marino. Por otra parte, las características reproductivas de las especies pesqueras hacen que el impacto que podrían generar las variaciones climáticas atribuibles a El Niño en el ciclo de lluvia de 1997 o la disminución de las mismas, no se detecten hasta el próximo período de captura, aproximadamente en 1998.

En lo que respecta a los registros de captura disponibles sobre las diversas pesquerías, éstos no son suficientes para valorar estadísticamente algún cambio en la captura y atribuirlo fehacientemente a El Niño, ya que existen otros factores vinculantes que no se evalúan, considerándose esto actualmente una debilidad a nivel nacional.

Este tipo de pesca presenta las mismas limitaciones de información de la pesca marítima, tanto en la disponibilidad de los datos como en las características reproductivas de las especies. No se cuenta con información recabada que permita verificar si El Niño afectó el proceso de desove, redujo el reclutamiento, o la forma en que pudo impactar a la actividad económica.

Sin embargo, algunos eventos inusuales fueron reportados por el Fonaiap en la pesquería de los ríos Apure y Arauca, como fue la migración atípica del Coporo durante los meses de julio y agosto de 1996 y 1998 cuando los ríos estaban aún creciendo. Lo que pareciera evidencia que algo afectó los patrones reproductivos de esa especie. Ello probablemente haya tenido efectos sobre el

recurso pesca, lo cual no fue cuantificado en ninguno de ellos, por lo que pudiera inferirse que hubo también cambios en la presencia y comportamiento de los peces.

Es evidente que para llegar a conclusiones más definitivas sobre la relación clima-pesquería se requiere realizar análisis integrales de los factores que podrían producir ese tipo de afectación, lo cual es una limitación actual dadas las debilidades que se han evidenciado en la escasez de información adecuada para ello, tanto de los ríos como hábitat y sus fluctuaciones, como de las variables climáticas y de las propias del sector.

Dichas debilidades están asociadas principalmente a la deficiencia de información y de interrelación entre las instituciones vinculadas al sector.

Información del Tiempo y del Clima para la Agricultura, Silvicultura e Industria Pesquera - Boletines Agrometeorológicos

Un servicio de información meteorológica para la agricultura constituye una herramienta de gran utilidad dentro del proceso agrícola. El campo tiene el mayor número de usuarios potenciales de la información que los servicios meteorológicos de un país pueden ofrecer. Además, debe recordarse que el tiempo y el clima actúan sobre la planta y el animal las 24 horas del día. Esto significa que la vigilancia y el control de la información debe ser permanente.

Una de las formas de hacer contacto con los productores agrícolas es por medio de los boletines. Los boletines son impartidos en forma mensual, semestral y anual. Los cuales contienen los dos siguientes aspectos:

Meteorológicos: En el cual se refiere a la información sobre el estado actual del tiempo y lo que se espera que ocurra en los próximos días. Esta información se produce por la Red agrometeorológica del Instituto nacional de investigaciones agrícolas (INIA) la cual dispone de una red de 23 estaciones meteorológicas ubicadas en los principales estados agrícolas del país y el Servicio meteorológico de la Fuerza Área Venezolana (FAV) el cual es el encargado de los pronósticos del tiempo para todo el país. Aunque los pronósticos solamente cubren períodos cortos (24 horas y 48 horas) son útiles ciertas faenas agrícolas de corta duración, o como indicadores de prevención de ocurrencias de fenómenos adversos para la agricultura, como vientos fuertes, altas temperaturas, granizos, rocío.

Agronómicos: La información de carácter agronómico requiere de una observación fenológica, que permita levantar información sobre el desarrollo de los cultivos, los fenómenos físicos y biológicos que los afectan y las perspectivas de las cosechas. Para una determinada región, debe conocerse la superficie sembrada, las variedades utilizadas, las fechas de siembra y toda la información necesaria para identificar la zona, lo cual hace posible su comparación con otras regiones del país.

Para la preparación de los boletines agroclimáticos se exige el establecimiento de acuerdos previos de colaboración entre los productores y los investigadores agrícolas.

Dentro de la información suministrada en los boletines se encuentran:

- Pronósticos de siembra.
- Descripción de la fenología de los cultivos de la zona, para la información sobre el porcentaje de la aparición de una fase en un determinado mes.
- Información sobre las cosechas.
- Reportes sobre incidencias de plagas.
- Daños ocurridos por incidencias climáticas anteriores (lluvias).
- Requerimientos de riego.
- Reportes de los datos climáticos generados por zonas durante el mes.

Boletín Agrometeorológico

Volumen 2 nº 5
EPA/MON
MAYO 2000

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS DEL ESTADO ZULIAGA

Aplicaciones de las medidas de las Estaciones Meteorológicas

Es de vital importancia la necesidad de medir los elementos de clima que afectan a plantas y animales. Estas medidas son hechas con el uso de las Estaciones meteorológicas convencionales o automáticas. La tendencia de la investigación y desarrollo de nuevos instrumentos a ocurrido en los últimos años, generando una gran variedad de sensores y sistemas demedidas.

Un instrumento es un sistema para observaciones, mediciones y control de masa y energía de un ambiente próximo o distante. Las medidas son hechas cuando una señal de ambiente, representada por energía o masa, o ambas, llega a un elemento sensible (o sensor) de un instrumento.

