ENTREGABLE 4

DOCUMENTO SOBRE CALIDAD,
ROBUSTEZ Y PRECISIÓN ESTADÍSTICA DE LA INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO DEL SEGURO AGROPECUARIO CATASTRÓFICO EN COLOMBIA

CONTENIDO

0. INTRODUCCIÓN 8
1. METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN 10
1.1 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA E HIDROLÓGICA 10
1.2 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DE EVENTOS 12
1.3 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA 13
2. INFORMACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS 16
2.1 METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA GENERAR INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 16
2.1.1 Estaciones Meteorológicas 17
2.1.2 Mediciones indirectas de origen satelital 25
2.2 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA 34
2.2.1 Representatividad o cobertura geográfica 34
2.2.2 Continuidad 44
2.2.3 Oportunidad 45
3. INFORMACIÓN DE VARIABLES HIDROLÓGICAS 47
3.1 METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA GENERAR INFORMACIÓN HIDROLÓGICA 47
3.1.1 Estaciones hidrológicas 48
3.1.2 Mediciones internacionales de datos hidrológicos 53
3.2 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA 54
3.2.1 Representatividad o cobertura geográfica 54
3.2.2 Continuidad 57
3.2.3 Oportunidad 59

4. INFORMACIÓN DE EVENTOS 60
4.1 EVENTOS GEOLÓGICOS 61
4.1.1 Movimientos en masa (MM) 61
4.1.2 Erupciones volcánicas 65
4.1.3 Sismos 68
4.2 EVENTOS HIDROLÓGICOS 72
4.2.1 Inundaciones 72
4.3 EVENTOS METEOROLÓGICOS 76
4.3.1 Sequía 78
4.3.2 Lluvia torrencial 88
4.3.3 Helada 93
4.3.4 Viento fuerte 95
4.3.5 Granizo 99
4.4. EVENTOS FITOSANITARIOS 101
4.4.1 Plaga 101
4.4.2 Enfermedad 102
4.5 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DE EVENTOS 106
5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA PRIORIZADA PARA FINES DEL DISEÑO DE UN SEGURO CATASTRÓFICO. 107
5.1 MARCO NORMATIVO DE LA INFORMACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO 108
5.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA 110
5.2.1 Metodologías utilizadas para la generación de la información agrícola 114
5.2.2 Información agrícola priorizada para fines del seguro catastrófico 117
5.2.3 Aplicaciones de sensores remotos en el sector agrícola 122
5.3 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA 122
5.3.1 Representatividad o cobertura geográfica 122
5.3.2 Continuidad 133
5.3.3 Oportunidad. 134
5.3.4 Disponibilidad 135
5.3.5 Precisión o exactitud 137
BIBLIOGRAFÍA 147

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de procesos del IDEAM.
Figura 2. Grupo Operación de Redes Ambientales del IDEAM.
Figura 3. Control y aseguramiento de la calidad del dato en el IDEAM.
Figura 4. Control de calidad de la información meteorológica en la estación.
Figura 5. Control de calidad de la información meteorológica en la oficina.
Figura 6. Flujo de la información meteorológica del IDEAM
Figura 7. Articulación del IDEAM con otras entidades y sistemas de información.
Figura 8. Formaciones nubosas cúmulos sobre la Península de La Guajira y Sierra Nevada de Santa marta observadas por MODIS.
Figura 9. Imagen infrarroja realzada para ilustrar varias temperaturas en la cima de las nubes y las tasas de lluvia (mm hr-1) asociadas.
Figura 10. Promedio anual combinado de cantidad de relámpagos por km2 a partir de datos sobre malla provenientes de los sensores LIS y OTD. Las líneas blancas señalan los límites de las observaciones del LIS.
Figura 11. Distribución de estaciones meteorológicas por categoría.
Figura 12. Distribución de estaciones meteorológicas por departamento.
Figura 13. Distribución de estaciones meteorológicas por categoría.
Figura 14. Cantidad de estaciones meteorológicas por variable meteorológica y departamento.
Figura 15. Cantidad de estaciones meteorológicas por departamento para precipitación y velocidad del viento.
Figura 16. Cantidad de estaciones meteorológicas por departamento para humedad relativa y brillo solar.
Figura 17. Cantidad de estaciones meteorológicas por departamento para temperatura Media, Máxima y Mínima.
Figura 18. Cantidad de estaciones meteorológicas instaladas y en operación (activas).
Figura 19. Cantidad de estaciones meteorológicas activas y estaciones en tiempo real por departamento.
Figura 20. Sistema Mundial de Telecomunicación de la OMM. Fuente: IDEAM (2007).
Figura 21. Distribución de estaciones hidrológicas por departamento.
Figura 22. Cantidad de estaciones hidrológicas instaladas y en operación (activas).
Figura 23. Cantidad de estaciones hidrológicas activas y estaciones en tiempo real por departamento.
Figura 24. Número total de desastres hidrometeorológicos en Colombia para el periodo 1998 y 2014, con base en los reportes de UNGR.
Figura 25. Número total de desastres meteorológicos en Colombia para el periodo 1998 y 2014, con base en los reportes de UNGR.
Figura 26. Número total de eventos de sequía, granizo, helada y tormenta eléctrica en Colombia para el periodo 1998 y 2014, con base en los reportes de UNGR.
Figura 27. SPEI Global Drought Monitor para Noviembre 2015.

Figura 28. Comparación Interanual de los índices de sequía SPI y SPEI, periodo: 1950 – 2011.
Figura 29. Probabilidad de las condiciones de sequía (SPEI <0.84) durante eventos de El Niño para el 12-meses SPEI. Consulte los detalles en Vicente-Serrano, SM et al. (2011): Una evaluación global multi-escalar del impacto de ENSO en las sequías. Journal of Geophysical Research-Ambiente. 116, D20109, doi: 10.1029 / 2011JD016039.
Figura 30. Variación Interanual de los índices de sequía SPI3, periodo: 1981 – 2010.
Figura 31. Esquema del funcionamiento de portal AGRONET.
Figura 32. Aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.
Figura 33. Aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.
Figura 34. Aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.
Figura 35. Aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.
Figura 36. Aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.
Figura 37. Aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.
Figura 38. Comparación de área cosechada del cultivo de arroz bajo riego en el departamento de Tolima, recopilada con la ENAM vs EVA.
Figura 39. Coparación de área cosechada del cultivo de arroz bajo secano en el departamento de Casanare, recopilada con la ENAM vs EVA.
Figura 40. Comparación de producción del cultivo de arroz bajo riego en el departamento de Tolima, recopilada con la ENAM vs EVA.
Figura 41. Comparación de la producción del cultivo de arroz bajo secano en el departamento de Casanare, recopilada con la ENAM vs EVA.
Figura 42. Comparación del rendimiento del cultivo de arroz bajo riego en el departamento de Tolima, recopilada con la ENAM vs EVA.
Figura 43. Comparación de área cosechada del cultivo de arroz bajo secano en el departamento de Casanare, recopilada con la ENAM vs EVA.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Entidades consultadas para el inventario de información meteorológica.
Tabla 2. Tipo de instrumental por categoría de estación.
Tabla 3. Características del satélite TRMM.
Tabla 4. Cantidad y densidad de estaciones meteorológicas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de representatividad o cobertura geográfica.
Tabla 5. Distribución de estaciones meteorológicas activas por variable meteorológica.
Tabla 6. Densidad espacial de estaciones meteorológicas activas por variable meteorológica. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de representatividad o cobertura geográfica por variable.
Tabla 7. Porcentaje de estaciones meteorológicas activas con respecto a estaciones instaladas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de continuidad.
Tabla 8. Porcentaje de estaciones meteorológicas activas con respecto a estaciones instaladas.
Tabla 9. Entidades consultadas para el inventario de información hidrológica.
Tabla 10. Cantidad y densidad de estaciones hidrológicas activas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de representatividad o cobertura geográfica.
Tabla 11. Porcentaje de estaciones hidrológicas activas con respecto a estaciones instaladas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de continuidad.
Tabla 12. Porcentaje de estaciones hidrológicas activas con respecto a estaciones instaladas.
Tabla 13. Clasificación de los eventos.
Tabla 14. Valores del Índice normalizado de precipitación.
Tabla 15. Probabilidad de recurrencia.
Tabla 16. Estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio de la sequía.
Tabla 17. Número de eventos de sequía presentes el periodo 1981 – 2010.
Tabla 18. Estadísticas de lluvia tropical convectiva y estratiforme media para 1998-2000.
Tabla 19. Clasificación de la lluvia según la intensidad media en una hora.
Tabla 20. Escala Beaufort para la fuerza del viento, con indicación de las velocidades equivalentes en kilómetros por hora.
Tabla 21. Evaluación de la calidad de la información de eventos según los indicadores.
Tabla 22. Instituciones y/o sistemas de información priorizados para el levantamiento del inventario de información agrícola.
Tabla 23. Marco regulatorio de los Sistemas de Información del sector agropecuario en Colombia.
Tabla 24. Base de datos de información agropecuaria.

Tabla 25. Nivel de representatividad de la información del cultivo de maíz para las diferentes metodologías.
Tabla 26. Nivel de representatividad de la información del cultivo de arroz para las diferentes metodologías.
Tabla 27. Nivel de representatividad de la información del cultivo de papa para las diferentes metodologías.
Tabla 28. Nivel de representatividad de la información del cultivo de plátano para las diferentes metodologías.
Tabla 29. Nivel de representatividad de la información del cultivo de yuca para las diferentes metodologías.
Tabla 30. Indicador de continuidad de la información agrícola.
Tabla 31. Indicador de oportunidad de la información agrícola.
Tabla 32. Indicador de la disponibilidad de la información agrícola en los últimos cinco años.
Tabla 33. Valores obtenidos para cada dígito a partir Ley de Benford.
Tabla 34. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: (Sistema de riego y secano).
Tabla 35. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: (Sistema de riego y secano).
Tabla 36. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: (Sistema de riego y secano).
Tabla 37. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: (Sistema de riego y secano).
Tabla 38. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: (Sistema de riego y secano).
Tabla 39. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: (Sistema de riego y secano).

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Listado Estaciones muestreo por variable meteorológica.
Anexo B. Listado Estaciones muestreo por variable hidrológica.
Anexo C. Protocolos sobre la calidad de la información meteorológica del IDEAM.
Anexo D. Mapas departamentales de estaciones meteorológicas del IDEAM.
Anexo E. Protocolos sobre la calidad de la información hidrológica del IDEAM.
Anexo F. Protocolos sobre el pronóstico de Movimientos en masa del IDEAM.
Anexo G. Inventario de deslizamientos del IDEAM.
Anexo H. Consolidado de atención de emergencias de La UNGRD.
Anexo I. Catálogo de sismicidad del SGC.
Anexo J. Información agrícola.

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Distribución de estaciones hidrológicas por categoría.
Mapa 2. Indicador relacionado con la tendencia de las precipitaciones fuertes o intensas.

0. INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria se encuentra expuesta a los fenómenos naturales, en particular los climáticos y geológicos que llegan a ser tan extremos que pueden convertirse en desastres para poner en riesgo la producción agrícola, especialmente en zonas donde los niveles de pobreza son altos, las instituciones son frágiles y los medios de vida rurales no cuentan con el manejo de prácticas sostenibles de los recursos naturales. Es altamente probable que el cambio climático esté contribuyendo al aumento de los desastres originados por fenómenos naturales, como la intensificación de los huracanes y tormentas tropicales en el Atlántico Norte y Caribe, también las inundaciones y sequías asociadas con la tendencia creciente en la amplitud El Niño/Oscilación de Sur - ENSO (Hartmann et al., 2013), principalmente causado por el calentamiento global. Es de anotar, que el ENSO seguirá siendo el modo dominante de la variabilidad natural del clima en el siglo 21 (Collins et al, 2010; Guilyardi et al 2012; Kim y Yu 2012; Stevenson 2012).

Los principales fenómenos meteorológicos que contribuyen a generar riesgos en la agricultura, no solo incluyen huracanes o ciclones tropicales, inundaciones y sequías, sino también se contemplan las heladas, granizo, vientos fuertes o vendavales, lluvias intensas, extremos en la temperatura, excesos de humedad y olas de calor. Cada uno de estos riesgos puede clasificarse como catastrófico o no catastrófico, dependiendo de su frecuencia, escala, intensidad y duración.

El riesgo catastrófico se refiere a fenómenos atmosféricos de elevada gravedad, cuya propia naturaleza anormal y la elevada intensidad y cuantía de los daños que de ellos pueden derivarse impiden que su cobertura quede garantizada en una póliza de seguro ordinario y aquel que, de materializarse, puede conducir a una organización, entidad o empresa a su desaparición. Aquel que afecta a un gran número de personas, bienes o territorios, ocasionando elevadas pérdidas materiales y humanas, y el periodo de recuperación de las infraestructuras y vuelta a la normalidad es muy prolongado (Mapfre[1]).

Por lo tanto, un riesgo catastrófico de origen hidrometeorológico, se refiere a aquellos fenómenos que ocasionan daños a gran escala en áreas extensas, pero que son acontecimientos poco frecuentes y de baja probabilidad. Los riesgos meteorológicos no catastróficos afectan a áreas delimitadas o afectan sólo a algunas parcelas o fincas agrícolas. Estos riesgos suelen ser más frecuentes y de mayor duración, pero en total causan menos daños económicos.

La variabilidad climática ha sido y seguirá siendo, la principal causa climática de fluctuación de la producción agrícola, por ello, es imprescindible, que se comprendan bien estos

[1] Mapfre. Diccionario Mapfre de seguros. [en línea]. https://www.fundacionmapfre.org/wdiccionario/general/diccionario-mapfre-seguros.shtml [consulta: 27 noviembre 2015]

aspectos para que se puedan formular, de manera más sostenible, políticas y estrategias para poder alcanzar una economía agraria moderna que esté en capacidad de identificar esos desafíos y tener instrumentos de administración financiera para hacer frente a sus implicaciones.

Los seguros agropecuarios son considerados el instrumento más importante de gestión de riesgos para ayudar a cubrir los impactos que los desastres causan en la seguridad alimentaria. Estos están resurgiendo ante la necesidad de mejorar la competitividad en mercados de productos cada vez más integrados. El desafío consiste en superar los obstáculos y ofrecer productos de seguros agropecuarios eficientes y sostenibles. Los principales obstáculos son la falta de información de alta calidad, en particular la meteorológica; marcos regulatorios inadecuados; supervisión deficiente; falta de experiencia actuarial; falta experiencia profesional en el diseño y monitoreo de productos agropecuarios; un gran número de clientes de bajos ingresos que se encuentran dispersos y que no están dispuestos a pagar primas actuarialmente sólidas para productos de riesgos múltiples o que carecen de la capacidad para hacerlo; y la tendencia de los gobiernos a minar el desarrollo del mercado a través del uso inapropiado de subsidios y fondos de ayuda para desastres (Wenner, 2005).

La información es vital para la medición y evaluación de riesgos, sin embargo, suele ser difícil de obtener, procesar y analizar. Las compañías de seguros agropecuarios deben recolectar cantidades considerables de datos sobre clima, condiciones de producción, distribución de la producción, precios, capacidad de pago para desarrollar modelos para determinar pérdidas probables, diseñar contratos apropiados y establecer primas y niveles de indemnización, establecer, inspeccionar, monitorear y reclamar procesos de ajuste y buscar reaseguros. Comparado con otras líneas de seguros, los seguros agropecuarios y sus ajustes de reclamación son mucho más costosos[2]. En el contexto de los países en desarrollo, en donde la información suele ser poco confiable y difícil de obtener en forma oportuna, los costos se elevan. Por lo tanto el desarrollo del seguro agropecuario estará unido críticamente a la rapidez y al bajo costo de la transmisión de imágenes digitales, información meteorológica y estadísticas económicas.

[2] Pomareda en Hazell et al. eds. (1986) concluye que los costos administrativos de los programas de seguros de cosechas en los Estados Unidos, Israel, Panamá, Brasil y Costa Rica eran tan altos que adicionalmente a una prima del 15%, suficiente para cubrir las pérdidas, se necesitaría un 5% para cubrir los gastos de las operaciones de campo. Una prima del 20% disuadiría a muchos tipos de riesgos bajos de participar sin subsidio.

1. METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

1.1 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA E HIDROLÓGICA

La definición de los atributos para evaluar la calidad estadística de la información meteorológica e hidrológica se tomó en consideración los adoptados por el DANE (2014), MERCOSUR (2009), así como los desarrollados por la OCDE y Eurostat[3]. De igual manera, se tuvo en cuenta los estándares establecidos por la OMM. Los aspectos y atributos seleccionados para cuantificar la calidad están descritos por los siguientes indicadores:

INDICADORES DE REPRESENTATIVIDAD O COBERTURA GEOGRÁFICA

DEFINICIÓN:	Indicador de representatividad o cobertura geográfica de estaciones hidrometeorológicas
FORMA DE CÁLCULO:	Estaciones activas por /100 km^2/ departamento Estaciones activas por variable por /100km^2/ departamento Estaciones activas por tiempo real, cuasi real y real, por 100 km^2/ departamento
OBJETIVO:	Este indicador permite medir la eficacia en la distribución de los distintos tipos de estaciones por departamentos
NIVEL DE REFERENCIA:	El cubrimiento de una estación en promedio es de 30 km en zonas de montaña y 250 km en zonas planas. En general se esperaría que a la luz de cualquier variable hidrometeorológica este indicador sea: Indicador de estaciones activas >= 1 Con un enfoque dirigido a eventos climáticos como sequía, vendaval, heladas, lluvias intensas, etc., los indicadores se particularizan para cada variable así: Indicador de estaciones activas para precipitación >= 10 Indicador de estaciones activas para velocidad del viento >= 10 Indicador de estaciones activas para temperatura >= 1 Indicador de estaciones activas para humedad relativa >= 1

[3] Dimensiones de la calidad según OCDE y Eurostat. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. No. 4. Noviembre de 2007.

INDICADOR DE CONTINUIDAD

DEFINICIÓN:	Indicador de continuidad de la estaciones meteorológicas
FORMA DE CÁLCULO:	% de estaciones activas/ estaciones instaladas
OBJETIVO:	Este indicador hace referencia a la permanencia de las estaciones meteorológicas
NIVEL DE REFERENCIA:	Se debería esperar la continuidad en la operación de las estaciones para disponer de series largas para su análisis. Se admite como aceptable máximo 20% de estaciones reubicadas y suspendidas. Indicador de continuidad de estaciones meteorológicas >= 80%

INDICADOR DE OPORTUNIDAD

DEFINICIÓN:	Indicador de oportunidad de la información meteorológica
FORMA DE CÁLCULO:	# estaciones en tiempo real y cuasireal / # estaciones activas
OBJETIVO:	Este indicador hace referencia a la cantidad de estaciones que suministran información para uso inmediato o a corto plazo
NIVEL DE REFERENCIA:	La cantidad deseable debería ser 100% Indicador de disponibilidad >= 80%

Para la evaluación de los indicadores, exceptuando el primero, relativo a la representatividad geográfica, se hizo una selección de estaciones por variable mediante un muestreo aleatorio estratificado afijación proporcional, considerando como tamaño del universo las estaciones meteorológicas e hidrológicas inventariadas, el diseño muestral cuenta con 5 estratos correspondientes a las variables meteorológicas e hidrológicas respectivamente: precipitación, temperatura y humedad relativa, velocidad del viento, brillo solar y caudal. El tamaño muestral fue calculado considerando un nivel de confianza del 90%, un error muestral del 10% y una heterogeneidad de 67%, valor estimado con base en los resultados de la “Evaluación de la Capacidad del IDEAM para Producir la Información

Hidrológica, Meteorológica y Ambiental que Necesita el País", elaborada por Econometría Consultores (2011) a solicitud del Departamento Nacional de Planeación.