Dado tiempo registrada por la historia del hombre la agricultura ha sido juego de azar en relación a las condiciones meteorológicas y a la variabilidad climática, pero ha sido demostrado que existe un efecto integrado de las condiciones de tiempo atmosférico sobre las cosechas,

permitiendo en algunos casos, un pronóstico de la producción de alimentos. Precisamos, entonces, a través de un estudio detallado de tiempo climático a los agricultores con orientación precisa para que adopte una estrategia agronómica dinámica y correcta para conseguir optimizar las producciones, aún bajo condiciones adversas.

Por tanto, no es suficiente simplemente definir regiones o zonas agronómicas y delimitar áreas aptas o marginales para los diferentes cultivos, tenemos que proporcionar reglas de decisión al agricultor, con base en el tiempo desde antes de la siembra y hasta después de la cosecha, ejemplos:

Antes de la siembra se debe diseñar orientaciones a los agricultores basadas en los pronósticos de tiempo y clima. Continúa pag. 4

Contenido:

Compartimiento climático de Mayo	2
Análisis climático del mes	3
Condiciones agroclimáticas de mayo	3
Aplicaciones de las medidas de las Estaciones Meteorológicas	4

Comportamiento climático de Mayo

Se considera estemos como el inicio del período de lluvias de la región.

Evaporación: El día 17 ocurrió el valor máximo, 6,7 mm, el total del mes alcanzó 97,1 mm, siendo superior al mes anterior.
El valor de ETP estimada es de 82,5 mm.

Humedad Relativa: Se incrementa, el valor máximo alcanza 96% y la mínima 74%, la media se coloca en 86%. Entre las 6:00 pm y las 6:00 am se presentan los mayores valores, siendo estos superiores a 96% en promedio, algunos días ocurrieron valores cercanos al 100%. Los menores valores estuvieron en el orden de 64%, ocurriendo entre las 2:00 y 4:00 pm.

Insolación: Se incrementó el total de horas de brillo solar disponibles con relación al mes anterior, alcanzando 123,2 h. El máximo ocurrió el día 23.

Temperatura: El valor de la mínima media cae con respecto al mes anterior, en aproximadamente 1°C, valor 15,9°C. La máxima media se mantiene. En relación con los valores absolutos extremos, la mínima se mantiene y la máxima alcanza 28,2°C.

Precipitación: Se incrementan las lluvias, para un total de 104,7 mm, concentrados en 14 días. La máxima lluvia en 24 horas fue de 16,4 mm el día 30. No se observaron períodos mayores a 5 días continuos sin precipitación, las lluvias estuvieron bien distribuidas a lo largo del mes.

No se observaron períodos mayores a 5 días sin lluvia.

Balance hídrico: Se mantienen en las condiciones de humedad del suelo, presentándose algunos excesos.

Cuadro 2. Balance Hídrico (mm)

MES	P	ETP	ALM	ETR	DEF	EXC
ABR	104,7	82,5	50	82,5	-	22,2

Gráfico 7. Respaldación diaria

Pag. 1 BOLETÍN AGROMETEOROLÓGICO

Potencial para mejorar el uso Agrometeorológico en Venezuela

La importancia de la agrometeorología como medio incentivador para acrecentar la productividad de alimentos para una población creciente es significativa y ello es válido en países donde existe una acentuada dependencia económica de otros países, lo cual representa un factor de inseguridad alimenticia y un limitante serio para desarrollar una economía estable independiente y prospera.

Dentro de las fortalezas existentes en el INIA para mejorar el uso agrometeorológico tenemos: (Plan Estratégico de la Red Agrometeorológica del INIA (RAI))

- La disponibilidad de infraestructura y equipamiento de la red instalada a nivel nacional en áreas agrícolas estratégicas, generando información agrometeorológica básica. Actualmente hay 19 estaciones meteorológicas mecánicas en funcionamiento, en catorce de las unidades ejecutoras del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Base de datos mayor de 40 años, con registros diarios de las variables agrometeorológicas más importantes en sitios de interés agrícola. La mayor parte de ellos ya disponible en formato electrónico.
- Personal con mística de trabajo, que pese a no tener formación en el área mantiene en funcionamiento la red, reconociendo la importancia de la misma.
- Existencia de una imagen referencial del FONAIAP (ahora INIA) como institución de investigación agropecuaria en el país, que respalda las actividades de la red.
- Publicaciones que sirven como referenciales agroclimáticos, realizados por los investigadores de la red.
- Políticas institucionales que pueden apoyar la formación de personal.
- Se dispone de talentos clasificados: dos especialistas en agrometeorología, investigadores con estudios de maestría, varios técnicos de apoyo como observadores, procesamiento de datos y mantenimiento de equipos.

Pronósticos Estacional e Interanual del Clima y su Aplicación en los Sectores de Agricultura, Silvicultura e Industria Pesquera

Existen pronósticos meteorológicos diarios realizados por el servicio de meteorología de la fuerza aérea venezolana (F.A.V) pero en el caso del sector agrícola no están disponibles de forma regular, aisladamente lo realizan algunas instituciones como el INIA y el MARN los cuales están dirigidos a productores agrícolas de la región occidental del país.

Cómo Mejorar el Uso de Pronósticos Estacional e Interanual para Reducir la Vulnerabilidad de la Agricultura, Silvicultura e Industria Pesquera en Venezuela

La agrometeorología se aplica independientemente por diferentes instituciones con fines diferentes atendiendo a condiciones climáticas regionales y tipos de cultivos predominantes o de interés económico, sin embargo como vía de hacer mas eficaz la contribución de esta especialidad hacia el logro de una mayor productividad agropecuaria las siguientes recomendaciones son pertinentes a través del establecimiento de:

Políticas para mejorar el conocimiento de la relación Clima-Impacto sobre la agricultura y otros

- Establecimiento de un sistema de información para el sector agrícola, oportuno, confiable y accesible a diferentes usuarios.
- Profundizar el conocimiento que oriente la zonificación de cultivos y las prácticas de manejo adecuado frente a las variaciones climáticas.
- Fortalecer la capacidad de pronósticos climáticos y de efectos socioeconómicos esperables en el sector agrícola.
- Realizar estudios de vulnerabilidades del sector agrícola frente a variaciones climáticas con identificación de las respuestas para reducirlas.

Políticas para lograr una mayor sostenibilidad y menor dependencia del clima.

- Fomento de la agricultura de riego.
- Fomento de abastecimiento de agua a la producción animal (abrevaderos y otros).
- Fortalecer la red de registros hidrológicos y la información a tiempo real, así como los sistemas de pronóstico sobre el comportamiento de los ríos que abastecen a grandes presas de riego en el país.
- Precisar el rol del estado frente al productor para fortalecer sus áreas de actuación.
- Garantizar a los productores información pertinente, apoyo en investigación y asistencia técnica.
- Carencia de un sistema de análisis de las variables hidroclimáticas y oceanográficas que correlacione su efecto en la productividad pesquera y permita predictividad de causas climáticas y sus efectos.
- Inexistencia de un sistema de información real que integre todos los puntos de captura de cada río de productividad pesquera a nivel nacional y que permita obtener estadísticas confiables sobre áreas pesqueras y especies afectadas.

De la experiencia adquirida durante el fenómeno se ha identificado una serie de políticas que buscan minimizar las vulnerabilidades en los distintos eslabones de la cadena frente un fenómeno climático extremo como puede ser el Fenómeno El Niño.

Conocimiento meteorológico climático y de pronóstico

- Implementar mecanismos de comunicación intrainstitucional con las instancias que manejan la información hidroclimática y oceanográfica.

- Desarrollar programas para mejorar la correlación entre la información climática y la producción.
- Implementar programas que relacionen estas variables con las migraciones de especies y con la reducción de los desoves.
- Desarrollar infraestructura de apoyo a la actividad pesquera artesanal.

Recursos y Estrategias Requeridas para la Promoción de Esfuerzos Sostenidos en CLIPS y la Investigación y Usos Agrometeorológicos en Venezuela

No cabe duda que si la información agrometeorológica es indispensable para la actividad agrícola en general, a mayor razón lo es para la investigación agrícola. Una interpretación de resultados de un ensayo de campo que no tome en consideración el comportamiento del tiempo y el clima durante su desarrollo, con los conocimientos que actualmente se tienen, carece casi completamente de valor, y en cualquier caso hace muy difícil y riesgosa su extrapolación a otras áreas por el proceso de transferencia de tecnología.

Casi todas las actividades que están vinculadas a la agricultura: planificación a largo plazo de sistemas agrícolas, utilización de las tierras, selección de los cultivos, determinación de épocas de siembra y cosecha, control de plagas y enfermedades, programación de riego, decisiones prácticas a corto plazo relativas a los trabajos cotidianos, dependen del tiempo y del clima. Los estudios de meteorología agrícolas y predicciones agrometeorológicas pueden ayudar de manera muy eficaz a determinar las variedades de plantas que han de ser cultivadas con mayor éxito, los períodos favorables para la siembra y recolección, las medidas que habrán que adoptarse en materia de riego, la necesidad de control de plagas y enfermedades, condiciones de transporte y almacenamiento de cosechas, etc.

Es necesario remarcar algunos requerimientos:

Recursos Requeridos

- Capacitación del personal técnico e investigación en el área de agrometeorología.
- Modernización de equipos y redes generadoras de información climática.
- Ingreso de personal con formación académica en el área de la agrometeorología, informática manejo de base de datos.
- Recursos financieros acordes a las necesidades del proyecto.
- Disponibilidad de equipos de alta tecnología en computación e informática.

La agrometeorología se aplica independientemente por diferentes instituciones con fines diferentes, atendiendo a las condiciones climáticas, regionales y tipos de cultivos predominantes ó de interés económico. Sin embargo, como vía de hacer mas eficaz la contribución de esta especialidad hacia el logro de una mayor productividad agropecuaria, las siguientes recomendaciones son pertinentes:

- Fomentar la colaboración interdisciplinaria entre técnicos de campo afines como la meteorología, agronomía, ciencias forestales, a fin de abordar problemas del área en forma conjunta.
- Fortalecer y ampliar la red actual con instrumentación moderna y apropiada racionalizando su densidad adecuándola para hacer observaciones fenológicas en regiones climáticamente diferente.
- Fomentar el uso y divulgación de datos agrometeorológicos así como producir su almacenamiento mediante la creación de bancos de datos.
- Proseguir en el perfeccionamiento de los boletines agrometeorológicos y extenderlos a regiones y zonas de producción agropecuario.
- Acrecentar los nexos y la participación de los productores en las actividades de investigación .