En los Anexos A y B se encuentran las estaciones seleccionadas para la evaluación.

1.2 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DE EVENTOS

La definición de los atributos para evaluar la calidad estadística de la información resultante del inventario y catálogos de eventos se tomó en consideración los adoptados por el DANE (2014), para la evaluación de Base de Datos. Los aspectos y atributos seleccionados para cuantificar la calidad están descritos por los siguientes indicadores:

LISTA DE INDICADORES

ACCESIBILIDAD:	El inventario de eventos cuenta con datos actualizados (actualizado).
RELEVANCIA Y PERTINENCIA:	El inventario de eventos cuenta con un diccionario (definiciones).
COHERENCIA Y EXACTITUD:	El inventario de eventos cuenta con reglas de validación de integridad y consistencia de datos, documentadas y Actualizadas (protocolos de calidad).
INTEGRIDAD:	En su elaboración utiliza herramientas tecnológicas que faciliten y optimicen los procesos de recolección, procesamiento, análisis y difusión de la información (plataformas y bases de datos).
COHERENCIA Y TRANSPARENCIA:	El inventario de eventos cuenta con procedimientos definidos e implementados para realizar respaldo y recuperación de la información producida (fuentes oficiales).
TRANSPARENCIA:	El inventario de eventos cumple con las reglas de validación definidas para cada una de ellas, en los procedimientos de captura, transmisión, proceso y almacenamiento del dato (Protocolos de red de estaciones y difusión).

1.3 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA

La definición de los atributos para evaluar la calidad estadística de la información agrícola se tomó en consideración los adoptados por el DANE (2014), MERCOSUR (2009), así como los desarrollados por la OCDE, EUROSTAT[4], y la aplicación de la ley de BENFORD[5].
Los aspectos y atributos seleccionados para cuantificar la calidad de la información se describen a continuación en los siguientes indicadores:

Indicadores de Representatividad o cobertura geográfica

DEFINICIÓN:	Indicador de representatividad o cobertura geográfica de la información
FORMA DE CÁLCULO:	Área de representatividad, se estima de forma cualitativa a partir de una calificación de 1 a 4, donde uno indica muy baja representatividad y 4 alta representativa.
OBJETIVO:	Este indicador permite estimar de forma cualitativa el nivel de representatividad de la información.
Categorías de calificación:	1 = Muy baja representatividad; indica que la información no tiene metodología de levantamiento establecida. 2 = Baja representatividad; indica que la información proviene de una metodología que no ha sido validadas, la muestra no proviene de un diseño experimental, la escala de la información es departamental nacional. 3 = Media o Moderada representatividad, información que proviene de metodologías de consensos, o con un diseño experimental no validado, o a escala departamental o nacional. 4 = Alta representatividad, información que proviene de

[4] Dimensiones de la calidad según OCDE y Eurostat. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. No. 4. Noviembre de 2007.
[5] ley del primer digito, explica que en todo conjunto de números es más probable que el primer digito sea 1 o 2 a que sea 8 o 9

Indicador de Continuidad

DEFINICIÓN:	Indicador de continuidad de la información agrícola
FORMA DE CÁLCULO:	% de datos faltantes por variable en la serie.
OBJETIVO:	Este indicador hace referencia a la continuidad de sus registros a través del análisis de datos faltantes a nivel semestral y anual por variable
NIVEL DE REFERENCIA:	La información debería ser completa en el tiempo. Se admite como aceptable máximo 10% de datos faltantes Además que el último dato reportado debe estar con un rezago de un semestre, respecto al último semestre agrícola

Indicador de Oportunidad

DEFINICIÓN:	Indicador de oportunidad de la información agrícola
FORMA DE CÁLCULO:	Rezago de meses para mantener actualizadas las series semestral o anual por variable
OBJETIVO:	Este indicador hace referencia a la actualización de las series de datos agrícolas a nivel semestral o anual y por variable
NIVEL DE REFERENCIA:	La actualización deseable debe ser inferior a 6 meses, para cultivos semestrales y un año para los anuales. Indicador de oportunidad <= 6 o 12

Indicador de Disponibilidad

DEFINICIÓN:	Indicador de disponibilidad de la información agrícola; como rendimiento, producción, áreas sembrada y cosechada, periodos de siembra.
FORMA DE CÁLCULO:	# variables existentes # datos existentes / # datos máximos posibles semestrales o anuales para los últimos 5 años.
OBJETIVO:	Este indicador hace referencia a la cantidad de datos existentes en la serie.
NIVEL DE REFERENCIA:	La cantidad deseable debe ser 100% Indicador de disponibilidad >= 90%

Indicador de Precisión o Exactitud

DEFINICIÓN:	Indicador de precisión o exactitud de la información agrícola.
FORMA DE CÁLCULO:	Cumple la ley de Benford Dualidad de la información
OBJETIVO:	Este indicador permite conocer si existe dualidad en la información producido, analizar y comprobar la calidad y veracidad de los datos agrícolas
NIVEL DE REFERENCIA:	No existe dualidad y cumple la ley de Benford

Ley de Benford: predice que un conjunto determinado de números, aquellos cuyo primer dígito es 1 aparecerán de forma más frecuentemente que los números que empiezan por otros dígitos. La distribución de los primeros dígitos es bastante **asimétrica**, la frecuencia esperada para números que empiezan por **1** es casi del **30%**, para el **2** es un poco más del **17%**, para el **3** algo más del **12 %** y para el resto disminuye. De hecho, hay una relación matemática: la proporción esperada de números cuyo primer dígito es n es igual a $\log_{10}((n+1)/n$

Los anteriores indicadores se analizaran a través de una evaluación analítica y cualitativa, con base en la información agrícola, tanto cuantitativa como descriptiva; recolectada de actores o fuentes responsables de la información referente a las variables área de cosechada y sembrada, producción y rendimiento para los cultivos de maíz, arroz, papa, plátano y yuca. Para la evaluación del indicado de precisión o exactitud se tomó una muestra representativa de la información registrada por cada metodología y variable evaluada.

2. INFORMACIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

2.1 METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA GENERAR INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Tabla 1. Entidades consultadas para el inventario de información meteorológica.

NOMBRE ENTIDAD	INVENTARIO	COBERTURA
IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Estaciones, datos, estudios y predicciones meteorológicas	Colombia
CAR - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Estaciones y datos meteorológicos	Cundinamarca y Boyacá
CDMB - Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga	Estaciones y datos meteorológicos	Provincia de Soto
CVC - Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca	Estaciones y datos meteorológicos	Valle del Cauca
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío	Estaciones y datos meteorológicos	Quindío
CENICAÑA - Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia	Estaciones meteorológicas	Valle del Cauca y Risaralda
FEDEARROZ - Federación Nacional de Arroceros	Estaciones meteorológicas	Colombia
Canal Clima	Estaciones meteorológicas	Sabana de Bogotá
Datum Ingeniería S.A.S.	Datos meteorológicos satelitales	Global
CHRS - Center for Hydrometeorology and Remote Sensing	Datos meteorológicos satelitales	Global
NASA - National Aeronautics and Space Administration	Datos meteorológicos satelitales	Global
NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration	Datos meteorológicos satelitales	Global

El diagnóstico de los inventarios nacionales de eventos e información meteorológica y otras fuentes conexas de información, fue realizado en el marco de entidades gubernamentales

y privadas que manejan redes meteorológicas, suministran servicios meteorológicos y proporcionan inventarios históricos de desastres o emergencias. En la Tabla 1, se presenta la lista de entidades que fueron consideradas en el inventario de información meteorológica.

Las aplicaciones del seguro agropecuario relacionadas con el clima y el cambio climático necesitan de datos observacionales históricos obtenidos de fuentes adecuadamente distribuidas por Colombia. En particular, es de la mayor importancia que los datos obtenidos en ubicaciones y momentos diferentes sean o puedan ser comparables.

2.1.1 Estaciones Meteorológicas

La generación de la información meteorológica en el planeta se rige por las normas del programa Sistema Mundial de Observación[6], de la Organización Meteorológica Mundial que conlleva una serie de compromisos claros con respecto a la ubicación, exposición de instrumentos, tratamiento de errores y unidades de medición. En particular se consideran los estándares definidos en la Guía de Instrumentos y Métodos de Observación OMM-No. 8.

Las mediciones meteorológicas en Colombia son efectuadas por principalmente por el IDEAM y responden a un gran número de necesidades para las aplicaciones e investigaciones sobre el clima, incluida la agroclimatología, con una visión nacional. Ante la necesidad de datos con un enfoque regional o local se han establecido redes operadas por las autoridades ambientales regionales y por empresas privadas, y muchas de ellas operan bajo estándares IDEAM/OMM.

El IDEAM está comprometido con la calidad de sus servicios establecidos en el marco legal y tiene identificado los procesos (Figura 1) relacionados con la producción y difusión de la información y para ello cuenta con un equipo de trabajo competente apoyado en el uso de tecnología de punta, pero sometido a las políticas del estado en limitaciones de personal y presupuesto en detrimento del cumplimiento total de los procedimientos (Anexo C) que acompañan estos procesos.

[6] Global Observing System (GOS). https://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/GOS.html

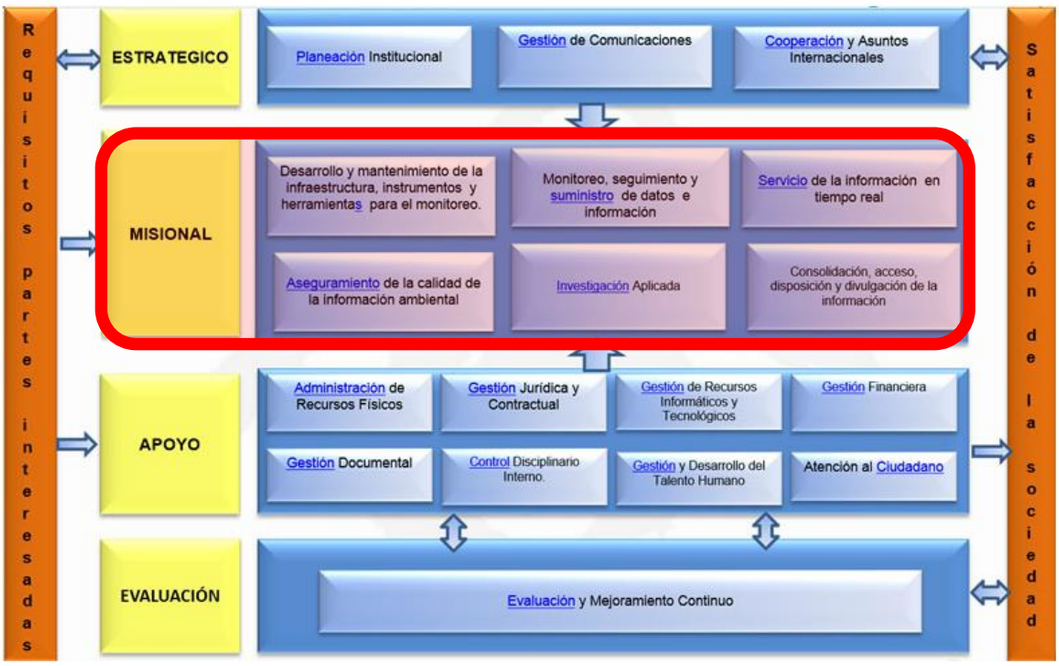


Figura 1. Mapa de procesos del IDEAM (Fuente: IDEAM).

La red meteorológica está compuesta por estaciones meteorológicas convencionales que están dotadas con instrumental de medición y registro y por estaciones automáticas con medición digital continua a través de sensores meteorológicos y tienen la capacidad de transmitir los datos en tiempo real. Los siguientes criterios para la ubicación de las estaciones son aplicados:

- El emplazamiento de cada estación debe ser representativo de las condiciones existentes tanto en el espacio como en el tiempo.
- La separación de las estaciones y los intervalos entre las observaciones deben corresponder con la resolución espacial y temporal deseada de las variables meteorológicas que han de medirse u observarse.

Las estaciones meteorológicas se clasifican en:

- Estación Pluviométrica (PM): Es una estación meteorológica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída en 24 horas, considerando que el día pluviométrico se toma a partir de las 7 a.m. del día en cuestión hasta las 7 a.m. del día siguiente.
- Estación Pluviográfica (PG): Registra en forma mecánica y continúa la precipitación, en una gráfica que permite conocer la cantidad, duración, intensidad y periodo en que ha ocurrido la lluvia. Actualmente se utilizan los pluviógrafos de registro diario.
- Estación Climatológica Principal (CP): Es aquella en la cual se hacen observaciones de precipitación, temperatura del aire, humedad, viento, radiación, solar, brillo solar, evaporación y fenómenos especiales. En la Tabla 2 se especifica el instrumental utilizado. Gran parte de estos parámetros se

obtienen de instrumentos medidores y registradores. Se efectúan tres observaciones diarias: 07, 13 y 19 horas.

- Estación Climatológica Ordinaria (CO): Este tipo de estaciones poseen obligatoriamente un pluviómetro, pluviógrafo y psicrómetro. Se efectúan tres observaciones diarias: 07, 13 y 19 horas.
- Estación Sinóptica Principal (SP): en este tipo de estación se efectúan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas convenidas internacionalmente. Los datos se toman horariamente y corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de humedad, precipitación, temperaturas extremas, capa significativas de nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos. Esta información se codifica y se intercambia a través de los centros mundiales con el fin de alimentar los modelos globales y locales de pronóstico y para el servicio de la aviación.
- Estación Sinóptica Suplementaria (SS): Al igual que en la estación anterior, las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos corresponden comúnmente a visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitación, temperatura del aire, humedad del aire y viento.
- Estación Agrometeorológica (AM): En esta estación se realizan observaciones meteorológicas y otras observaciones que ayuden a determinar las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte y la vida de las plantas y los animales, por la otra. Incluye el mismo programa de observaciones de la estación CP, más registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro) y en la capa cercana al suelo (0, 10 y 20 cm sobre el suelo).
- Estación de Radiosonda (RS): La estación de radiosonda tiene por finalidad la observación de temperaturas, presión, humedad y viento en las capas altas de la atmósfera (tropósfera y baja estratósfera), mediante el rastreo, por medios electrónicos o de radar, de la trayectoria de un globo meteorológico que asciende libremente.
- Estación Meteorológica Especial. Este tipo de estación tiene como finalidad la observación de un fenómeno en particular, el IDEAM la usa específicamente para observación de heladas.

Tabla 2. Tipo de instrumental por categoría de estación (Fuente: IDEAM).

Tipo de instrumental	PM	PG	CO	SS	SP	CP	AM
Pluviómetro	X	X	X	X	X	X	X
Pluviógrafo		X	X	X	X	X	X
Sicrómetro			X	X	X	X	X
Anemógrafo				X	X	X	X
Heliógrafo					X	X	X
Termógrafo					X	X	X
Higrógrafo					X	X	X
Tanque de evaporación						X	X
Actinógrafo					X	X	X
Anemómetro						X	X
Geotermómetros							X
Rociógrafo							X
Suelo (ss)							X
Microbarógrafo					X	X	
Barómetro					X	X	

La exactitud en la medida de los elementos meteorológicos, no solo dependen del tipo de instrumental sino en gran parte de la buena instalación de los instrumentos. Para el emplazamiento y la exposición de los instrumentos, se siguen las normas OMM:

- Los instrumentos se instalan en un terreno llano, aproximadamente en un área de l0 metros por 7 metros, cubierto de hierba baja, o en una superficie representativa de la localidad, rodeada de una cerca o estacas para impedir la entrada de personas no autorizadas, con la parte más larga orientada de sur a norte.
- El emplazamiento se hace lo suficientemente alejado de árboles, edificios, muros u otros obstáculos. La distancia entre cualquiera de esos obstáculos (incluidas las vallas) y el pluviómetro no es inferior al doble de la altura del objeto por encima del borde del aparato, y preferentemente se cuadruplica la altura.
- El anemógrafo, el anemocinemógrafo y la veleta se instalan a 10 metros por encima del suelo y a una distancia de por lo menos diez veces superior a la altura de cualquier obstáculo.

Las estaciones meteorológicas del país deben ser inscritas en el Catálogo Nacional de Estaciones – CNE, operado por el IDEAM. El catálogo es una herramienta dinámica para la administración de la red hidrológica, meteorológica y ambiental, la cual permite mantener actualizada la relación de las estaciones que conforman la Red de Monitoreo Ambiental del país.

El CNE contiene información que permite identificar cada uno de los puntos de observación, medición y/o monitoreo de la red hidrometeorológica y ambiental: código único, tipo de estación, nombre de la estación, corriente o cuerpo de agua más próximo, cuenca, municipio, departamento, coordenadas, elevación, entidad operadora, entidad instaladora, fecha de instalación y, fecha de suspensión, entre otros.

La red del IDEAM es operada a través de 11 Áreas Operativas (Figura 2), las cuales obedecen a zonas geográficas, cuyas sedes se encuentran localizadas en la principal ciudad de la zona, y se encargan de la operación y mantenimiento de la red

hidrometeorológica y ambiental ubicada en el área de su influencia, para lo cual elabora los itinerarios, preparar el presupuesto. Encargadas del procesamiento primario y la verificación de la información hidrometeorológica y ambiental producida por las estaciones convencionales de la red, mientras que un grupo de la sede central se encarga de las estaciones automáticas.

Figura 2. Grupo Operación de Redes Ambientales del IDEAM (Fuente: IDEAM).

Para los procedimientos de captura, procesamiento y control de calidad de la información meteorológica, el IDEAM tiene una serie de procesos y procedimientos para la operación de la red, agrupados en las siguientes líneas:

- Operación y mantenimiento de la red meteorológica
- Instalación de instrumental y estaciones meteorológicas convencionales y automáticas
- Asesoría para la instalación de estaciones meteorológicas
- Recolección, procesamiento y análisis de datos meteorológicos
- Operación y actualización del Catálogo Nacional de Estaciones (CNE)
- Sistema de Gestión de Calidad

Estos procedimientos están soportados por una serie de protocolos que especifican cada una de las actividades a seguir desde la instalación de la estación, de manera que se pueda garantizar la calidad de las observaciones, el correcto funcionamiento del instrumental, determinar la existencia de todos los errores instrumentales, de instalación y otros defectos y tomar las medidas necesarias para corregirlos, revisar las técnicas de observación y comprobar que las instrucciones dadas fueron entendidas y aplicadas correctamente por el Observador, para continuar con la etapa del proceso de control de calidad de la información,

para finalizar con el almacenamiento de la información en el banco de datos regional, la transmisión y envió de la información a las Oficinas Centrales, cobijados por un sistema de calidad (Figura 3).

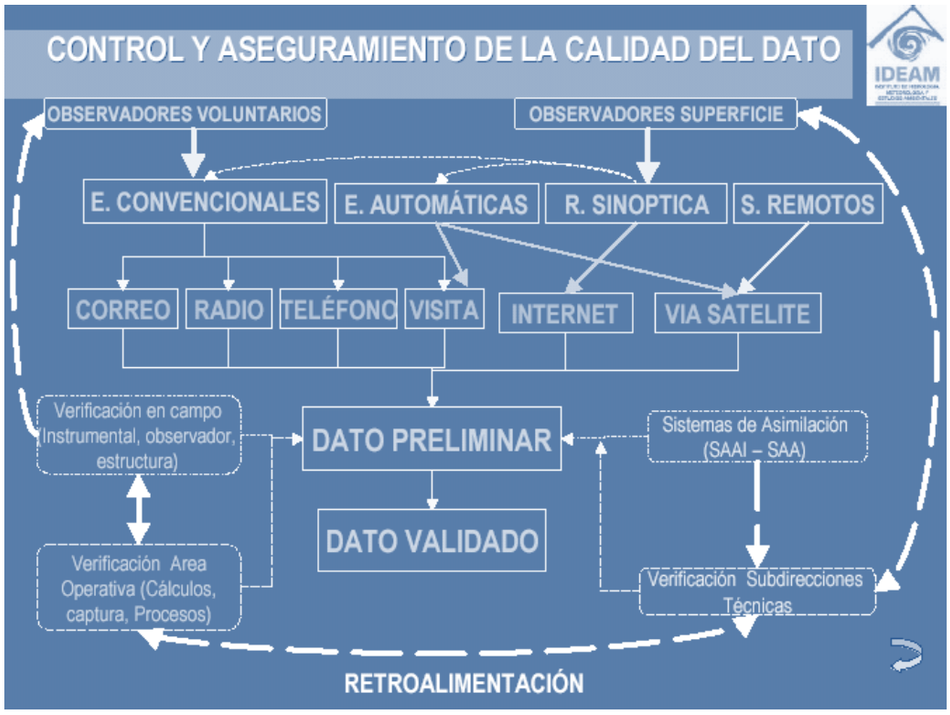


Figura 3. Control y aseguramiento de la calidad del dato en el IDEAM (Fuente: IDEAM).

El IDEAM ha elaborado el "Protocolo para el Control de Calidad de la Información Meteorológica" y "Control de Calidad Automático de Datos Meteorológicos" (Anexo C), mediante los cuales se definen los procedimientos de control de calidad, iniciando desde la toma de observaciones y las labores de campo o visita de estaciones (Figura 4), hasta concluir con una serie de tareas de verificación, procesamiento y almacenamiento en el banco Regional y su posterior transmisión a la base de datos Central.

Figura 4. Control de calidad de la información meteorológica en la estación.

Figura 5. Control de calidad de la información meteorológica en la oficina.

El IDEAM, a través, de la auditoria al Banco de Datos Meteorológico se programan visitas a las Áreas Operativas para hacer seguimiento a la verificación de la información meteorológica la cual se realiza de acuerdo con las directrices estipuladas en el Protocolo antes mencionado.

Una vez verificadas y corregidas las diferentes variables meteorológicas, se procede con la actualización del banco de datos regional y finalmente el Banco de Datos Central, denominado Sistema de Información Hidrometeorológica– SISDHIM, donde se procede con otros pasos complementarios de verificación y análisis estadístico (Figura 5). La consulta de la información meteorológica puede realizarse en 4 niveles: horaria, diaria, decadal y mensual, según la variable requerida y su origen.

La información generada y verificada en las estaciones convencionales es utilizada para realizar la validación de la información meteorológica en las estaciones automáticas (recolectadas y difundidas a través de la plataforma HYDRAS3, disponible en Internet con contraseña), mediante técnicas estadísticas. Actualmente el IDEAM se encuentra en el proceso de implementación del subsistema Hidrometeorológico del Sistema de Información Ambiental –SIA.

El IDEAM produce información meteorológica con un procedimiento estructurado (Figura 6) para la vigilancia del clima a nivel diario, semanal, decadal, mensual, semestral y anual, sobre los cuales ofrece una amplia gama de productos en forma de reportes, graficas, tablas, análisis espacial y como información derivada suministra predicciones de tiempo y clima, que publica y actualiza en su portal Web.

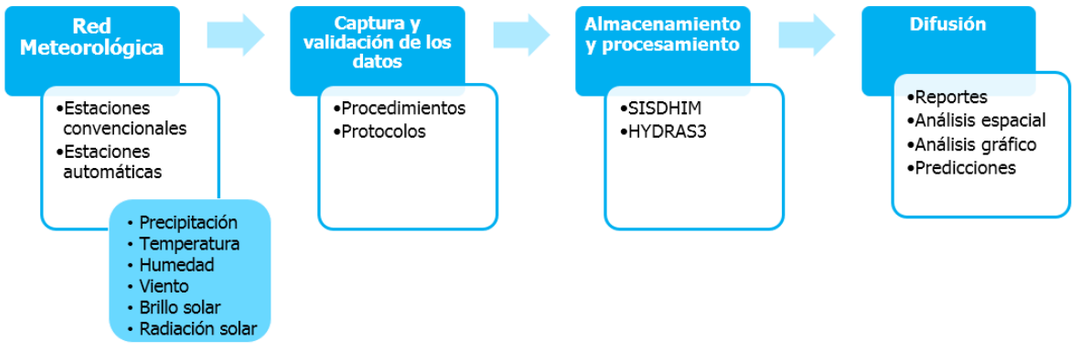


Figura 6. Flujo de la información meteorológica del IDEAM.

De acuerdo con la Ley 99 del 1993 y decreto 1277 de 1994, las directrices del Ministerio de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Figura 7), el IDEAM define los alcances de la operación de la red de monitoreo meteorológico y las CARs deben identificar los vacíos de información en su jurisdicción, a partir de la red meteorológica existente, y hacer el programa de monitoreo pertinente bajo los protocolos elaborados del IDEAM y/o OMM. La CAR y la CVC operan redes de estaciones convencionales y automáticas y suministran la información a través del portal Web a nivel diario y mensual.

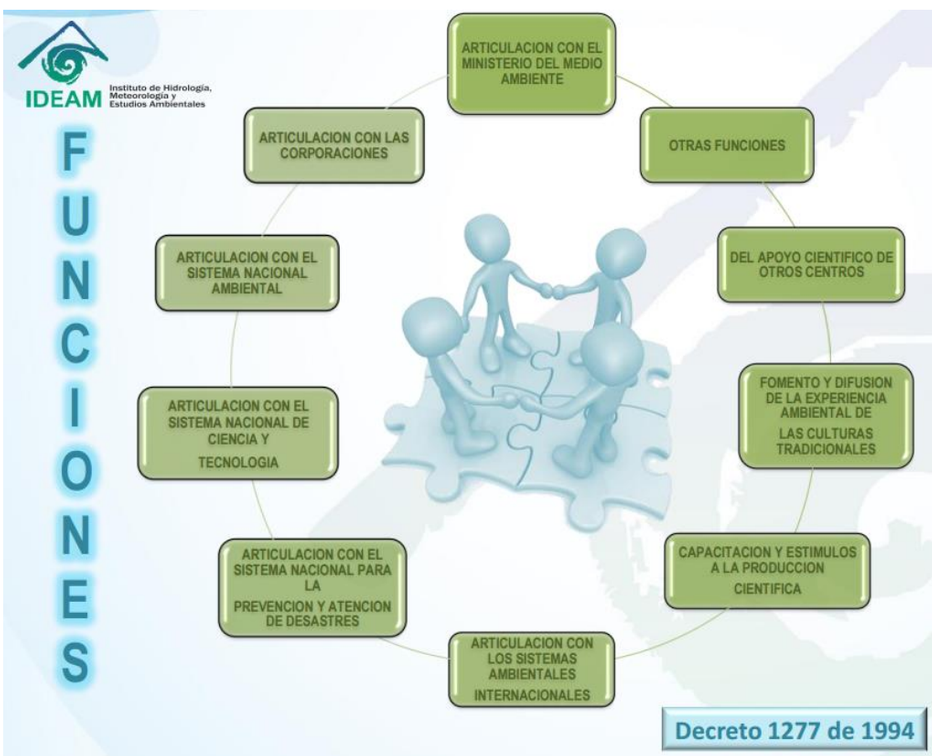


Figura 7. Articulación del IDEAM con otras entidades y sistemas de información (Fuente: IDEAM).

CENICAÑA maneja una red meteorológica automatizada, para optimizar las acciones tecnológicas y productivas del sector azucarero del departamento del Valle del Cauca y Risaralda. Opera bajo estándares de OMM. Divulga información horaria y diría en su portal Web.

FEDEARROZ y Canal Clima operan redes meteorológicas automatizadas, el control de calidad y procesamiento lo suministra una empresa privada de USA. FEDEARROZ divulga información horaria y diaria a través de Internet, mientras que Canal Clima la mantiene restringida.

2.1.2 Mediciones indirectas de origen satelital

En los trópicos, la teledetección es un aspecto esencial para el análisis meteorológico, la predicción numérica del tiempo, los estudios climáticos y sus aplicaciones. En las últimas cuatro décadas, la percepción remota desde los satélites y mediante radares ha aumentado enormemente nuestros conocimientos de la atmósfera tropical y de las propiedades de superficie. La disponibilidad de sensores de microondas de alta resolución ha puesto en nuestras manos nueva información fundamental sobre el ciclo hidrológico en los trópicos.

Los nuevos radares aerotransportados han generado información detallada sobre el núcleo interno de los ciclones tropicales, información de suma importancia para comprender los cambios en su intensidad. Los sensores de microondas y radares a bordo de varias plataformas orbitales ofrecen varias maneras de observar la lluvia, la humedad atmosférica y las propiedades de las superficies del suelo y de los océanos tropicales que nos ayudan a comprender el tiempo y el clima tropical (COMET, 2011).

Los patrones de nubes permiten identificar las estructuras y los fenómenos meteorológicos, como la zona de confluencia intertropical (ZCIT), los ciclones tropicales, las brisas marinas y los tornados. Las nubes cubren casi dos tercios de la superficie terrestre. La percepción remota satelital constituye el método primario de observar y documentar las propiedades radiativas de las nubes a nivel global. Varios nuevos sensores satelitales también ayudan a comprender mejor las estructuras, las formas y las propiedades microfísicas de las nubes.

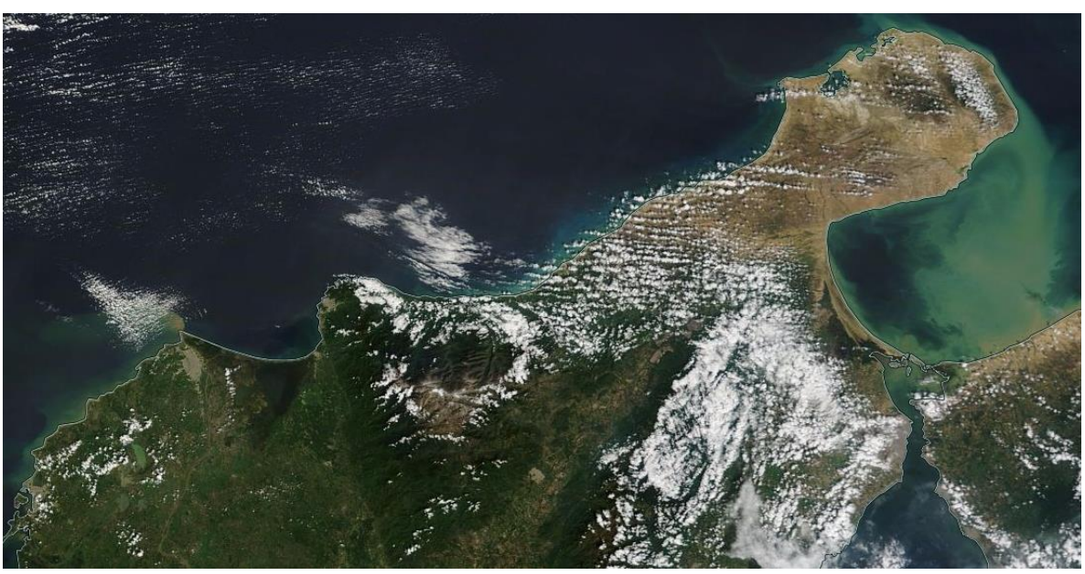


Figura 8. Formaciones nubosas cúmulos sobre la Península de La Guajira y Sierra Nevada de Santa marta observadas por MODIS.

Las imágenes satelitales permiten distinguir las formas de las nubes, es decir, su morfología. Por ejemplo, las nubes celulares de la capa límite se identifican fácilmente en las imágenes visibles (1 km de resolución) o en las imágenes de color verdadero de alta resolución del satélite geoestacionario o mayor resolución (250 metros) de satélites cuasi-polares (Figura 8).

Las emisiones infrarrojas (IR) son de gran utilidad para estimar la precipitación de las nubes convectivas, porque las cimas de las nubes más altas, que son más frías, se correlacionan con tasas de precipitación más altas (Figura 9). La precipitación se estima promediando las temperaturas IR detectadas en distintas áreas y períodos. Esos promedios luego se comparan con las mediciones de precipitación para llegar a una correlación operativa de temperatura y precipitación.

Un ejemplo de esto es el índice de precipitación del GOES (GOES Precipitation Index, GPI), que emplea 235 K como temperatura IR y se correlaciona mejor con la precipitación media en áreas que abarcan 50 a 250 km durante períodos de 3 a 24 horas (COMET, 2011).

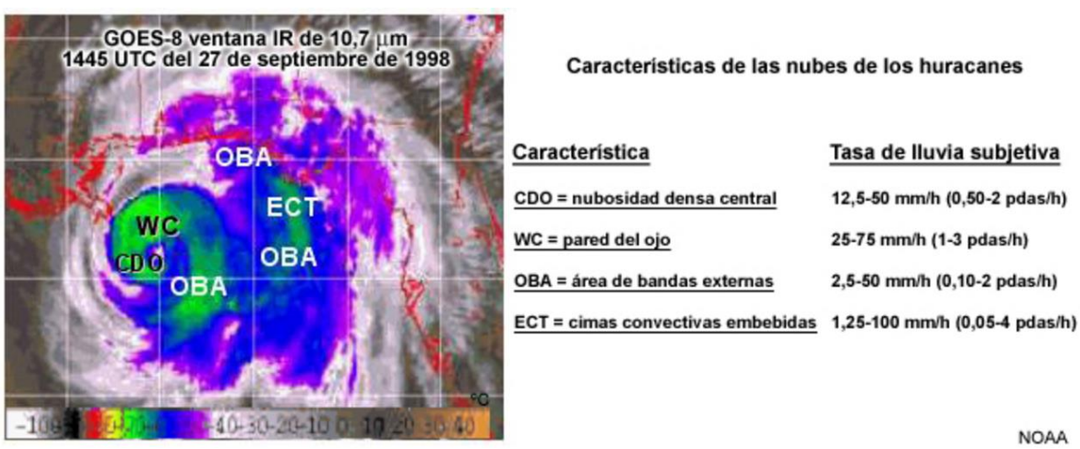


Figura 9. Imagen infrarroja realzada para ilustrar varias temperaturas en la cima de las nubes y las tasas de lluvia (mm hr-1) asociadas (Fuente: COMET).

La ventaja principal de las técnicas basadas en el infrarrojo es la alta frecuencia temporal de las imágenes, que para los satélites geoestacionarios GOES y Meteosat Segunda Generación (MSG) puede ser de hasta 15 minutos. Las técnicas que se basan exclusivamente en el infrarrojo implican cierta desventaja en comparación con el radar, porque la menor resolución del satélite en el infrarrojo no permite distinguir la estructura de escala convectiva y la lluvia en las nubes cálidas.

Además, los cirros gruesos y la precipitación convectiva lucen similares. Esto significa que las técnicas satelitales basadas exclusivamente en el infrarrojo tienden a subestimar la precipitación en las etapas iniciales del ciclo de vida de los sistemas convectivos, cuando

predominan los procesos de lluvia cálida, y a sobreestimarla en las etapas de disipación, cuando los cirros fríos son comunes.

A partir del sensor especial y generador de imágenes de microondas (Special Sensor Microwave/Imager, SSM/I) del programa de satélites meteorológicos del Departamento de Defensa (Defense Meteorological Satellite Program, DMSP) de EE.UU., que fue lanzado en 1987, los sensores satelitales de microondas han cambiado radicalmente la forma en que distinguimos las propiedades de las nubes y medimos la precipitación desde los satélites, porque detectan la precipitación directamente en las nubes. Esto constituye una gran ventaja frente a las técnicas que emplean el infrarrojo, con las cuales resulta difícil distinguir las nubes que generan precipitación de las que no.

Para detectar la precipitación con microondas se emplean varios canales que suelen describirse por su frecuencia en gigahertz (GHz). Algunos canales se encuentran en regiones de ventanas atmosféricas en las cuales los gases atmosféricos absorben muy poca radiación. Los sensores satelitales pueden ver la superficie a través de estas ventanas, incluso cuando hay nubes. Tanto las regiones de ventana atmosférica como las de alta absorción se emplean para derivar varios productos con el objetivo de identificar las propiedades de la superficie y de las nubes.

La estimación de las precipitaciones y tormentas a partir de información satelital ofrece la ventaja de una adecuada cobertura regional, a la vez que permite capturar la variabilidad espacial de las precipitaciones (Adler & Negri, 1988; Herman et al., 1994). Esta característica posee un valor relevante en las actividades agrícolas y en la respuesta de los cultivos a las precipitaciones, una de las variables más importantes de la productividad vegetal.

El primer radar de precipitación fue lanzado a bordo de un satélite como parte de la misión de medición de la lluvia tropical TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) en 1997 y generó las primeras mediciones continuas de la precipitación para todas las regiones tropicales. Gracias a su ángulo de observación, el radar de precipitación del satélite TRMM genera mejores descripciones de la estructura vertical de las tormentas que el radar terrestre.

Además, no exhibe problemas de alcance, como las variaciones de sensibilidad o variaciones regionales de calibración del radar. Sin embargo, el radar de precipitación, cuyo barrido cubre una franja de 247 km, puede observar cada lugar sólo una o dos veces al día. Esta baja resolución temporal significa que el radar de precipitación del TRMM se debe usar en combinación con otras observaciones para los análisis y pronósticos meteorológicos. El radar de precipitación del TRMM pone a nuestra disposición mediciones exactas de la precipitación en los trópicos, las regiones donde cae la mayor parte de la lluvia del planeta, y esto ha mejorado nuestro conocimiento del ciclo energético e hidrológico del planeta.