- Destacar y dar a conocer a nivel de productores, organizaciones económicas y dependencias vinculadas al agro la importancia económica de la agrometeorología como ciencia fundamental para adecuar la actividad agrícola a las condiciones climáticas propias de cada región.
- Algunas propuestas tendientes a incorporar la capacidad preventiva frente a eventos climáticos, y superar las principales debilidades que presenta la institucionalidad sectorial para mejorar la gestión frente a este tipo de eventos.
- Aplicación de los sistemas de información geográfica a los pronósticos y la agrometeorología.

Estrategias

- Puesta en marcha del proyecto Venehmet.
El cual tiene entre sus finalidades la creación del Instituto nacional de meteorología e hidrología "INAMEH"; y en el cual se integraran los distintos organismos de meteorología e hidrología que prestan las distintas instituciones en el país, para modernizar sus mecanismos de captura de datos, integrarlos y generar la información en el ámbito regional y nacional. Todo esto en procura del mejoramiento de la generación y difusión de información y pronósticos meteorológicos e hidrológicos de manera precisa y oportuna, contribuyendo de esta forma a garantizar la seguridad de los ciudadanos, a incrementar la eficiencia de las actividades socioeconómicas de la nación y a preservar nuestros recursos naturales.
- Convenios internacionales
- Políticas para el fortalecimiento institucional
 - Institucionalizar el papel del INIA en el monitoreo y la detección de amenazas y apoyar su gestión en el VENEHMET.
 - Estructurar y definir un sistema de alerta temprana para el sector agrícola.
 - Incorporar la política de prevención y mitigación de riesgos en la institucionalización nacional (planes de la nación) y sectorial (planes de desarrollo sectorial), como base para la sostenibilidad del desarrollo.

Referencias citadas

Benacchio S. 1970. Programa nacional de ecología agrícola y agrometeorología. Sección de ecología agrícola. Maracay.

Montilla J.J. 1999. Agricultura y desarrollo humano en Venezuela. Una plan para el nuevo siglo. Editado por H. Almela; A. Montaldo; A. Romero; A. Maracay, Ven., Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 256p. (Publicación Especial N° 37).

Cooperación Andina de Fomento (CAF), 2000. Las Lecciones del Niño. Memorias del Fenómeno del Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Volumen VI: VENEZUELA. Unidad de publicación de la CAF. Caracas Venezuela. 248 páginas.

Sánchez C. J. 1999. Agroclimatología. Caracas. U.C.V., Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Colección de estudios.

Resumen técnico del programa VENEHMET. 2002.

Rodríguez M. F. y Rey J.C. 2003. Delimitación de los ecosistemas frágiles de Venezuela. Instituto Nacional de investigaciones agrícolas. Maracay. Venezuela.

Grupos de Trabajo Metas y Objetivos

Dr M. V. K. Sivakumar,
Jefe de la División de Agricultura y Meteorología de la OMM

Objetivos Específicos del Encuentro

- Revisar el estado actual de las aplicaciones del tiempo y clima en los sectores agrícola forestal, pesquero, salud y energía en los diferentes países de la región Andina.
- Evaluar el potencial de CLIPS y Aplicaciones agrometeorológicas en el sector agrícola, forestal, pesquero, salud y energía en los diferentes países de la región Andina.
- Identificar las maneras y medios para promover el uso activo de pronósticos climáticos estacionales e interanuales y boletines sobre clima en la planificación y operaciones agrícolas para disminuir la vulnerabilidad a los cambios y variabilidad climática en los países de la región Andina.
- Discutir los recursos y estrategias, incluyendo educación y entrenamiento, requerido para promover los esfuerzos en CLIPS e investigación y aplicaciones agrometeorológicas en la región Andina.

Metas

- Desarrollar un proyecto comprensivo para los países Andinos que incluiría un caso de estudio específico para cada país el cual demostraría más claramente las aplicaciones agrometeorológicas de las predicciones climáticas estacionales e interanuales.

Cómo llegar allá – El proceso

Identificar el problema:

El miércoles en la tarde los dos grupos de trabajo discutieron e identificaron el problema. Antes del final del día, hubo una plenaria para discutir los resultados de cada grupo de trabajo.

Sugerir soluciones:

Dado el problema, ¿cuál sería la solución óptima? El jueves en la mañana, los grupos de trabajo discutieron este punto y proporcionaron soluciones.

El viernes en la mañana los grupos trajeron los componentes de la propuesta del proyecto, luego de las presentaciones de los dos grupos de trabajo, discutieron el borrador del proyecto.

Grupo de trabajo No 1: CLIPS

Cuál es el aspecto más importante en la generación de información climática para aplicaciones agrometeorológicas en cada uno de los países Andinos: datos, redes, modelos, expertos, etc.