Los rayos constituyen un peligro mortal y son un fenómeno muy frecuente en los trópicos, especialmente en las zonas tropicales de los continentes, donde su incidencia es mayor. A diferencia de la mayoría de los detectores terrestres, que están limitados a tierra firme y sólo pueden detectar las descargas de las nubes al suelo, los sensores satelitales producen vistas de escala regional a global de la actividad de rayos. La variabilidad de los rayos es un indicador de la intensidad de las tormentas, de las propiedades microfísicas de las nubes y de la variabilidad en la producción natural de los compuestos de nitrógeno.

El primer sensor de rayos a bordo de un satélite fue el detector óptico de eventos transitorios OTD (Optical Transient Detector), que observó los rayos a nivel mundial desde órbita terrestre baja entre 1995 y 2000. El sensor generador de imágenes de rayos LIS (Lightning Imaging Sensor) del Global Hydrology Resource Center (GHRC), una versión mejorada del OTD a bordo del satélite TRMM, ha observado los rayos en los trópicos desde 1997.

Los índices anuales de destello derivados de los instrumentos LIS y OTD muestran que África central es la zona donde se registra la mayor densidad de relámpagos (Figura 10). El instrumento de rápida grabación orbital de eventos transitorios FORTE (Fast On-orbit Recording of Transient Events) ha observado la actividad de rayos a nivel global desde 1997 y el sistema operativo de barrido en línea OLS (Operational Linescan System) del DMSP detecta los rayos por la noche en todo el mundo (COMET, 2011).

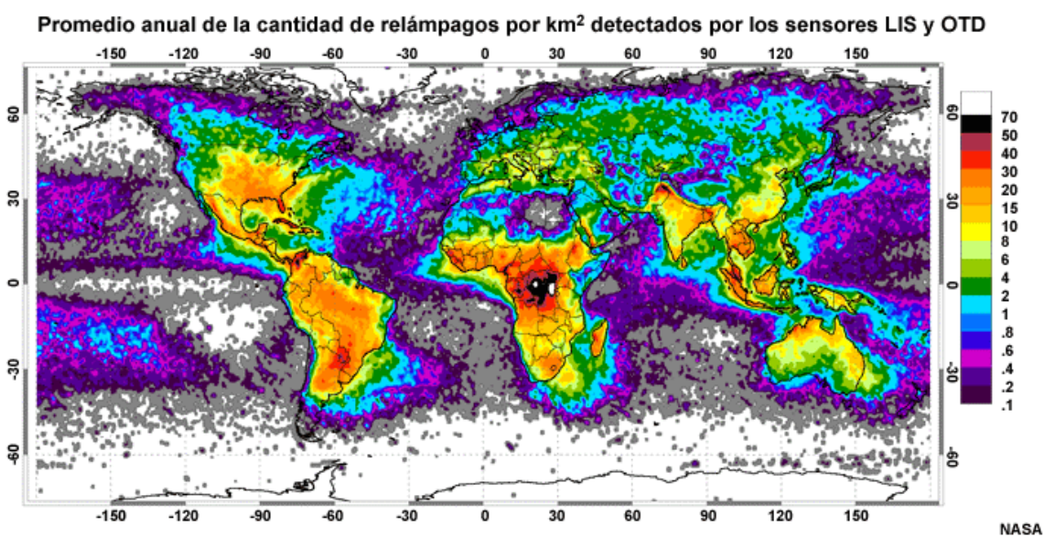


Figura 10. Promedio anual combinado de cantidad de relámpagos por km2 a partir de datos sobre malla provenientes de los sensores LIS y OTD. Las líneas blancas señalan los límites de las observaciones del LIS (Fuente: COMET).

TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION (TRMM)

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) es un satélite de la NASA que hace mediciones muy precisas de las precipitaciones sobre la zona tropical y subtropical, entre 35º N y 35º, para la comprensión de las lluvias y su variabilidad.

El radar de precipitación del TRMM, que fue lanzado en 1997, es el primer radar de precipitación en órbita. Su resolución espacial es de 4 km en sentido horizontal y 250 m en sentido vertical. La franja de barrido original de 220 km del radar de precipitación aumentó a 247 km cuando se elevó la órbita del satélite, en el año 2001.

El radar de precipitación es un sensor activo cuya resolución es superior a la del generador de imágenes por microondas del TRMM (TMI), un sensor de microondas pasivo (Tabla 3). Tras una serie de pruebas de validación que demostraron que las mediciones de lluvia del radar de precipitación son comparables con las del radar terrestre, el radar de precipitación se ha usado en varias aplicaciones.

Tabla 3. Características del satélite TRMM

Principales características del satélite TRMM	
Lanzamiento de peso	Aprox. 3,62 toneladas
Fecha de lanzamiento	28 de noviembre 1997 (JST)
Altitud	Aprox. 350 km (402,5 Km desde el 24 de agosto 2001)
Inclinación	Aprox. 35 grados
Forma en el Espacio	el despegue: 5,1 m (largo), 3,7 m (diámetro) en órbita: 5,1 m (largo), 14,6 m (en la dirección de paleta)
Diseño de la vida	3 años y 2 meses

El satélite TRMM cuenta con 5 sensores (instrumentos) de a bordo:

Radar de precipitación (PR): El radar de precipitación fue el primer instrumento aerotransportado diseñado para ofrecer mapas tridimensionales de la estructura de la tormenta. Estas mediciones proporcionan información muy valiosa sobre la intensidad y la distribución de la lluvia, en el tipo de lluvia, en la profundidad de la tormenta y en la altura a la que la nieve se derrite en forma de lluvia.

Las estimaciones respecto al calor liberado en la atmósfera a diferentes alturas sobre la base de estas mediciones son de utilidad para mejorar los modelos de la circulación atmosférica global. Una de sus características más importantes es su capacidad para proporcionar los perfiles verticales de la lluvia y la nieve de la superficie hasta una altura de cerca de 12 millas (20 kilómetros).

Imágenes Microwave TRMM (TMI): Misión de imágenes de microondas (TMI) es un sensor de microondas pasivo diseñado para proporcionar información cuantitativa sobre las lluvias

de una amplia franja en el marco del satélite TRMM. Midiendo cuidadosamente las cantidades de energía de microondas emitidas por la Tierra y su atmósfera, el TMI es capaz de cuantificar el vapor de agua, el agua de las nubes y la intensidad de la lluvia en la atmósfera.

Escáner infrarrojo visible (VIRS): Como su nombre lo indica, la radiación VIRS escanea la longitud de onda emitida pro radiación de la tierra (espectro), que va desde visible para micrómetros de infrarrojos.

Sistema de energía radiante y nubes (CERES): Los datos del instrumento CERES puede ser utilizado para estudiar la energía intercambiada entre el Sol; la atmósfera terrestre, la superficie, las nubes y el espacio. Sin embargo, sólo funcionó durante enero-agosto de 1998 y marzo de 2000, por lo que el registro de datos disponibles es bastante breve.

Sensor de imagen relámpagos (LIS): El Sensor de Imágenes de Relámpagos es un instrumento pequeño y altamente sofisticado que detecta y localiza un rayo sobre la región tropical del mundo. Mirando hacia abajo desde un punto de vista a bordo de la Misión de Medición de Lluvias Tropicales (TRMM), observatorio, a 250 millas (402 kilómetros) por encima de la Tierra, el sensor proporciona información que podría conducir a futuros sensores avanzados geoestacionarios eléctricas capaces de mejorar significativamente el clima "predicción inmediata".

Un componente clave del TRMM es el programa de validación en tierra (GV), que consiste en la recogida de datos de radar de base terrestre, pluviómetros y disdrómetros. Los datos son de calidad controlada, y luego de un proceso de verificación se producen para la comparación con los productos satelitales TRMM.

Los cuatro sitios primarios GV son Darwin, Australia; Houston, Texas; Kwajalein, República de las Islas Marshall; y, Melbourne, Florida. Un esfuerzo significativo también está siendo apoyado por Wallops Flight Facility (WFF) de la NASA, que suministra mediciones de alta calidad y a largo plazo de las tasas de lluvia, a través de una red de pluviómetros, así como de distribución del tamaño de gota (DSD), utilizando una variedad de instrumentos, incluyendo del tipo-impacto Joss Waldvogel, láser-óptico Parsivel, así como mediciones de disdrómetros de vídeo de dos dimensiones (DSD) y se complementan con otras mediciones en Melbourne y Kwajalein usando disdrómetros Joss-Waldvogel.

Los productos son generados utilizando técnicas desarrolladas para controlar cuidadosamente la calidad de los conjuntos de datos de radar de tierra. Los productos que estiman tasas de precipitación en superficie son ajustados por los datos pluviométricos de calidad controlada.

Para asegurar que los datos GV son de la mejor calidad posible, los datos de pluviómetros dependientes e independientes (cuando esté disponible) se comparan con las estimaciones de radar a través de análisis de dispersión. Otros análisis incluyen comparaciones de series de tiempo de pluviómetros y tasas de lluvia de radar y estudio detallado de los resultados del control de calidad. Estos esfuerzos han resultado en conjuntos de datos de validación estándar, tanto a escalas de tiempo instantáneo y mensual.

Los conjuntos de datos de validación se comparan con las estimaciones de lluvia por satélite de TRMM y han ayudado a establecer la veracidad de los diversos productos de TRMM. Además, otros conjuntos de datos de pluviómetros y disdrómetros específicos se utilizan para producir productos de validación adicionales.

Resolución espacial: 0,25 x 0,25 ° de escala latitud / longitud.
Resolución temporal: 3 horas con acumulados de precipitaciones a 24, 72 y 168 horas.
Período de registro: 1997 - presente

Para el acceso a esta información del satélite existen enlaces donde se puede descargar información en tiempo real.

PERSIANN (PRECIPITATION ESTIMATION FROM REMOTELY SENSED INFORMATION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS)

PERSIANN (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks) utiliza procedimientos de clasificación / aproximación de funciones de red neural para calcular una estimación de la intensidad de lluvia en cada píxel de la imagen de la temperatura de brillo infrarrojo 0,25°x 0.25° proporcionada por los satélites geoestacionarios. El algoritmo PERSIANN utilizado se basa en la imagen infrarroja de onda larga geoestacionaria para generar precipitación global. Producto lluvia cubre 50 ° S a 50 ° N a nivel mundial.

El sistema utiliza la red imágenes infrarrojas de los satélites geoestacionarios globales (GOES-8, GOES-10, GMS-5, METSAT-6, y MetSat-7) proporcionado por el CPC, la NOAA para generar tasas de lluvia cada 30 minutos y se agregan a 6 horas precipitación acumulada. Los parámetros del modelo se actualizan regularmente con estimaciones de la lluvia de los satélites de baja órbita, incluyendo TRMM, NOAA-15, -16, -17, DMSP F13, F14, F15.

El Intervalo espectral corresponde canal infrarrojo de onda larga (10,2-11,2 um) del GOES-8, GOES-10, GMS-5, Meteosat-6 y Meteosat-7.

Adicionalmente utiliza estimaciones de la lluvia instantáneos de TRMM, NOAA y los satélites DMSP.

Los pasos de procesamiento son las siguientes:

Imágenes IR de máxima resolución global se descargan desde el servidor NCEP a diario.
Genera intensidad de lluvia en la superficie de la nube a partir de imágenes infrarrojas:

- Extrae textura de la imagen infrarroja en términos de media y varianza de la Temperatura.
- Clasifica la textura según patrones de textura de nubes.
- Asocia esta serie de patrones a intensidad de lluvia en la superficie.

Datos de imágenes de microondas nivel TRMM 2A (TRMM-2A25) se descargan dos veces al día también con dos días de retraso.

Se sondea cada 30 minutos el Sistema de Archivo Activo de Satélite NOAA para adquirir la última estimación de la precipitación a base de microondas de 6 instrumentos de microondas adicionales a bordo de NOAA K, L y M (15,16 y 17, respectivamente) y 7,8 y DMSP 9. Debido a que están disponibles en tiempo casi real estos datos, que se archivan para su uso siempre que los correspondientes compuestos IR globales estén disponibles.
Cada día, los datos de Global IR de CHRS se utiliza para producir cada 30 minutos producto de precipitación a 4 kilómetros para entrenar el modelo de red neuronal utilizando todas las estimaciones de precipitación basados en microondas disponibles para el día dado.

Hsu y Sorooshian (2008) desarrollan un sistema de clasificación de nubes PERSIANN PERSIANN- CCS (http://fire.eng.uci.edu/CCS/); sin embargo su limitación es que dependen de las propiedades de la nube.

Kuo-Lin et al (2010) mejoran el algoritmo PERSIANN-CCS. El nuevo algoritmo extrae información de nubes a tres temperaturas umbrales (220, 235, y 253 K) que permite obtener intensidades de lluvia de diferentes nubes; esto ayuda en la detección de nubes cirros y distingue diferentes sistemas convectivos en varias alturas. Aunque los resultados mejoran (nubes frías, T < 253 K), se requiere ampliar la capacidad del algoritmo para capturar lluvias más cálidas. Está en investigación el empleo de imágenes multiespectrales.

Resolución espacial: 0,25 x 0,25 ° de escala latitud / longitud.
Resolución temporal: 30 minutos con acumulados de precipitaciones a 6 horas.
Período de registro: 1983 - presente

Para el acceso a esta información del satélite existen enlaces donde se puede descargar información en tiempo real. Dispone de una aplicación para celular sobre la visualización espacial de la precipitación en tiempo real.

CMORPH

CMORPH (técnica de morphing CPC) de la NOAA, produce la precipitación global analiza a muy alta resolución espacial y temporal. Esta técnica utiliza estimaciones de precipitación que se han derivado de las observaciones de microondas por satélite bajo orbitador exclusivamente, y cuyas características son transportados a través de la información de propagación espacial que se obtiene en su totalidad a partir de datos IR satélites geoestacionarios.

En la actualidad incorporamos estimaciones de precipitación derivados de las microondas pasivos a bordo de la DMSP 13, 14 y 15 (SSM / I), el NOAA-15, 16, 17 y 18 (AMSU-B) y AMSR-E y TMI bordo del Aqua de la NASA y la nave espacial TRMM, respectivamente. Estas estimaciones son generados por algoritmos de Ferraro (1997) para SSM / I, Ferraro et al. (2000) para AMSU-B y Kummerow et al. (2001) para la TMI.

Tenga en cuenta que esta técnica no es un algoritmo de estimación de la precipitación, sino un medio por el cual las estimaciones de los algoritmos de precipitaciones microondas existentes se pueden combinar. Por lo tanto, este método es extremadamente flexible de manera que cualquier estimación precipitación a partir de cualquier fuente de microondas vía satélite pueden ser incorporados.

Esta técnica utiliza estimaciones de precipitación que se han derivado de las observaciones de microondas por satélite, y cuyas características son transportadas a través de la información de propagación espacial que se obtiene en su totalidad a partir de datos IR satélites geoestacionarios.

Resolución espacial: 0.07277 grados Lat/Llon (8 km en el ecuador)
Resolución Temporal: 30 minutos de dominio: Global (60N - 60S)
Período de registro: 03 de diciembre 2002 - presente
Referencia: Joyce, RJ, JE Janowiak, PA Arkin, y P. Xie, 2004: CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution. J. Hydromet, 5, 487-503.

HIDRO-ESTIMATOR

El HIDRO-ESTIMATOR – HE es una técnica desarrollada por la NOAA para la estimación operacional de la intensidad de precipitación a partir de satélite en tiempo real. El algoritmo HE utiliza los datos infrarrojos (IR) las temperaturas de brillo para identificar regiones de lluvias y recuperar intensidad de lluvia, así como de los datos de los Centros nacionales de Predicción Ambiental sistema (NCEP) Previsión Global (GFS) que suministran los campos del modelo para tener en cuenta los efectos de la disponibilidad de humedad, la evaporación, la modulación orográfica y efectos de perfiles termodinámicos.

La tasa de lluvia en tiempo real se efectúa sobre la base de las mejores mediciones de la temperatura de la nube del satélite GOES-Este en el canal 10.7 micras. Las estimaciones no están disponibles cuando GOES-East está en el modo de exploración rápida (sólo el hemisferio norte se observa). Las estimaciones pueden ser demasiado altas para cimas de nubes frías y demasiado baja para cimas de nubes calientes. El uso de este producto es a discreción del usuario.

Hydro-Estimator (HE) usa un solo canal (11 micras) para el algoritmo de tasa de lluvia (IFFA; Scofield 1987), que fue desarrollado originalmente en la década de 1970. Muchas de las características de la IFFA fueron automatizadas en el Auto-Estimator (AE; Vicente et al., 1998) en la década de 1990, incluyendo la intensidad de lluvia como una función de la temperatura de brillo de la ventana IR (calibrado con radar) y correcciones para la humedad atmosférica (el producto de agua precipitable - PW) en pulgadas y una humedad relativa del decimal (RH), orografía (mejoras en las regiones de ladera y la reducción en las regiones de ladera descendentes), y nivel de equilibrio convectivo (aumenta tasas de lluvia en las regiones donde la altura convectivo nivel de equilibrio en corrientes ascendentes es bajas). Sin embargo, la AE asignada con frecuencia a altas tasas de lluvia en cirros fríos, se sustituyó por el HE en 2002. El HE asigna precipitaciones únicamente a los píxeles que son más fríos que el promedio de los alrededores píxeles nublados con el fin de eliminar los cirros, y también utiliza correcciones PW y RH por separado para reducir sobrecorrección de la estación fría.

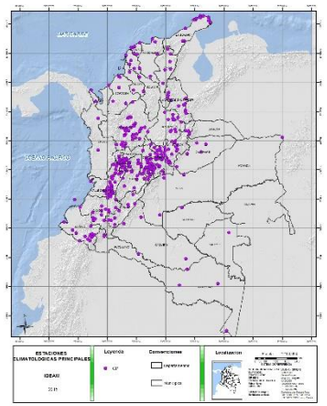
Resolución espacial: cuadrícula de latitud / longitud con 8000 columnas y 3111 filas
Resolución Temporal: 15 minutos dominio global
Período de registro: 2007 - presente

Los productos en tiempo real están disponibles para acumulados de precipitación a 1, 3, 6 y 24 horas.

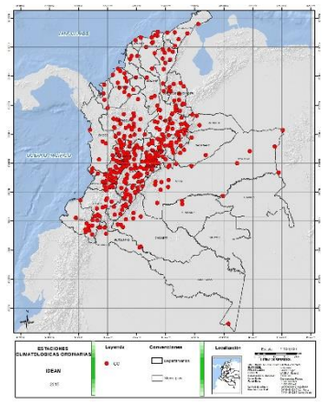
2.2 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

2.2.1 Representatividad o cobertura geográfica

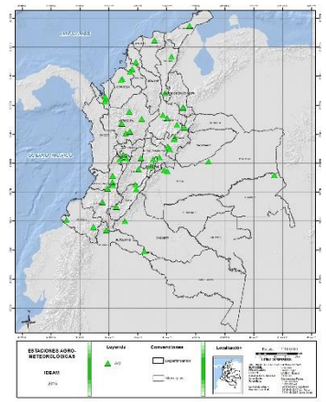
El tiempo y clima sobre una determinada zona suele estimarse a partir de una red de estaciones que midan las variables de interés. En la Figura 11 se muestra la distribución espacial de los distintos tipos de estaciones meteorológicas por categoría disponibles en el país, con una cobertura mayor sobre las regiones Andina y Caribe y deficiente sobre las regiones Pacifica, Orinoquia y Amazonía.



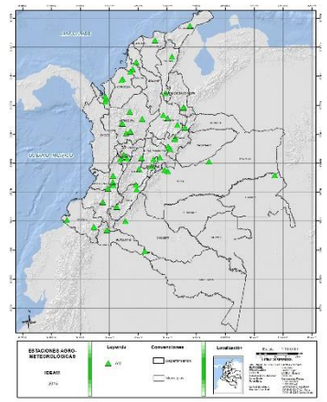
Climatológica Principal



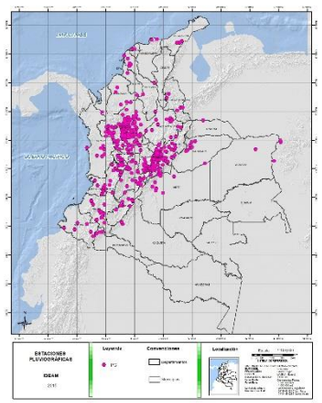
Climatológica Ordinaria



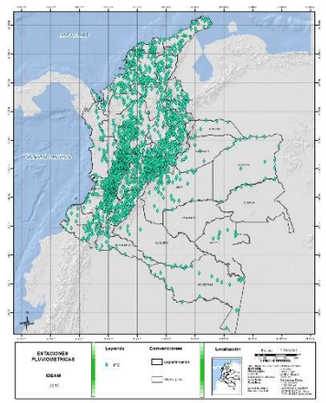
Sinópticas



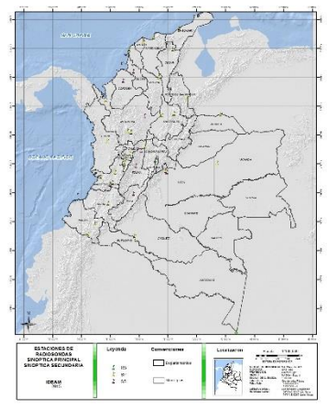
Agrometeorlógicas



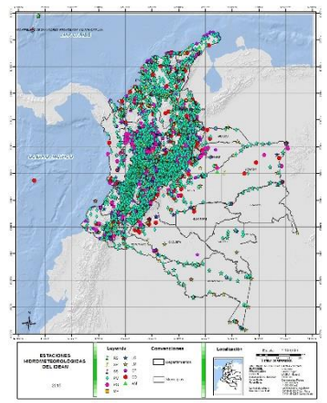
Pluviográfica



Pluviométrica



Meteorlógica especial



Todas las estaciones

Figura 11. Distribución de estaciones meteorológicas por categoría.

Las estaciones inventariadas se encuentran distribuidas así:

- Estación Pluviométrica (PM): 219
- Estación Pluviográfica (PG): 219
- Estación Climatológica Principal (CP): 291
- Estación Climatológica Ordinaria (CO): 512
- Estación Sinóptica Principal (SP): 42
- Estación Sinóptica Suplementaria (SS): 13
- Estación Agrometeorológica (AM): 75
- Estación de Radiosonda (RS): 6
- Estación Meteorológica Especial (ME): 89

Tabla 4. Cantidad y densidad de estaciones meteorológicas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de representatividad o cobertura geográfica

Departamento	Área Km²	Total Estaciones Instaladas	Estaciones Activas	Estaciones Instaladas /100 Km²	Estaciones Activas /100 Km²
AMAZONAS	109128	69	58	0.06	0.05
ANTIOQUIA	63159	397	232	0.63	0.37
ARAUCA	23851	34	14	0.14	0.06
ATLANTICO	3306	65	33	1.97	1.00
BOGOTA D.C.	1635	97	42	5.93	2.57
BOLIVAR	26670	251	116	0.94	0.43
BOYACA	23075	372	223	1.61	0.97
CALDAS	7415	82	52	1.11	0.70
CAQUETA	90071	54	38	0.06	0.04
CASANARE	44484	81	52	0.18	0.12
CAUCA	30612	280	185	0.91	0.60
CESAR	22441	174	97	0.78	0.43
CHOCO	47986	100	66	0.21	0.14
CORDOBA	25044	180	91	0.72	0.36
CUNDINAMARCA	22365	764	614	3.42	2.75
GUAINIA	71306	17	12	0.02	0.02
GUAVIARE	55451	21	13	0.04	0.02
HUILA	18713	245	149	1.31	0.80
LA GUAJIRA	20641	155	84	0.75	0.41
MAGDALENA	23216	155	100	0.67	0.43
META	85479	148	93	0.17	0.11
NARIÑO	31378	133	105	0.42	0.33
NORTE DE SANTANDER	21934	219	102	1.00	0.47
PUTUMAYO	25900	81	45	0.31	0.17
QUINDIO	1936	18	15	0.93	0.77
RISARALDA	3541	73	38	2.06	1.07
SANTANDER	30597	287	154	0.94	0.50
SUCRE	10733	79	53	0.74	0.49
TOLIMA	23982	287	176	1.20	0.73
VALLE DEL CAUCA	20977	488	340	2.33	1.62
VAUPES	53492	19	15	0.04	0.03
VICHADA	100051	56	35	0.06	0.03

SAN ANDRES Y PROVIDENCIA	50	17	13	34.00	26.00

Dado que en la mayoría de los casos las estaciones se hallan en lugares donde hay una población permanente, no están distribuidos de manera uniforme; en consecuencia, la vigilancia, el monitoreo y los estudios del tiempo y clima son derivados a partir de estas redes y generalmente se interpola sobre las zonas sin datos, generando un mayor grado de incertidumbre en las estimaciones. El tipo de instrumento y su ubicación introducen también un grado de incertidumbre adicional.

La distribución de la información meteorológica por variables está limitada por la distribución de los distintos tipos de estaciones meteorológicas y por el periodo de operación de las estaciones, ya que algunas de ellas son reubicadas o suspendidas. En la Tabla 4, se muestra la cantidad de estaciones instaladas y en operación por departamento, al igual que la densidad disponible por cada 100 km^2 de área, donde se resalta Atlántico, Bogotá D.C, Cundinamarca, Risaralda, Valle del Cauca y San Andrés y Providencia, con más de una estación por cada 100 km^2.

En el Anexo D, se incluyen los mapas departamentales de estaciones meteorológicas.

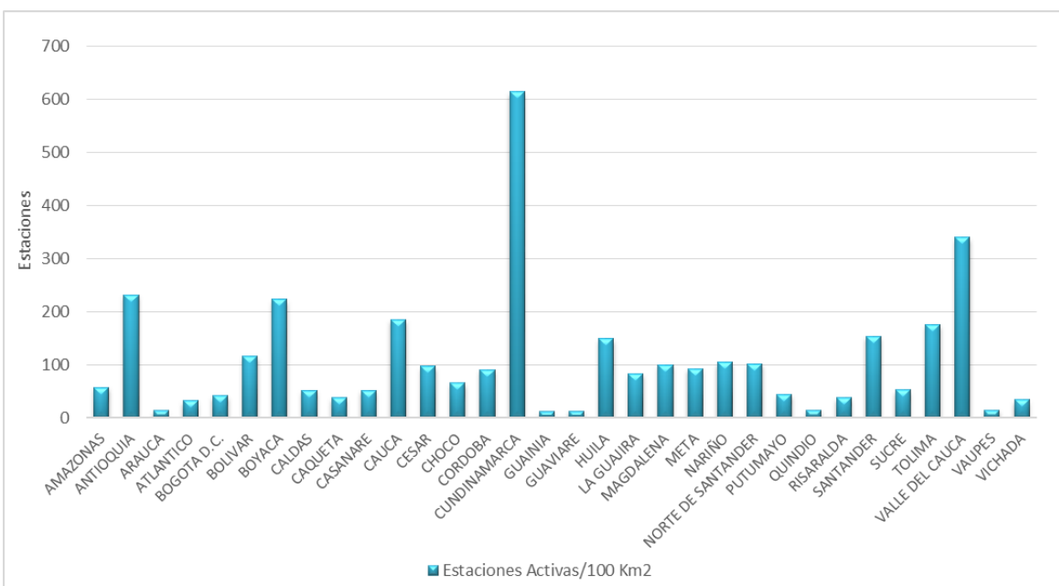


Figura 12. Distribución de estaciones meteorológicas por departamento.

En la Figura 12 se puede observar que la mayor cantidad de estaciones disponibles y que se encuentran en operación están ubicadas en departamento de Cundinamarca (614 estaciones), seguidos por el Valle del Cauca, con cerca de la mitad de estaciones (340), le siguen en orden y con más de 200 estaciones Antioquia y Boyacá.

Se torna importante la distribución espacial de las estaciones a la luz de cada una de las variables meteorológicas para poder calificar eventos, como las lluvias intensas, vientos fuertes, temperaturas extremas, lluvias excesivas, entre otros.

Dado que en la mayoría de los casos las estaciones se hallan en lugares donde hay una población permanente, no están distribuidos de manera uniforme; en consecuencia, la vigilancia, el monitoreo y los estudios del tiempo y clima son derivados a partir de estas redes y generalmente se interpola sobre las zonas sin datos, generando un mayor grado de incertidumbre en las estimaciones. El tipo de instrumento y su ubicación introducen también un grado de incertidumbre adicional.

En la Figura 13 se muestra la distribución espacial de la estaciones que suministran información de precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar y viento, con muy pequeñas variaciones a nivel diario y mensual, así mismo, las regiones Caribe y Andina se destacan por poseer la mayor cantidad de estaciones para la medición de las variables antes citadas.

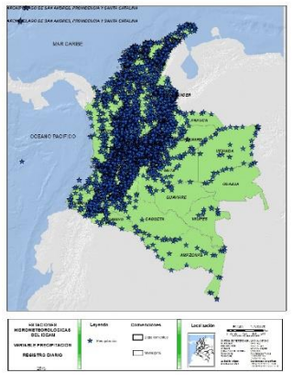
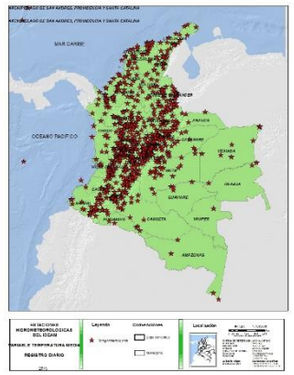
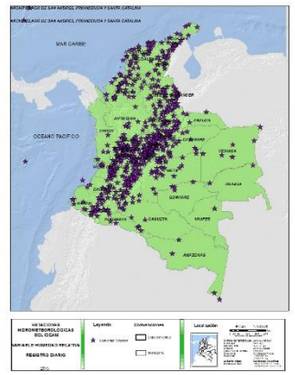
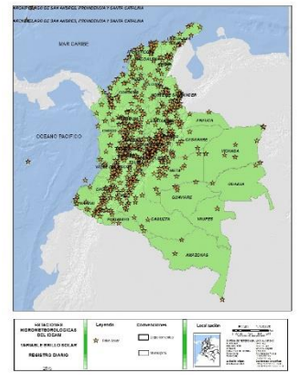
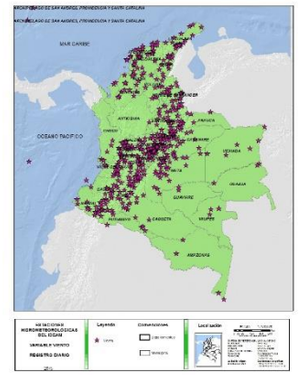
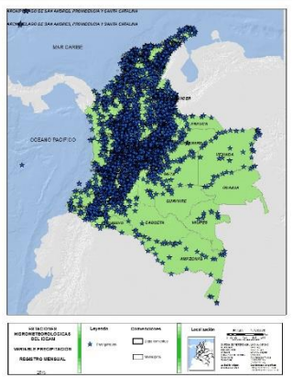
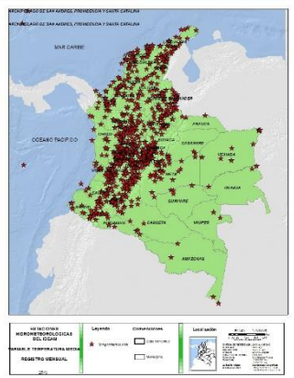
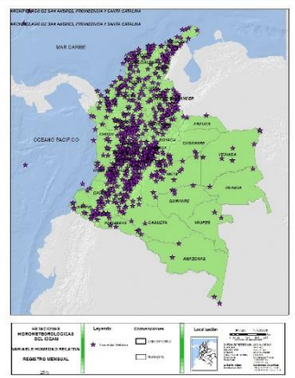
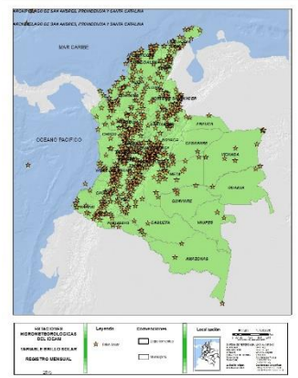
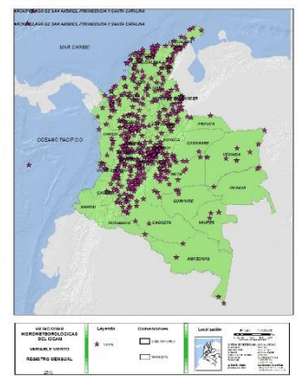
DIARIOS				
				
Precipitación	Temperatura	Humedad	Brillo solar	Viento
MENSUALES				
				
Precipitación	Temperatura	Humedad	Brillo solar	Viento

Figura 13. Distribución de estaciones meteorológicas por categoría.

En la Tabla 5, se muestran cuanta estaciones dispone cada departamento para las variables de precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar y viento.

Tabla 5. Distribución de estaciones meteorológicas activas por variable meteorológica.

CANTIDAD DE ESTACIONES ACTIVAS POR VARIABLE							
Departamento	Precipitación	Temperatura Media	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Humedad Relativa	Velocidad del Viento	Brillo Solar
AMAZONAS	33	7	6	6	7	6	2
ANTIOQUIA	297	105	50	50	105	51	22
ARAUCA	14	6	4	4	6	4	1
ATLANTICO	52	18	12	12	18	12	6
BOGOTA D.C.	85	63	42	42	63	42	24
BOLIVAR	125	33	18	18	33	18	11
BOYACA	234	74	36	36	74	36	21
CALDAS	54	25	14	14	25	14	5
CAQUETA	30	17	9	9	17	9	3
CASANARE	48	17	10	10	17	10	5
CAUCA	192	52	23	23	52	23	6
CESAR	131	35	15	15	35	15	7
CHOCO	75	31	15	15	31	15	2
CORDOBA	118	37	14	14	37	16	5
CUNDINAMARCA	392	169	116	116	169	116	67
GUAINIA	9	2	2	2	2	2	1
GUAVIARE	13	7	2	2	7	2	1
HUILA	182	51	16	16	51	17	5
LA GUAJIRA	116	39	21	21	39	21	13
MAGDALENA	119	33	15	15	33	15	5
META	103	43	19	19	43	20	12
NARIÑO	98	42	31	31	42	32	12
NORTE DE SANTANDER	146	41	19	19	41	19	10
PUTUMAYO	51	17	4	4	17	4	1
QUINDIO	13	8	5	5	8	5	3
RISARALDA	52	29	20	20	29	20	11
SANTANDER	182	51	22	22	51	23	11
SUCRE	57	15	11	11	15	12	4
TOLIMA	205	71	38	38	71	40	21
VALLE DEL CAUCA	361	112	67	67	112	69	16
VAUPES	12	3	1	1	3	2	1
VICHADA	31	7	3	3	7	3	3
SAN ANDRES Y PROVIDENCIA	11	5	5	5	5	5	1

En la Figura 14, se observa que Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Valle del Cauca, se caracterizan por tener mayores cantidades de observaciones de las variables meteorológicas.

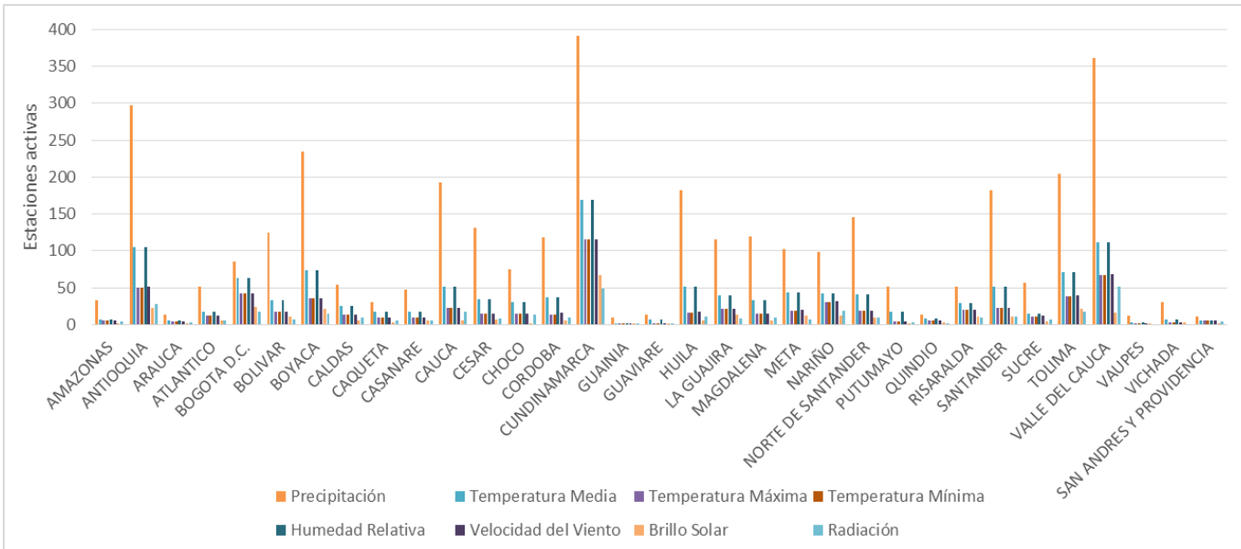


Figura 14. Cantidad de estaciones meteorológicas por variable meteorológica y departamento.

La mayor parte de las observaciones corresponden a la variable precipitación (Figura 14), variable muy importante en agrometeororología, para monitorear y evaluar el riesgo de lluvias intensas, sequías, entre otros eventos de índole meteorológica. Es de anotar que dada la gran variabilidad espacial y temporal de este elemento es necesario contar con una buena cobertura espacial de estaciones. Cundinamarca posee alrededor de 392 pluviómetros (incluidos los pluviógrafos y los sensores de precipitación), le sigue Valle del Cauca con 361, Antioquia con 297 y con 234.

Para evaluar vientos fuerte, incluidos los vendavales, se requiere, al igual que la precipitación, una muy buena densidad espacial de estaciones dada también la muy alta variabilidad del viento y en especial por los efectos tan limitados del mismo. La red nacional es muy pobre en la medición de viento. Cundinamarca (Figura 15) apenas cuenta con cerca de 100 instrumentos para la medida del viento.