El caso de estudio para un país dado debería cumplir las siguientes condiciones:

- Debería ser el más apropiado para la estrategia de desarrollo sostenible y para la economía del sector agrícola del país.
- Si el sistema de cultivo es el punto más relevante del caso en estudio, debería ser el más importante para la mayoría de las poblaciones del país que viven en esas tierras.
- El resultado posible del caso de estudio debería interesar a los que hacen las políticas para proporcionar apoyo sostenido a largo plazo.

¿Cómo implementar el proceso?

Designar un grupo base del taller que desarrolle un proyecto completo basado en los componentes discutidos en este taller.

El grupo base podría consistir de:

- Dos expertos en CLIPS
- Dos agrometeorólogos
- Representantes de la OMM
- El Director del CIIFEN
- Un Representante del IRI

La propuesta completa estaría lista para el 1 de febrero del 2004 y sería distribuida a los participantes para sus sugerencias y comentarios.

Luego de los comentarios/sugerencias, el proyecto sería revisado y finalizado por el grupo base.

El proyecto final sería presentado a los donantes por la OMM con la asistencia del grupo base.

Las memorias del taller, serán publicadas en español a finales de febrero del 2004 y serán enviadas junto con el proyecto a los donantes.

Luego de aprobado el proyecto por los donantes, habrá una segunda reunión con el grupo para discutir la implementación del proyecto.

Grupo No 1: CLIPS

José Pabón (Moderador)
José Luis Santos (CIIFEN)
Luz Dary Yépez (Colombia)
Amélia Díaz (Perú)
Jorge Carreño (Chile)
Luis Alvarado (Costa Rica)
Edgar Imana (Bolivia)
Manuel Carvajal (Ecuador)
Gonzalo Ontaneda (Ecuador)
Adriana Cortez (Venezuela)
Tony Barnston (IRI)
Buruhani Nyenzi (OMM)

Componentes de los Proyectos por País

Bolivia

Pronósticos acertados para mejorar la producción de papa, maíz y soya.

- Zonificación agroclimática de cultivos
- Dotación de Modelos o esquemas de predicción
- Sistemas de computo y comunicación

Chile

Pronósticos acertados para mejorar la producción de cereales, hortalizas y fruta y para recursos hídricos

- Dotación de Modelos o esquemas de predicción
- Sistemas de comunicación
- Capacitación y entrenamiento

Colombia

Mejorar la predicción climática para el sector agropecuario (papas, ganado de leche, arroz, flores, forestal)

- Dotación de Modelos o esquemas de predicción
- Evaluación del uso de la información y el servicio
- Capacitación y entrenamiento
- Discriminación de productos por usuario

Ecuador

Mejorar predicción climática para banano, cereales y papa.

- Dotación de Modelos o esquemas de predicción
- Sistemas de comunicación y computación
- Capacitación y entrenamiento (In situ)
- Incluir los aspectos agroclimáticos en la extensión agrícola

Perú

Mejorar la producción climática para el sector agropecuario y forestal (papa, maíz, recuperación de bosques) y cultivos alternos en a selva.

- Equipamiento de computación
- Implementación de modelos
- Red de estaciones y comunicación
- Capacitación (corto y largo plazo)
- Extensión agropecuaria y Difusión

Venezuela

Mejorar los pronósticos climáticos dirigidos al sector agropecuario (cereales, frutales, pesca y pastizales)

- Capacitación y entrenamiento en modelos de predicción
- Capacitación en extensión para los usuarios
- Dotación de modelos y esquemas de predicción, hardware y software
- Evaluación del uso de la información y el servicio.

Visión Regional

- Dotación de modelos y esquemas de predicción
- Capacitación en predicción climática
- Dotación de equipos de computo, de comunicaciones y software
- Extensión al usuario y difusión
- Buscar un enfoque regional (identificar áreas que sean de interés para mas de un país)

Identificación de Problemas por País

Bolivia

- Mejoramiento del pronósticos climáticos a nivel espacial
- Formación de capacidades
- Mejoramiento de sistemas de comunicación
- Pocos recursos tecnológicos

Chile

- Mejorar la calidad de los pronósticos climáticos (menos incertidumbre, resolución espacial)
- Tecnología y capacitación para generar mejores productos

Colombia

- Bajar la escala a nivel de pronostico (resolución espacial y temporal) también la calidad
- Identificar productos por usuario
- Diagnósticos sobre uso de información
- Capacitación (renovar personal)
- Adecuar el lenguaje
- Mejorar cooperación interinstitucional

Ecuador

- Predicción climática: Cuantificar modelos
- Capacitación
- Lenguaje de comunicación con el usuario

Perú

- Mejorar la información de los modelos numéricos con downscaling estadístico
- Capacitación en predicción climática
- Difusión, uso de medios de lenguaje adecuados

Venezuela

- Tecnología y Capacitación en manejo de datos
- Estrategia de trabajo interdisciplinario e interinstitucional
- Capacitación en modelos de predicción

Regional

Mejorar el servicio de información climática:

- Insuficiente capacitación en predicción climática (modelos, estadísticas, reducción de escala) y poca concientización de usuarios sobre la importancia de la información climática
- Inadecuada comunicación con usuarios mejorando los medios y el lenguaje de comunicación
- Falta estandarizar los esquemas nacionales y regionales de predicción.

Grupo de Trabajo No 2

Componentes de los proyectos en aplicaciones agrometeorológicas

Justo Mariscal (Bolivia)
Francisco Claro (Colombia)
José Curihuinca (Chile)
René Moya (Ecuador)
Constantino Alarcón Velazco (Perú)
Yngrid Oliveros (Venezuela)
M.V.K. Sivakumar (OMM)

Procedimiento

El moderador solicitó a cada uno de los países participantes los componentes de los proyectos propuestos en el área de la agrometeorología. Para lo cual cada participante dispuso de un tiempo de quince minutos para proponer los componentes.

Los componentes presentados por cada país son los siguientes:

Bolivia

Mitigación del efecto de la sequía en la región del Altiplano, Valles y sureste de Bolivia.

- Caracterización de sequías agrometeorológicas
- Impactos sobre el sector agrícola
- Alertas tempranas de la sequía
- Medidas de mitigación contra la sequía.
- Capacitación a involucrados (técnico-usuario)

Colombia

Pronósticos agrometeorológicos intra-estacional de los cultivos de papas, flores y ganadería de leche en el Altiplano de Cundinamarca y Boyaca.

- Zonificación agroecológica del Altiplano
- Requerimientos agroclimáticos de los cultivos de la papa, flores y ganadería de leche
- Pronósticos Regionales a largo plazo y variaciones intra-estacionales
- Capacitación y extensión

Chile

Pronóstico a largo plazo para la planificación y administración del riesgo para Chile central.

- Estudios agroclimáticos para una planificación eficaz del riego (pluviometría, impacto de daños económicos, caracterización, etc.)
- Capacitación y extensión en agrometeorología
- Cursos itinerantes (agricultores, escuelas agrícolas, extensionistas)
- Creación de cuadernillos agrometeorológicos básicos para agricultores.

Ecuador

Mejorar la difusión y aplicación de la información agrometeorológica en la Región Litoral e Inter. Andina.

- Identificación de la problemática de difusión de la información
- Priorización de información agrometeorológica requerida por el sector agrícola.
- Ampliación de canales de difusión para la divulgación de la información agrometeorológica en la Región Interandina y Litoral.

Perú

Pronósticos a largo plazo para los cultivos de papa y maíz en la región de la Sierra.

- Zonificación agroecológica de la Región de la Sierra
- Determinar los requerimientos agroclimáticos del cultivo de papa y maíz
- Adecuación de pronósticos a largo plazo a los cultivos de papa y maíz en la región
- Capacitación en pronósticos agrometeorológicos
- Capacitación y extensión en agrometeorología

Venezuela

Uso, difusión y aplicación de la información agrometeorológica en Venezuela.

- Identificación de la problemática de difusión y uso de la información en Venezuela
- Identificación y requerimientos de los usuarios de la información agrometeorológica
- Capacitación en pronósticos agrometeorológicos y extensión de la información requerida por el sector agrícola
- Adquisición de las tecnologías para la preparación y la difusión de la información agrometeorológica.

Aspectos Regionales

- Participación activa de los expertos de AR III en reuniones de la OMM
- Participación activa de los expertos en el grupo de trabajo de la Región III
- Capacitación en pronósticos agrometeorológicos
- Organización de talleres, reuniones técnicas para divulgar investigación por países
- Estandarización de metodologías agrometeorológicas y agroclimáticas.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. En los países Andinos la producción agrícola es afectada grandemente por las variaciones climáticas estacionales e interanuales y eventos extremos, por lo que un mejor entendimiento y aplicación del conocimiento de estas variaciones puede ayudar a optimizar la producción agrícola
2. En las últimas dos décadas se han realizado avances significativos en la comprensión de la variabilidad climática interanual asociada al ciclo ENOS; también se ha iniciado el conocimiento de la variabilidad climática intraestacional. Además existe disponibilidad de información de predicción climática estacional e interanual en la región generada por Institutos y Centros de Investigación, la cual es usada de diferente forma en los Servicios Nacionales Meteorológicos e Hidrológicos (SNMH) para la predicción climática en sus países
3. A pesar de la disponibilidad de estos pronósticos no hay suficiente generación de productos aplicados para los diferentes usuarios por: falta de entrenamiento adecuado, insuficientes recursos humanos y de infraestructura, falta de conocimiento de las necesidades de los usuarios y difusión de las potenciales aplicaciones de estos productos en los sectores agropecuario, forestal y pesquero.
4. En la actualidad, existe un limitado intercambio de información y experiencias entre los SNMH de la región Andina, lo que dificulta la estandarización de metodologías.
5. El uso de los medios actualmente disponibles para la extensión y difusión de la información y productos de pronóstico climáticos estacionales e interanuales no es el adecuado.
6. Para promover una mayor aplicación de la información climática y productos agrometeorológicos, hay una necesidad urgente de implementar estudios de casos en los países andinos para demostrar el potencial de estas aplicaciones

Recomendaciones

1. Tomando en cuenta el estado actual de las capacidades en cada uno de los países Andinos, formular, gestionar fondos e implementar los siguientes estudios de casos:

Bolivia: Pronósticos acertados para mitigar el efecto de la sequía para optimizar la producción de papa, maíz y soya en las regiones del altiplano, valles, Sur y Sureste del Trópico de Bolivia

Chile: Predicción climática y su aplicación para optimizar la producción de vides, manzanos, maíz y papa, asegurando la administración de recursos hídricos en Chile Central

Colombia: Predicción climática para optimizar la producción del sector agropecuario (papa, pastos, flores) en el Altiplano Cundiboyacense

Ecuador: Predicción climática, difusión y aplicación agrometeorológica en los cultivos de banano, maíz y papa en las regiones litoral e interandina.