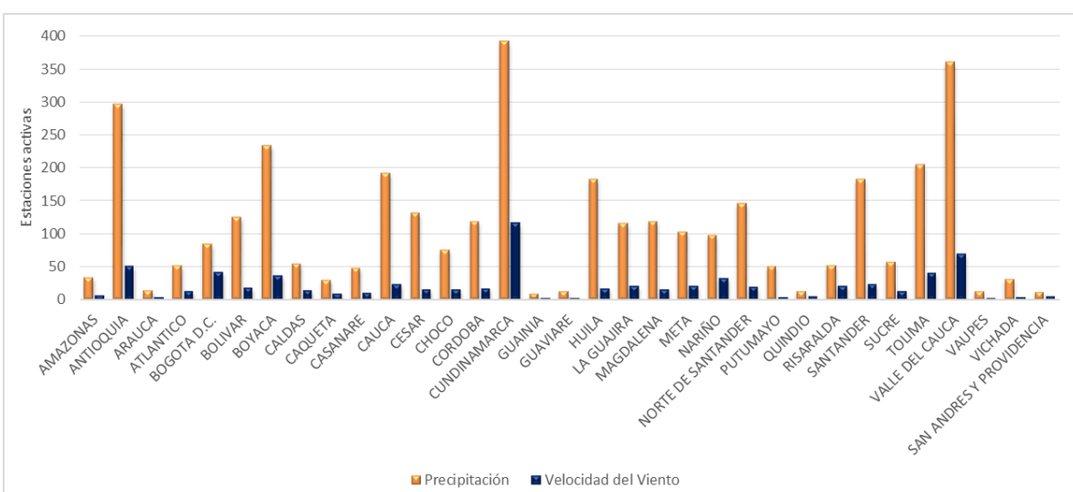


Figura 15. Cantidad de estaciones meteorológicas por departamento para precipitación y velocidad del viento.

Otras variables importantes en agrometeorología, no solo por variabilidad espacio-temporal sino también por su importancia en los cultivos y por su alta variabilidad son la humedad y la cantidad de luz solar que recibe. En la Figura 16, se puede ver que la red nacional adolece de una buena cantidad de instrumental para la medición de estos parámetros. Cundinamarca es la que marca la mayor cantidad de estaciones dotadas con los instrumentos para medir humedad y brillo solar.

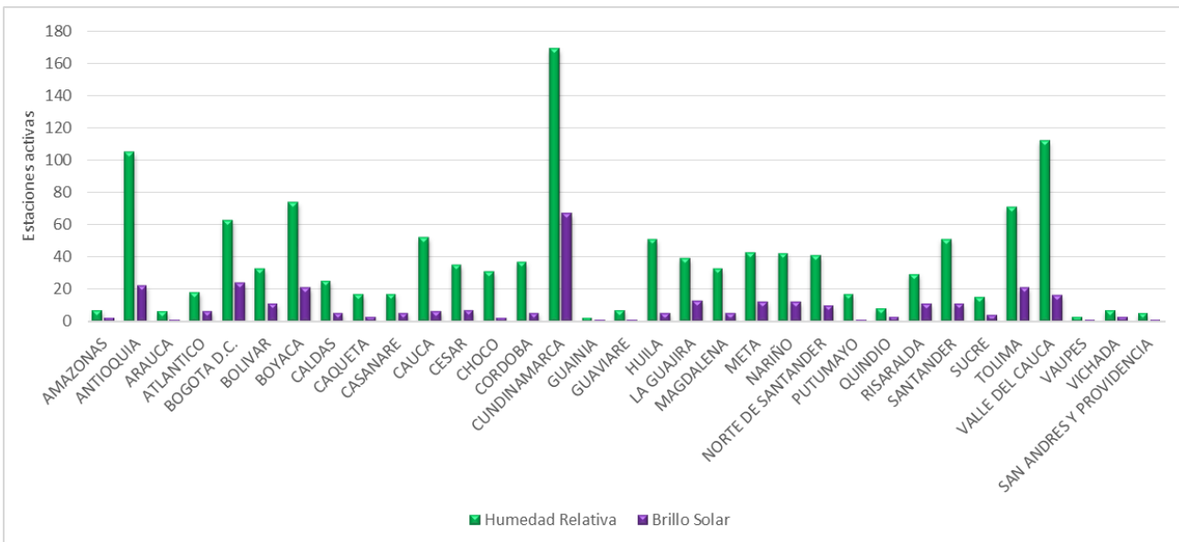


Figura 16. Cantidad de estaciones meteorológicas por departamento para humedad relativa y brillo solar.

Resulta de gran importancia las mediciones de temperatura, incluidos sus valores extremos para determinar, analizar y fijar los factores que son adversos para la agricultura, tales como: heladas, sequía, olas de calor y temperaturas extremas. Colombia por estar en la zona ecuatorial, esta variable tiene muy poca variabilidad temporal, mientras que la elevación determina las variaciones espaciales, razón por la cual no se requiere una red con igual cubrimiento que la red de estaciones que la precipitación.

La distribución de estaciones en Colombia para esta variable mantiene la misma tendencia departamental citada para las otras variables, encabezada por Cundinamarca, Valle del Cauca y Antioquia (Figura 17).

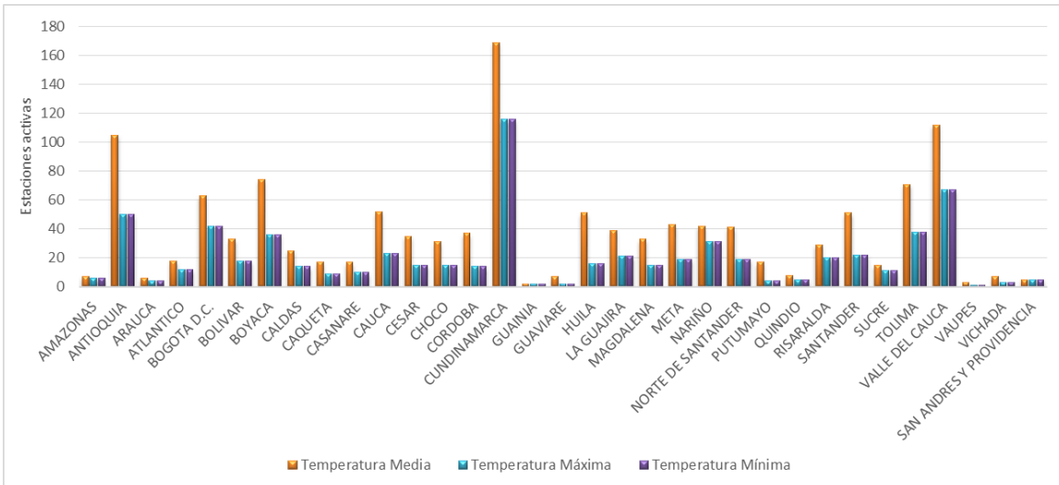


Figura 17. Cantidad de estaciones meteorológicas por departamento para temperatura Media, Máxima y Mínima.

En la Tabla 6, se muestra la densidad de estaciones por cada 100 km^2 de superficie departamental. De acuerdo con los criterios definidos para monitorear o evaluar eventos meteorológicos adverso a la agricultura y calificados de orden catastrófico en el numeral 1.1, se debe esperar que para tener un buen cubrimiento de mediciones en precipitación y viento es necesario tener al menos 10 estaciones por cada 100 km^2 y para las otras variables por lo menos una estación, pero desafortunadamente estos criterios no se cumplen salvo en el Archipiélago de San Andrés y Providencia y Sabana de Bogotá, dadas sus dimensiones espaciales.

Tabla 6. Densidad espacial de estaciones meteorológicas activas por variable meteorológica. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de representatividad o cobertura geográfica por variable.

CANTIDAD DE ESTACIONES POR VARIABLE Y POR ÁREA DEPARTAMENTAL (#/100 Km^2)							
Departamento	Precipitación	Temperatura Media	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Humedad Relativa	Velocidad del Viento	Brillo Solar
AMAZONAS	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
ANTIOQUIA	0.47	0.17	0.08	0.08	0.17	0.08	0.03
ARAUCA	0.06	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00
ATLANTICO	1.57	0.54	0.36	0.36	0.54	0.36	0.18
BOGOTA D.C.	5.20	3.85	2.57	2.57	3.85	2.57	1.47
BOLIVAR	0.47	0.12	0.07	0.07	0.12	0.07	0.04
BOYACA	1.01	0.32	0.16	0.16	0.32	0.16	0.09
CALDAS	0.73	0.34	0.19	0.19	0.34	0.19	0.07
CAQUETA	0.03	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
CASANARE	0.11	0.04	0.02	0.02	0.04	0.02	0.01
CAUCA	0.63	0.17	0.08	0.08	0.17	0.08	0.02
CESAR	0.58	0.16	0.07	0.07	0.16	0.07	0.03
CHOCO	0.16	0.06	0.03	0.03	0.06	0.03	0.00
CORDOBA	0.47	0.15	0.06	0.06	0.15	0.06	0.02
CUNDINAMARCA	1.75	0.76	0.52	0.52	0.76	0.00	0.30
GUAINIA	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GUAVIARE	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
HUILA	0.97	0.27	0.09	0.09	0.27	0.09	0.03
LA GUAJIRA	0.56	0.19	0.10	0.10	0.19	0.10	0.06

MAGDALENA	0.51	0.14	0.06	0.06	0.14	0.06	0.02
META	0.12	0.05	0.02	0.02	0.05	0.02	0.01
NARIÑO	0.31	0.13	0.10	0.10	0.13	0.10	0.04
NORTE DE SANTANDER	0.67	0.19	0.09	0.09	0.19	0.09	0.05
PUTUMAYO	0.20	0.07	0.02	0.02	0.07	0.02	0.00
QUINDIO	0.67	0.41	0.26	0.26	0.41	0.26	0.15
RISARALDA	1.47	0.82	0.56	0.56	0.82	0.56	0.31
SAN ANDRES	22.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	2.00
SANTANDER	0.59	0.17	0.07	0.07	0.17	0.08	0.04
SUCRE	0.53	0.14	0.10	0.10	0.14	0.11	0.04
TOLIMA	0.85	0.30	0.16	0.16	0.30	0.17	0.09
VALLE DEL CAUCA	1.72	0.53	0.32	0.32	0.53	0.33	0.08
VAUPES	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
VICHADA	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

2.2.2 Continuidad

Tabla 7. Porcentaje de estaciones meteorológicas activas con respecto a estaciones instaladas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de continuidad.

Departamento	Total Estaciones	Estaciones Inactivas	Estaciones Activas	Porcentaje estaciones inactivas	Porcentaje estaciones activas
AMAZONAS	69	11	58	16%	84%
ANTIOQUIA	397	165	232	42%	58%
ARAUCA	34	20	14	59%	41%
ATLANTICO	65	32	33	49%	51%
BOGOTA D.C.	97	55	42	57%	43%
BOLIVAR	251	135	116	54%	46%
BOYACA	372	149	223	40%	60%
CALDAS	82	30	52	37%	63%
CAQUETA	54	16	38	30%	70%
CASANARE	81	29	52	36%	64%
CAUCA	280	95	185	34%	66%
CESAR	174	77	97	44%	56%
CHOCO	100	34	66	34%	66%
CORDOBA	180	89	91	49%	51%
CUNDINAMARCA	764	150	614	20%	80%
GUAINIA	17	5	12	29%	71%
GUAVIARE	21	8	13	38%	62%
HUILA	245	96	149	39%	61%
LA GUAJIRA	155	71	84	46%	54%
MAGDALENA	155	55	100	35%	65%
META	148	55	93	37%	63%
NARIÑO	133	28	105	21%	79%
NORTE DE SANTANDER	219	117	102	53%	47%
PUTUMAYO	81	36	45	44%	56%
QUINDIO	18	3	15	17%	83%
RISARALDA	73	35	38	48%	52%
SANTANDER	287	133	154	46%	54%
SUCRE	79	26	53	33%	67%
TOLIMA	287	111	176	39%	61%

VALLE DEL CAUCA	488	148	340	30%	70%
VAUPES	19	4	15	21%	79%
VICHADA	56	21	35	38%	63%
SAN ANDRES Y PROVIDENCIA	17	4	13	24%	76%

La distribución de la información meteorológica por variables está limitada por la distribución de los distintos tipos de estaciones meteorológicas y por el periodo de operación de las estaciones, ya que algunas de ellas son reubicadas o suspendidas. En la Tabla 7, se muestra la cantidad de estaciones instaladas y en operación por departamento, al igual que el porcentaje de permanencia de las estaciones (activas). El indicador de continuidad se cumple solo para Amazonas, Cundinamarca y Quindío

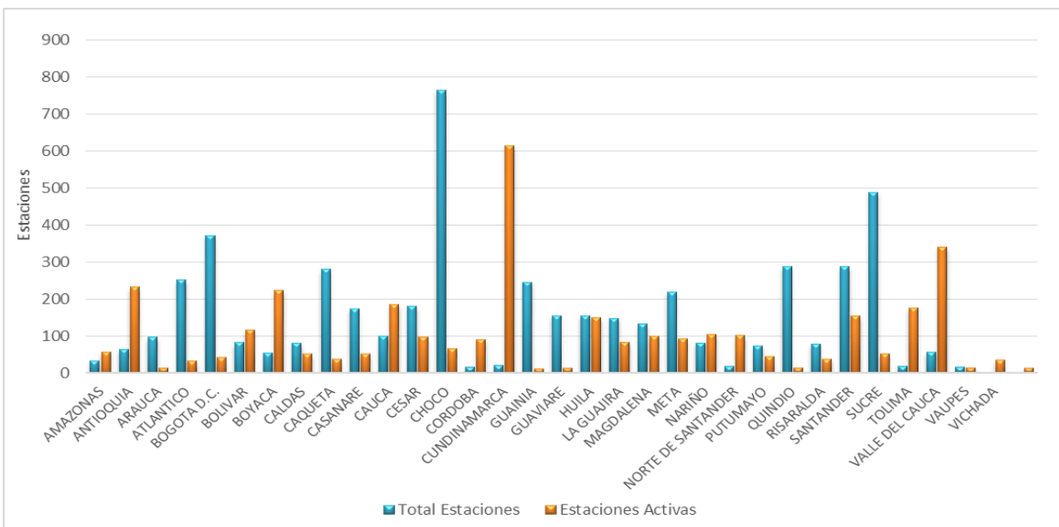


Figura 18. Cantidad de estaciones meteorológicas instaladas y en operación (activas).

En la Figura 18 se puede observar que no hay una política para mantener la continuidad en la operación de las estaciones, en promedio de cada 100 estaciones que se instalan 38 son retiradas de operación. En Arauca, Bogotá D.C. y Norte de Santander han suspendido más de la mitad de las estaciones instaladas según en Catálogo Nacional de Estaciones.

2.2.3 Oportunidad

Un buen sistema de observación debe ir acompañado de un sistema de comunicación para la difusión de la información, de manera que se pueda incorporar al proceso de toma de decisiones.

El sistema de información meteorológica que opera en el país dispone de estaciones que transmiten su información en tiempo real, a través de satélite e internet. Alrededor del 10% de estaciones operan en esta modalidad, cuando lo deseable fuera por lo menos el 80%. Bogotá D.C maneja una red de estaciones con transmisión en tiempo real, que corresponde al 43% (Tabla 8 y Figura 19) de las estaciones activas. Atlántico, Caldas, Chocó, La Guajira,

Nariño y Risaralda tiene aproximadamente el 20% de estaciones que operan en tiempo real.

Tabla 8. Porcentaje de estaciones meteorológicas activas con respecto a estaciones instaladas.

Departamento	Estaciones Activas	Estaciones Tiempo Real	% Estaciones Tiempo Real
AMAZONAS	58	4	7%
ANTIOQUIA	232	31	13%
ARAUCA	14	2	14%
ATLANTICO	33	7	21%
BOGOTA D.C.	42	18	43%
BOLIVAR	116	9	8%
BOYACA	223	16	7%
CALDAS	52	11	21%
CAQUETA	38	6	16%
CASANARE	52	5	10%
CAUCA	185	22	12%
CESAR	97	10	10%
CHOCO	66	13	20%
CORDOBA	91	12	13%
CUNDINAMARCA	614	76	12%
GUAINIA	12	1	8%
GUAVIARE	13	1	8%
HUILA	149	17	11%
LA GUAJIRA	84	16	19%
MAGDALENA	100	10	10%
META	93	7	8%
NARIÑO	105	20	19%
NORTE DE SANTANDER	102	11	11%
PUTUMAYO	45	3	7%
QUINDIO	15	2	13%
RISARALDA	38	9	24%
SAN ANDRES	13	3	23%
SANTANDER	154	14	9%
SUCRE	53	7	13%
TOLIMA	176	20	11%
VALLE DEL CAUCA	340	21	6%
VAUPES	15	1	7%
VICHADA	35	0	0%

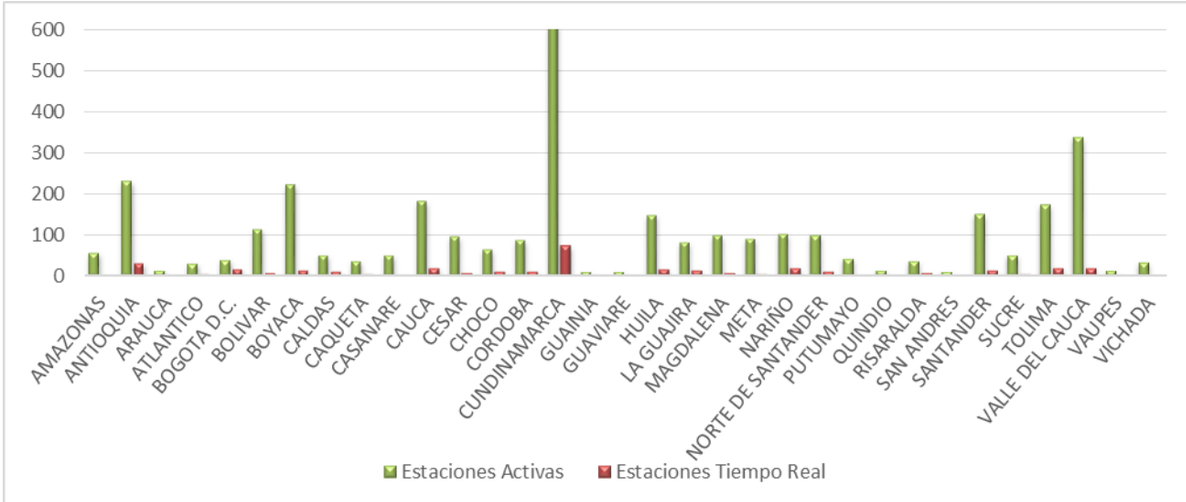


Figura 19. Cantidad de estaciones meteorológicas activas y estaciones en tiempo real por departamento.

3. INFORMACIÓN DE VARIABLES HIDROLÓGICAS

3.1 METODOLOGÍAS UTILIZADAS PARA GENERAR INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

Tabla 9. Entidades consultadas para el inventario de información hidrológica.

NOMBRE ENTIDAD	INVENTARIO	COBERTURA
IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Estaciones, datos, estudios y monitoreo hidrológico	Colombia
CAR - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Estaciones y datos hidrológicos	Cundinamarca y Boyacá
CVC - Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca	Estaciones y datos hidrológicos	Valle del Cauca

Como se ha mencionado antes, el IDEAM como una institución de investigación científica de orden nacional tiene la función de realizar el acopio, procesamiento y análisis de información, en este sentido, estandariza y homogeneiza los procesamientos con los cuales se produce el dato y se genera la información hidrológica para garantizar el conocimiento sobre el agua y los recursos hídricos. A nivel regional en los últimos años, algunas entidades tanto del sector privado como público han instalado estaciones automáticas de acuerdo con sus necesidades particulares. La CAR y la CVC operan redes de estaciones convencionales y automáticas y suministran la información a través del portal Web (Tabla 9).

El conocimiento de procesos hidrológicos que se prevén en tiempo real, como las inundaciones, desbordamientos, crecidas lentas se estudian gracias al monitoreo y seguimiento del comportamiento del agua en todas sus formas de existencia, es decir, necesitan de datos observacionales históricos obtenidos de fuentes adecuadamente distribuidas por Colombia.

3.1.1 Estaciones hidrológicas

El conocimiento del recurso hidrológico se produce sólo a través de mediciones y observaciones sistemáticas de las variables como niveles y caudales, las cuales deben obedecer a un Protocolo de monitoreo liderada por la OMM, para lo cual ha elaborado Guías de Prácticas Hidrológicas, aplicadas en Colombia, como la Guía No. 168 de prácticas hidrológicas: adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones.

En Colombia el IDEAM tiene la función de obtener, almacenar, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología; asimismo establecer y poner en funcionamiento las infraestructuras hidrológicas nacionales para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicios de asesoramiento a la comunidad.

El diseño y operación de la red básica nacional del IDEAM sigue los lineamientos dados por la OMM, los cuales se han venido ajustando a las necesidades del país y se encuentran plasmados en protocolos de monitoreo, guías y demás herramientas (Anexo E). El IDEAM, en el año 2007, publicó el "Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua", el cual comprende todos los procesos que hacen parte del flujo de información, desde la captura, diseño de la red, procesamiento, validación y publicación.

El IDEAM opera dos tipos de estaciones hidrológicas en Colombia: la red básica para la elaboración de estudios con proyecciones anuales y multianuales (a largo plazo) y la red específica para pronósticos hidrológicos y alertas en tiempo real. Esta red de estaciones automáticas cuenta con estaciones vía satélite, tiene una cobertura nacional, y está diseñada para cubrir los grandes ríos del país, principalmente el Magdalena – Cauca y Catatumbo; su objetivo principal es alertar a las poblaciones ribereñas sobre la probabilidad del aumento o disminución de los niveles del agua.

En términos generales, el sensor del movimiento de los niveles del agua ubicado en cada una de las estaciones hidrológicas automáticas realiza la lectura del nivel del río cada hora y envía la señal al satélite americano GOES, el cual retransmite la información y es captada por las antenas receptoras ubicadas en el IDEAM en Bogotá y alimenta la base de datos.

MEDICIÓN DE NIVELES

Se denomina nivel del agua en una corriente (río, quebrada, arroyo, caño) o en un cuerpo de agua (ciénaga, lago, laguna, embalse), a la elevación o altura de la superficie del agua en un punto determinado, el cual está ligado topográficamente a un origen de referencia identificado con una cota arbitraria o al nivel medio del mar (IDEAM, 2007).

Para las mediciones del nivel de agua se utilizan dos tipos de instrumentos:

- Limnímetro o la mira hidrométrica de lectura directa.

- Limnígrafos o registro gráfico continuo de los niveles de agua.

La instalación de las miras se realiza teniendo en cuenta los siguientes requerimientos técnicos (IDEAM, 2007):

a) Buena fijación. Garantiza que no se produzcan movimientos verticales que alteren las lecturas. Para ello se recomienda su instalación en sitios estables como en rocas, pilas de puentes, muelles, u otras estructuras resistentes.
b) Fácil operación. Las miras se deben colocar de tal forma que se puedan leer con comodidad, seguridad y precisión, en consecuencia deben tener facilidades de acceso.
c) Referenciación. El plano cero de la mira debe estar referenciado a un punto o BM que en lo posible esté ligado a la red de nivelación del IGAC, a fin de verificar periódicamente la cota cero o para restituir con precisión la posición inicial en caso de ser removidas (robadas) o destruidas por eventos naturales.

Para mantener en funcionamiento una instalación limnimétrica se debe tener en cuenta las siguientes instrucciones (IDEAM, 2007):

a) Visitar la estación periódicamente para revisar su estado, en cuanto a la parte física, operación por parte del observador y específicamente en lo atinente a continuidad y calidad de los datos.
b) Verificar la posición de la cota cero y de los empalmes entre los diferentes tramos de limnímetro instalados en la estación.
c) Cambiar los tramos que se encuentren averiados especialmente cuando la pintura o esmalte del tramo se encuentren borrosos o ilegibles.
d) Revisar los numeradores que identifican los diferentes tramos de la estación.

Para el registro permanente de niveles se han diseñado mundialmente equipos automáticos denominados limnígrafos, los cuales para su operación y protección van instalados en estructuras metálicas y de concreto. Los costos de estos equipos limitan su operación, pero por eficacia y exactitud ha sido indispensable su instalación.

El mantenimiento del limnígrafo se limita al servicio rutinario de verificar el buen funcionamiento y a ciertos ajustes de calibración en caso de necesidad.

MEDICIÓN DE CAUDALES (AFOROS)

El caudal corresponde al volumen de agua que pasa instantáneamente por la sección de aforos en la unidad de tiempo y se expresa en metros cúbicos por segundo (m/s) o en litros por segundo (l/s), cuando se manejan pequeñas magnitudes (IDEAM, 2007).

Los caudales son datos estimados de los niveles. Las mediciones de caudal están orientadas a conocer las características geométricas e hidráulicas del cauce en diferentes estados hidrológicos, asociados con las temporadas de lluvias.

El aforo es un procedimiento que consiste en realizar en campo, una serie de mediciones de área en la sección transversal y de velocidad del agua y permite posteriormente calcular el caudal de una corriente, el cual está referenciado a un nivel de agua. Se obtienen parejas nivel – caudal la cual se plasma en la curva de gastos o de calibración, cuya interpolación, permite la conversión de niveles horarios en caudales horarios (IDEAM, 2007).

El caudal se puede medir en un tiempo dado por diferentes métodos y la elección del método depende de las condiciones halladas en un emplazamiento en particular.

BASE DE DATOS

El IDEAM posee el denominado Sistema de Información Hidrometeorológica – SISDHIM, el cual es un banco de datos cerrado. En este momento, se está creando el Subsistema Hidrometeorológico (SSHM), en donde se está llevando a cabo un proceso de migración de la información del banco de datos, al motor de base de datos ORACLE.

Lo anterior, tiene la finalidad de establecer una comunicación con otros sistemas de información de otras entidades, y con otras aplicaciones, de tal manera que facilite la divulgación de la información por medios virtuales, como la página de internet.

PROGRAMAS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El dato como producto se obtiene con el procesamiento de la información y análisis lo cual debe ir acompañado de un programa informático (software) versátil, acorde con la tecnología actual, con sistemas operativos y programas de almacenamiento bien desarrollados y con la capacidad de comparar registros procedentes de estaciones vecinas y de visualizar en una pantalla gráfica los registros que se van capturando para su validación.

El IDEAM cuenta con las plataformas HYDRAS3 y FEWS.

HYDRAS3: este software se utiliza para recibir la información horaria proveniente de las estaciones automáticas, el cual a su vez facilita el procesamiento y análisis básico de los datos. Con la ayuda de este software la información puede ser desplegada en forma numérica o gráfica, y finalmente editarse e imprimirse. Hydras solo reporta datos de niveles, de forma horaria y algunas cada 15 minutos. Este programa no incluye un proceso de verificación de datos.

FEWS Flood Early Warning System (Sistema de Alertas Tempranas de inundación): es software que es Gestor de Datos en Tiempo Real y Modelos Hidrometeorológicos, es decir, es una herramienta de pronóstico. En el enlace: http://fews.ideam.gov.co/Proyecto%20FEWS-Colombia.pdf, se puede descargar la guía de usuario del FEWS, documento que contiene el protocolo de pronóstico de este programa. En esta plataforma se integró las redes hidrometeorológicas de tres entidades (IDEAM, CVC y CAR).

Adicionalmente FEWS realiza tres tareas básicas: pre procesar (prepara la información para las siguientes tareas), actualizar (actualiza los modelos de pronóstico), pronostica (corre los modelos de pronostico hidrológico) y genera informes para publicación en formato HTML. En el FEWS se definieron para los niveles, un límite superior y uno inferior, general para todas las estaciones en tiempo real y cuasireal, que reportan datos para la emisión de alertas (un límite máximo de 100 metros y uno mínimo de 0 metros). De acuerdo a lo anterior, se tiene incorporado un proceso básico interno de validación de datos.

PROCESAMIENTO HIDROLÓGICO Y ACTUALIZACIÓN DEL BANCO DE DATOS

El control de calidad se lleva a cabo en todo el proceso de datos que va desde las actividades de terreno como son, el diseño de la red y el mantenimiento de los instrumentos hasta la difusión de datos e información. Independientemente del tipo de datos que se esté procesando, un requerimiento básico es el de mantener un estándar de operaciones que no degrade la calidad de los datos.

El IDEAM tiene definido un proceso de datos hidrológicos; este proceso se encuentra en una etapa de mejoramiento, del que hace parte la creación de la base de datos en ORACLE dentro del Subsistema Hidrometeorológico (SSHM). El proceso de datos comprende desde la preparación e introducción de los datos, la validación, el procesamiento y la actualización de la base de datos.

El procesamiento de los datos se entiende como normalización de las unidades, cálculo de los parámetros derivados, resúmenes estadísticos, introducción de los valores de datos faltantes e interpolación o introducción de datos. En general, la validación de datos hidrológicos comprende pasos, como el control de máximos y mínimos

El control de calidad se hace tanto para datos de niveles como caudales, aunque los caudales son datos estimados de los niveles. Las series de caudales se generan de las series de niveles, a partir de la relación Nivel – Caudal. Por tanto, los posibles errores en los caudales se deben a errores en los niveles y/o a errores en la curva de calibración.

Al igual que para niveles, el sistema de control de calidad de caudales contempla tres etapas como mínimo: pre-verificación en la estación, validación en oficina sobre libretas y validación final post-proceso, en el sistema.

En general en el IDEAM, la validación se desarrolla por varias etapas:

- Pre-verificación en campo:
  Consiste en verificación de los datos sobre la libreta, comparación de niveles de agua con precipitación y verificar el estado de los instrumentos (las miras). Este procedimiento en campo se hace 3 o 4 veces al año. Para el caso de los caudales, el control de calidad en la medición de caudales debe empezar con evitar los errores, en la realización de aforos líquidos y en la operación y mantenimiento de los equipos de aforo.
- Pre-verificación en oficina en las áreas operativas:
  Este proceso lo lleva a cabo los técnicos en cada área operativa y consiste en un control de máximos y mínimos, coherencia de datos, es decir, un análisis a la luz de las observaciones en campo. Este proceso se lleva a cabo en Excel.
- Verificación en las áreas operativas:
  Comprende la revisión de los niveles y elaboración de una curva de gastos (curva de relación de niveles y caudales), por medio del cual se transforman los niveles a caudales, a partir de la tabla de gastos.
  Elaboración de balance hidrológico:
  No es otra cosa que "comparar los caudales obtenidos de las estaciones de una misma corriente o cuenca". Se revisa que los caudales aguas arriba sean menores que aguas abajo. Por ejemplo, cuando se está haciendo el proceso de validación de datos del año, para publicar dichos datos en el Banco de Datos, el proceso tiene una verificación y validación más rigurosa, se procede a comparar su valores antes y después de la hora o fecha, comparando también datos de lluvia de estaciones cercanas, en la misma corriente.
  Además, se elaboran curvas de interpolación de datos, para determinar los caudales que complementen los tomados en campo a través de los aforos.
- Verificación final de los expertos hidrólogos en las oficinas del IDEAM en Bogotá.
  Este es el último paso definitivo, en donde se almacena los datos al SISDHIM. Dentro del sistema de elaboran los siguientes pasos:
  Estimación de caudales a partir de niveles.
  Se agregan los datos en diarios, mensuales y multianuales.

Con la implementación del SSHM, se ha incorporado un proceso básico interno, que se basa en los límites tanto para valores altos como para valores bajos. Estos umbrales se determinan en función de los registros históricos para cada estación (el valor máximo y mínimo de toda la serie).

3.1.2 Mediciones internacionales de datos hidrológicos

Además de la OMM, que está a cargo de la difusión masiva de los procedimientos estandarizados, como la Guía de Prácticas Hidrológicas, al Banco Mundial de Datos Hidrológicos[7] (Global Runnoff Data Center - GRDC), ubicado en Koblenz (Alemania) le corresponde compilar los datos sobre el agua del mundo, al cual se remiten los datos hidrológicos de los principales ríos del mundo, entre ellos los datos de los ríos Magdalena y Cauca.

Por otro lado, el Sistema Mundial de Proceso de Datos y de Predicción de la OMM, asegura la cooperación entre países y de los centros nacionales para proporcionar cotidianamente análisis, pronósticos y predicciones, y particularmente para advertir de estados del tiempo peligrosos a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales de todo el mundo mediante el Sistema Mundial de Telecomunicación (Figura 20). Toda esta cooperación científica incentiva a los países miembros de la OMM a cooperar entre sí y a realizar la observación y medición de variables hidrometeorológicas en forma estandarizada.

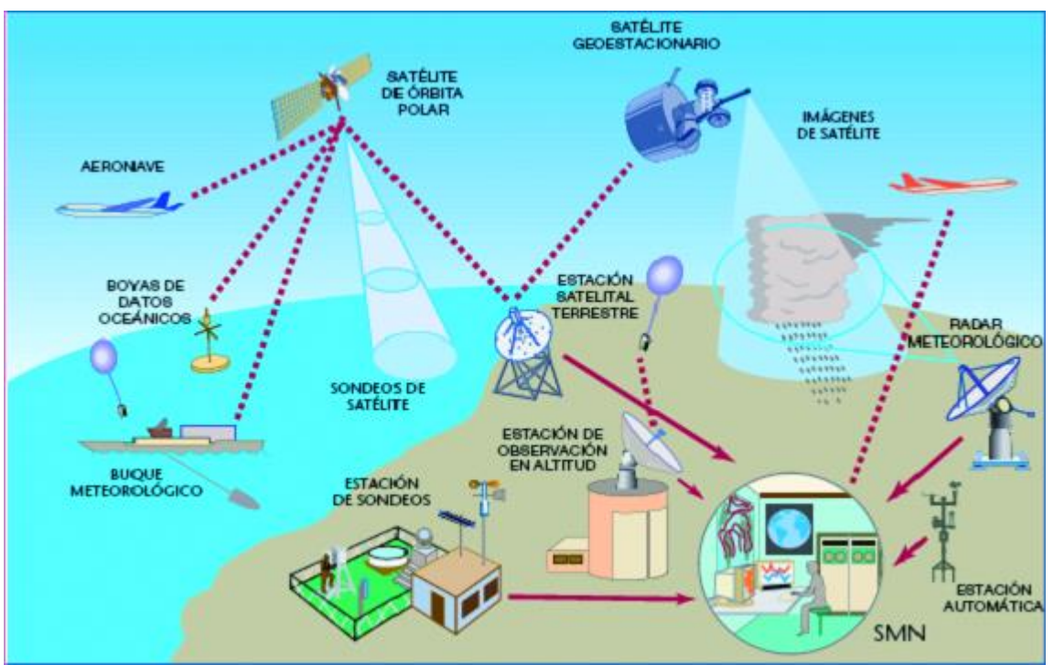


Figura 20. Sistema Mundial de Telecomunicación de la OMM. Fuente: IDEAM (2007).

[7] http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html

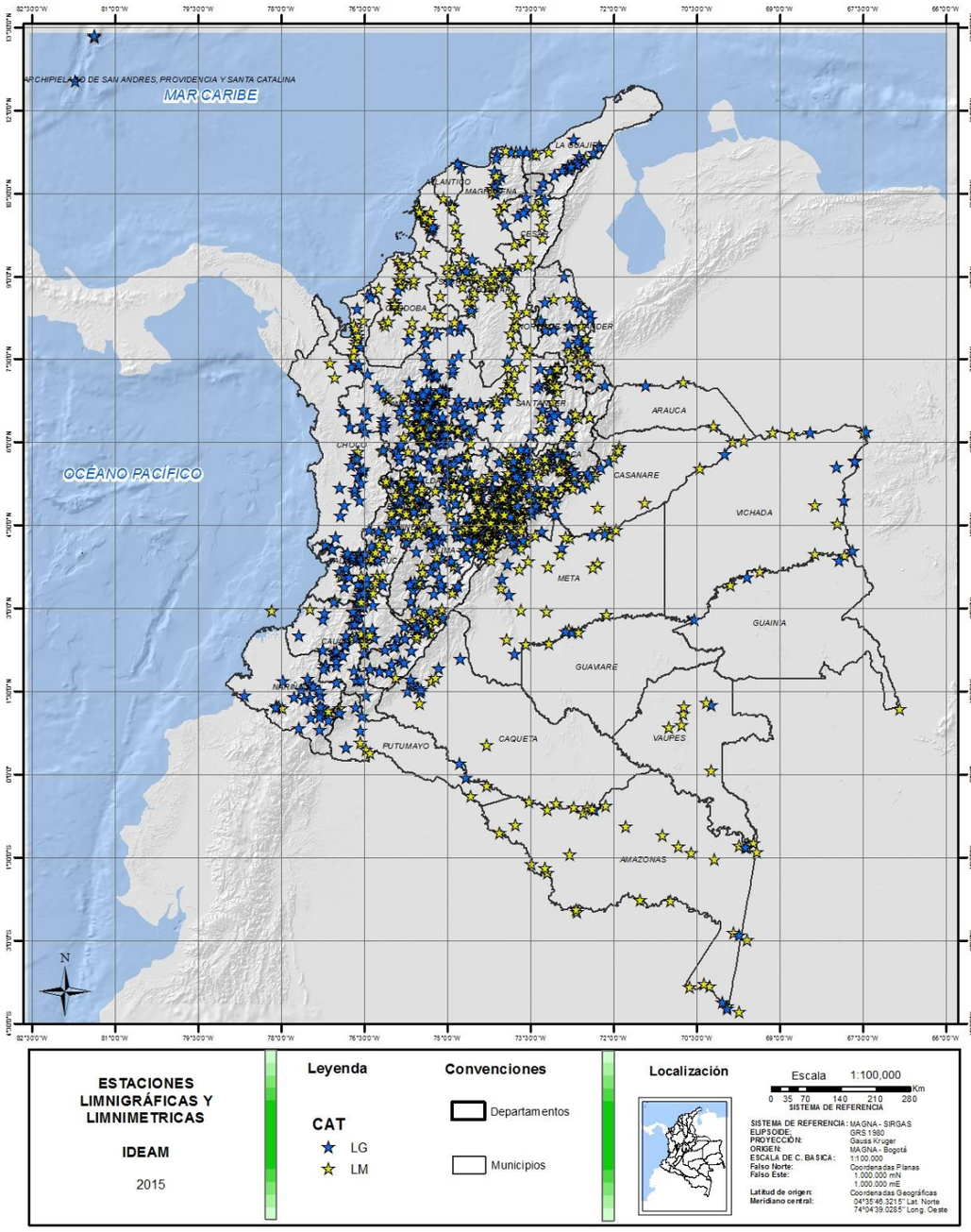
3.2 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

3.2.1 Representatividad o cobertura geográfica

Actualmente, el IDEAM (autoridad máxima en Hidrología y Meteorología, según Decreto 1277 de 1994) es la entidad encargada de operar y mantener la red básica hidrológica nacional.