Perú: Pronósticos a largo plazo para optimizar la producción de los cultivos de papa y maíz en la región de la Sierra y maíz en la Selva

Venezuela: Pronósticos climáticos y uso, difusión y aplicación de información agrometeorológica para mejorar la producción de maíz y arroz; banano y aguacate; y pastizales en la zona centro occidental.

2. Realizar un perfil detallado de cada uno de los diferentes usuarios finales y de sus necesidades para maximizar el impacto de los estudios de casos.
3. Organizar un taller regional de entrenamiento para técnicos que se encuentren trabajando en predicción climática y agrometeorológica tomando en consideración las necesidades específicas de cada país expresadas en el taller (por ejemplo downscaling).
4. Organizar talleres itinerantes nacionales de un día de duración dirigidos a agricultores y agentes de extensión agrícola para sensibilizarlos en el uso de productos de información climática tomando en consideración las actividades actuales que esta realizando la Comisión de Meteorología Agrícola de la OMM.
5. En los estudios de casos que se implementarán, incluir componentes que evalúen la relación costo-beneficio de la aplicación de los productos que se elaboren para cada uno de los cultivos que se tomen en cuenta.
6. Mejorar la comunicación y colaboración multidisciplinaria entre agrónomos, agrometeorólogos, climatólogos, meteorólogos, hidrólogos, comunicadores sociales y economistas tanto a nivel nacional como regional
7. Promover un intercambio sostenido de información y experiencias entre los SNMH de la región Andina, con el fin de estandarizar metodologías.
8. Que la OMM, CIIFEN, IRI y otras agencias apropiadas realicen gestiones para conseguir recursos no reembolsables que permitan la implementación de los casos de estudios que preparara cada país.
9. Que los gobiernos de la región apoyen las iniciativas que están realizando los SNMH para promover la aplicación de pronósticos climáticos estacionales e interanuales para los sectores agropecuario y forestal con el fin de conseguir un desarrollo sustentable.
10. Que los gobiernos de la región apoyen la participación de los expertos en las actividades de la Comisión de Meteorología Agrícola y la Comisión de Climatología de la OMM para beneficiarse del intercambio de información, metodologías y conocimientos con expertos de otras regiones.

**Reunión Técnica Regional sobre Servicios de Información y Predicción del Clima
(SIPC) y Aplicaciones Agrometeorológicas para los Países Andinos**

Guayaquil, Ecuador, 8-12 Diciembre 2003

Participantes

Jorge E. CARREÑO

Dirección Meteorológica de Chile
Casilla 63, Correo Aeropuerto Internacional
GM. Arturo Merino Benítez
SANTIAGO
Chile

Tel. 56 2 676 3431/676 3422
Fax 56 2 601 9590/601 9613
Email metapli@meteochile.cl
jcarreno@meteorologos.cl
jcarreno@meteochile.cl

Francisco CLARO

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM
Carrera 7 No. 32-16 Piso 28
Colombia

Tel. 57 1 350 0195
57 1 350 0111 EXT .2821
Fax 57 1 350 0131
Email fclaro@ideam.gov.co

Justo MARISCAL CORTEZ

c/o Servicio Metereológico
SENAMHI
Calle Reyes Ortiz N° 41
Casilla 10993
LA PAZ
Bolivia

Tel. 591 26 222803
Fax 591 26 229125
Email omar_mariscal@hotmail.com
omariscal@senamhi.gov.bo

Jose L. CURIHUINCA

C/o Servicio Metereológico
Casilla 63 Correo Aeropuerto A. Merino B.
SANTIAGO
Chile

Tel. 562 626 3441
562 676 3431
Fax 562 6019 590
Email jocuri@vtr.net
jocurihuinca@hotmail.com
agromet@meteochile.cl

Amelia DIAZ

Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología (SENAMHI)
Jr. Cahuide 785
LIMA 11
Peru

Tel. 51 1 614 1408
Fax 51 1 471 7287
Email adiaz@senamhi.gob.pe

Edgar M. IMAÑA

Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología (SENAMHI)
Calle Reyes Ortiz No. 41
Casilla No. 10993
LA PAZ
Bolivia

Tel. 591 2 235 5824
Fax 591 2 239 2413
Email agromet@entelnet.bo
edgaimana@hotmail.com

Adriana LELYS CORTEZ MARIN

Instituto Nacional de Investigaciones
Agropecuarias INIA
INIA – CENIAP – IIRA
Departamento Agrometeorología
Apartado Postal 4846
MARACAY 2101
Venezuela

Tel. 0058 0243 247 1874
Fax 0058 0243 247 1874
Email acortez@inia.gov.ve
adricortes64@inia.gov.ve

Rene MOYA

C/o Servicio Meteorológico INAMHI
Casilla postal 16-310
QUITO
Ecuador

Tel. 593 2 2456728
Fax 593 2 2456728
Email renemoya@inamhi.gov.ec

Yngrid OLIVEROS

Instituto Nacional de Investigaciones
Agropecuarias INIA
INIA – CENIAP – IIRA
Departamento Agrometeorología
Apartado Postal 4846
MARACAY 2101
Venezuela

Tel. 0058 0243 247 1874 EXT 715
Fax 0058 0243 247 1874
Email ioliveros@inia.gov.ve
oliveros_ingrid@hotmail.com

Gonzalo ONTANEDA

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
Iñaquito 700 (36-14) y Corea
Casilla Postal 16-310
QUITO
Ecuador

Tel. 593 2 245 6728
Fax 593 2 245 6728
Email gontaned@inamhi.gov.ec

Constantino ALARCÓN VELAZCO

Director-General de Agrometeorología
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
Jr. Cahuide 785 Lima 11
LIMA
Peru

Tel. 511-6141413
Fax 511-4717287
Email calarcon@senamhi.gob.pe

Luz Dary YEPES

Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Instituto de Hidrología, Meteorología y
Estudios Ambientales - IDEAM
Carrera 7 # 32-16, Piso 17
BOGOTA
Colombia

Tel. 57 1 350 0195
Fax 57 1 350 0131
Email Luzdary@ideam.gov.co

Miguel A. Zapata

Oficina de Planificación de la Presidencia de la República
ODEPLAN – Regional
Apartado Postal 8367
P.Ycaza 203 y Pichincha 7mo Piso
GUAYAQUIL – Ecuador

Tel. 593 2 2306680
Fax 593 4 2301966
Email oficeplan@wanaboo.ec

Eudoro Altamirano Solano

Oficina de Planificación de la Presidencia de la República
ODEPLAN – Regional
Apartado Postal 090111678
P.Ycaza 203 y Pichincha 7mo Piso
GUAYAQUIL – Ecuador

Tel. 593 2 2306680
Fax 593 4 2301966
Email segepla@tutopia.com
odepla@yahoo.com

Econ. Flavio Ramos

INAMHI
Casilla postal 16-310
GUAYAQUIL
Ecuador

Tel. 593 2 2292460
09841995
Email flavioramos@yahoo.com

Ing. Gilma Carvajal

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI
Iñaquito 700 y Corea
QUITO
Ecuador

Telefax 593 2 2456728
Email fgilbecar@inamhi.gov.ec

Manuel Carvajal

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI
Iñaquito # 14-36 y Corea
QUITO
Ecuador

Telefax 593 2 2456728
Email carvajal@inamhi.gov.ec

INVITED LECTURERS

Luis ALVARADO

Instituto Meteorológico Nacional (IMN)
Calle 17 Avenida 9 bis
P.O Box 73350-1000
SAN JOSÉ
Costa Rica

Tel. 506 223 1837/222 5616
Fax 506 223 1837/257 8287
Email lalvarado@imn.ac.cr

Tony BARNSTON

International Research Institute for Climate Change (IRI)
227 Monell Building
P.O Box 1000
Palisades, NUEVA YORK 10964-8000
USA

Tel. 1 845 680 4447
Fax 1 845 680 4685
Email tonyb@iri.columbia.edu

José Daniel PABON

Departamento de Geografía
Universidad Nacional de Colombia
BOGOTA D.C.
Colombia

Tel. 57 1 316 5025
Fax 57 1 316 5025
Email jdpabonc@yahoo.com

Anton SEIMON

Instituto Internacional de Investigación para la Predicción del Clima (IRI)
113 Monell Building
P.O Box 1000
Palisades, NUEVA YORK 10964-8000
USA

Tel. 1 845 680 4505
Fax 1 845 680 4864
Email seimon@iri.columbia.edu

CIIFEN**Dr Jose Luis Santos**

Director
CIIFEN
Escobedo # 1204 y 9 de Octubre
GUAYAQUIL
Ecuador

Tel: (5934) 2514770
Fax: (5934) 2514771
E-mail: jsantos@espol.edu.ec
ciifen@interactive.net.ec

WMO SECRETARIAT

Buruhani S. NYENZI

Jefe

División del Programa Mundial de Aplicaciones Climáticas y

Servicios de Información y Predicción del Clima

Programa Mundial del Clima (WCP)

Organización Meteorológica Mundial

7 bis, avenue de la Paix

CH-1211 GINEBRA 2,

Suiza

Tel 41 22 730 8273

Fax 41 22 730 8042

Email bnyenzi@wmo.int

M. V. K. Sivakumar

Jefe

División de Agrometeorología

Programa Mundial del Clima (WCP)

Organización Meteorológica Mundial

7bis Avenue de la Paix

Case postale 2300

CH-1211 GINEBRA 2

Suiza

Tel. 41 22 730 8380

Fax 41 22 730 8420

Email msivakumar@wmo.int