A principios de la década de los 90 se instalaron en las principales cuencas del país estaciones hidrológicas automáticas, que reciben información horaria en tiempo real; a partir del 2004 se inició la renovación de los equipos e instalación de las nuevas estaciones automáticas en aquellas cuencas con ausencia de información hidrológica en tiempo real. El IDEAM monitorea las *principales cuencas* y el fin esencial de la red hidrológica es medir el recurso hídrico a una escala *nacional*.

En la Mapa 1 se muestra la distribución espacial de los dos tipos de estaciones hidrológicas (Limnimétricas y Limnigráficas), con una cobertura mayor alrededor de los grandes ríos del país, principalmente el Magdalena – Cauca y Catatumbo.



Mapa 1. Distribución de estaciones hidrológicas por categoría.

En la Tabla 10, se muestra la cantidad de estaciones instaladas y en operación por departamento, al igual que la densidad disponible por cada 100 km^2 de área, donde se resalta Atlántico, Bogotá D.C, Cundinamarca y San Andrés y Providencia, con más de una estación por cada 100 km^2.

Tabla 10. Cantidad y densidad de estaciones hidrológicas activas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de representatividad o cobertura geográfica

Departamento	Estaciones Activas	Estaciones Activas /100 Km²
AMAZONAS	36	0.03
ANTIOQUIA	93	0.15
ARAUCA	20	0.08
ATLANTICO	13	0.39
BOGOTA D.C.	10	0.61
BOLIVAR	123	0.46
BOYACA	129	0.56
CALDAS	28	0.38
CAQUETA	22	0.02
CASANARE	33	0.07
CAUCA	88	0.29
CESAR	40	0.18
CHOCO	24	0.05
CORDOBA	60	0.24
CUNDINAMARCA	341	1.52
GUAINIA	8	0.01
GUAVIARE	8	0.01
HUILA	59	0.32
LA GUAJIRA	39	0.19
MAGDALENA	34	0.15
META	44	0.05
NARIÑO	31	0.10
NORTE DE SANTANDER	71	0.32
PUTUMAYO	28	0.11
QUINDIO	6	0.31
RISARALDA	21	0.59
SAN ANDRES	6	12.00
SANTANDER	105	0.34
SUCRE	22	0.20
TOLIMA	81	0.34
VALLE DEL CAUCA	124	0.59
VAUPES	7	0.01
VICHADA	24	0.02

En la Figura 21 se presenta la cantidad de estaciones distribuidas por departamento, se puede observar que la mayor cantidad de estaciones disponibles y que se encuentran en operación están ubicadas en departamento de Cundinamarca (341 estaciones), seguidos por Boyacá, con cerca de 129 estaciones, le siguen en orden Valle del Cauca y Bolívar.

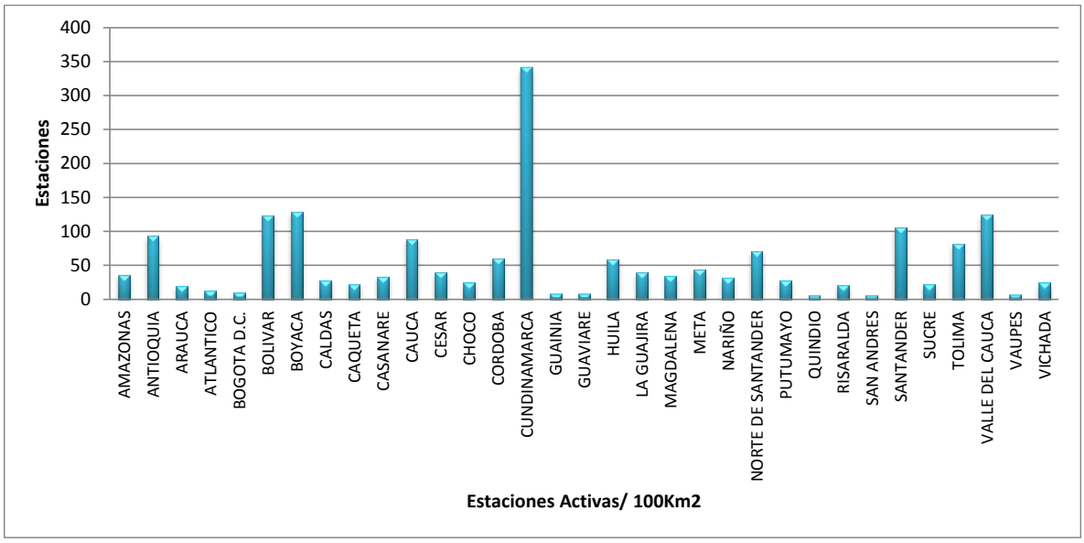


Figura 21. Distribución de estaciones hidrológicas por departamento.

Se torna importante la distribución espacial de las estaciones a la luz de su objetivo principal que es alertar a las poblaciones ribereñas sobre la probabilidad del aumento o disminución de los niveles del agua, es decir, para poder calificar eventos, como las inundaciones.

3.2.2 Continuidad

La distribución de la información hidrológica está limitada por la distribución de los distintos tipos de estaciones y por el periodo de operación de las estaciones, ya que algunas de ellas son reubicadas o suspendidas.

En la Tabla 11, se muestra la cantidad de estaciones instaladas y en operación por departamento, al igual que el porcentaje de permanencia de las estaciones (activas). Aunque el indicador de continuidad se cumple para gran parte de los departamentos, en la figura 22 se observa que en algunos departamentos como Antioquia y Caldas, han suspendido más de la mitad de las estaciones instaladas según en Catálogo Nacional de Estaciones.

Tabla 11. Porcentaje de estaciones hidrológicas activas con respecto a estaciones instaladas. Marcadas en rojo aparecen las estaciones activas que cumplen los criterios de continuidad.

Departamento	Totales estaciones	Estaciones Inactivas	Estaciones Activas	Porcentaje Estaciones Inactivas	Porcentaje Estaciones Activas
AMAZONAS	42	6	36	14	86
ANTIOQUIA	394	301	93	76	24
ARAUCA	21	1	20	5	95
ATLANTICO	21	8	13	38	62
BOGOTA D.C.	96	86	10	90	10

BOLIVAR	147	24	123	16	84
BOYACA	167	38	129	23	77
CALDAS	74	46	28	62	38
CAQUETA	23	1	22	4	96
CASANARE	39	6	33	15	85
CAUCA	101	13	88	13	87
CESAR	59	19	40	32	68
CHOCO	34	10	24	29	71
CORDOBA	65	5	60	8	92
CUNDINAMARCA	409	68	341	17	83
GUAINIA	10	2	8	20	80
GUAVIARE	8	0	8	0	100
HUILA	86	27	59	31	69
LA GUAJIRA	39	0	39	0	100
MAGDALENA	37	3	34	8	92
META	57	13	44	23	77
NARIÑO	34	3	31	9	91
NORTE DE SANTANDER	90	19	71	21	79
PUTUMAYO	28	0	28	0	100
QUINDIO	6	0	6	0	100
RISARALDA	39	18	21	46	54
SAN ANDRES	6	0	6	0	100
SANTANDER	147	42	105	29	71
SUCRE	24	2	22	8	92
TOLIMA	112	31	81	28	72
VALLE DEL CAUCA	140	16	124	11	89
VAUPES	8	1	7	13	88
VICHADA	27	3	24	11	89

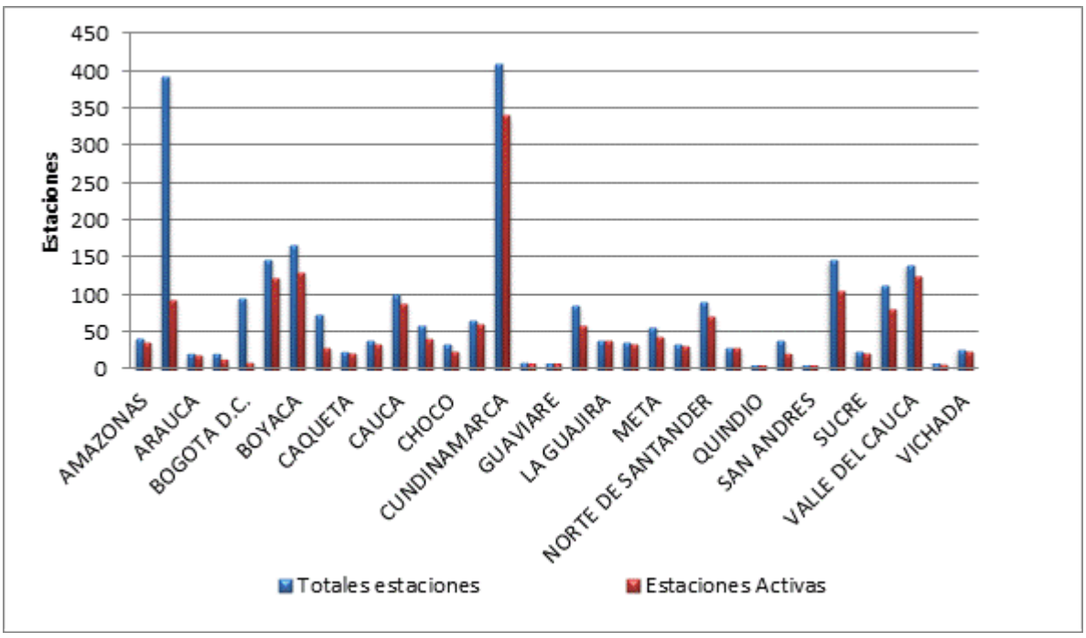


Figura 22. Cantidad de estaciones hidrológicas instaladas y en operación (activas).

3.2.3 Oportunidad

El sistema de información hidrológica que opera en el país dispone de estaciones que transmiten su información en tiempo real, a través de satélite e internet. En términos generales, el sensor del movimiento de los niveles del agua ubicado en cada una de las estaciones hidrológicas automáticas realiza la lectura del nivel del río cada hora y envía la señal al satélite americano GOES, el cual retransmite la información y es captada por las antenas receptoras ubicadas en el IDEAM en Bogotá y alimenta la base de datos. Sin embargo, solo alrededor del 5% de estaciones operan en esta modalidad, cuando lo deseable fuera por lo menos el 80% (Tabla 12 y Figura 23) de las estaciones activas.

Tabla 12. Porcentaje de estaciones hidrológicas activas con respecto a estaciones instaladas.

Departamento	Estaciones Activas	Estaciones Tiempo Real	% Estaciones Tiempo Real
AMAZONAS	36	0	0
ANTIOQUIA	93	7	8
ARAUCA	20	1	5
ATLANTICO	13	0	0
BOGOTA D.C.	10	1	10
BOLIVAR	123	2	2
BOYACA	129	1	1
CALDAS	28	1	4
CAQUETA	22	2	9
CASANARE	33	0	0
CAUCA	88	4	5
CESAR	40	0	0
CHOCO	24	6	25

CORDOBA	60	4	7
CUNDINAMARCA	341	6	2
GUAINIA	8	0	0
GUAVIARE	8	0	0
HUILA	59	2	3
LA GUAJIRA	39	4	10
MAGDALENA	34	2	6
META	44	3	7
NARIÑO	31	7	23
NORTE DE SANTANDER	71	4	6
PUTUMAYO	28	0	0
QUINDIO	6	0	0
RISARALDA	21	1	5
SAN ANDRES	6	0	0
SANTANDER	105	4	4
SUCRE	22	0	0
TOLIMA	81	6	7
VALLE DEL CAUCA	124	1	1
VAUPES	7	0	0
VICHADA	24	0	0

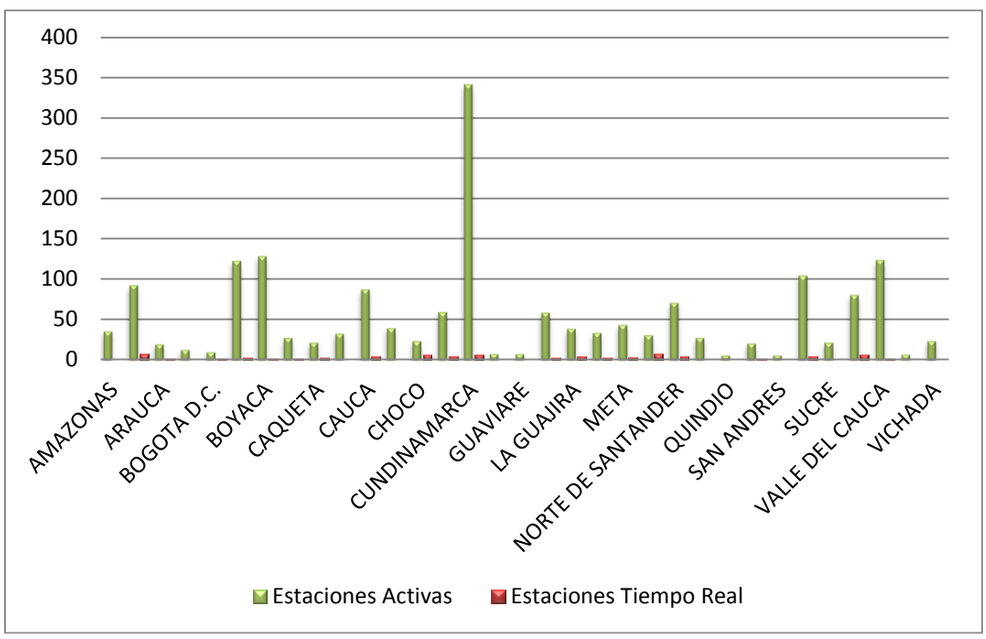


Figura 23. Cantidad de estaciones hidrológicas activas y estaciones en tiempo real por departamento.

4. INFORMACIÓN DE EVENTOS

De acuerdo a la evaluación de las experiencias nacionales e internacionales en el tema de seguros agropecuarios catastróficos y la definición de conceptos, los tipos de eventos que serán objeto de localización y evaluación del presente estudio se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Clasificación de los eventos.

CLASE DE EVENTOS	GEOLÓGICOS	HIDROLÓGICOS	METEOROLÓGICOS	FITOSANITARIOS
Tipos de eventos	Terremotos - sismos Erupciones volcánicas Movimientos en masa	Inundaciones	Tormenta eléctrica Lluvia torrencial Viento fuerte Granizo Sequia Heladas	Plaga Enfermedad

Entre la información que es objeto de levantamiento y evaluación para el diseño de los seguros catastróficos se encuentra los catálogos e inventario de eventos (catálogos de movimientos en masa, sismicidad histórica de Colombia, Reporte de emisiones volcánicas, entre otros).

Entre las instituciones involucradas en la gestión de información de eventos se destaca las instituciones del orden nacional que forman parte del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD), como son: la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). En este sentido, para estas entidades uno de los objetivos es realizar investigación, seguimiento y monitoreo de amenazas como base para la gestión integral del riesgo.

4.1 EVENTOS GEOLÓGICOS

4.1.1 Movimientos en masa (MM)

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA GEOLÓGICO

Un MM equivale a definiciones como procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa, deslizamientos o fallas de taludes y laderas. Incluye todos aquellos movimientos de ladera debajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad. En la literatura científica se encuentran muchas clasificaciones de movimientos en masa; la mayoría se basan en el tiempo de materiales, los mecanismos de movimiento, el grado de deformación del material y el grado de saturación (SGC, 2015). Un término común utilizado para los movimientos en masa es “deslizamiento”.

Para la UNGRD, los deslizamientos se definen como desplazamientos del terreno, suelo o roca, que pueden cresentarse en zonas de ladera. Se activan con lluvia, sismos, pero en la mayoría por la actividad humana. Quemas, talas, deforestación, cortas inadecuadas en el

terreno, rellenos, explotación minera, mal manejo de aguas negras y excavaciones influyen en el debilitamiento del terreno dejándolo listo para que se mueva. Los deslizamientos pueden generar represamiento de ríos y quebradas, daños en el acueducto y alcantarillados y en las redes de gas o petróleo (http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/ABC_Gestion_de_Riesgo.aspx).

DEFINICIÓN – PUNTO DE VISTA SEGUROS AGROPECUARIOS

Un deslizamiento se define como un movimiento masal de suelo que cubra o remueva el cultivo asegurado total o parcialmente y que dé como resultado disminución del rendimiento o muerte de la planta (según tipo de seguro contratado) (MAPFRE, 2013).

REFERENTES NACIONALES

En cuanto a las amenazas de origen geológico como los movimientos en masa, diversas entidades públicas y privadas recopilan datos y elaboran estudios, sin embargo, el SGC es la entidad rectora en esta materia. Asimismo, el IDEAM en el marco de sus funciones desarrolló un modelo para pronosticar las amenazas por movimientos en masa en tiempo real siguiendo protocolos (Anexo F).

Servicio Geológico Colombiano - SGC

El SGC elabora un catálogo y un inventario de MM.

Desde 1997 elabora el *Catálogo Nacional de MM*. Tanto el catálogo como el inventario contiene un periodo de registro de eventos ocurridos desde el año 1975, es decir aproximadamente una longitud de 40 años.

El catálogo registra información general de los MM que ha sido originada de un lado por las entidades encargadas de la gestión del riesgo (Defensa Civil y Bomberos) y del otro por la prensa nacional y local. Los MM que recopila el Instituto comprende los de origen tanto hidrometeorológico (causados por lluvias fuertes y prolongadas) como geológico-tectónico (el detonante son los sismos y las erupciones volcánicas).

El inventario constituye registros a nivel técnico especializado, con información detallada, precisa y ajustada. Esta información es registrada en el Formato de Inventario de Movimientos en Masa el cual fue definido por el Proyecto Multinacional Andino Geociencias para la Comunidad Andina y ajustada por el SGC. El inventario es alimentado solamente por usuarios especializados como las Corporaciones Autónomas Regionales, Entidades Técnicas Expertas en el tema y el SGC.

El SGC posee protocolos de monitoreo, procesamiento y verificación de la información, que

son considerados documentos internos, no se han oficializado, sin embargo, de acuerdo a la entrevista sostenida con la persona encargada en la entidad, la información del catálogo de MM tiene un proceso de verificación para completar el registro, que para efecto los geólogos realizan una visita técnica al sitio a fin de corroborar la información suministrada por terceros, caso en el cual se levanta el respectivo formato de inventario que se ingresa al Sistema de Información de MM (SIMMA) .

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

El IDEAM cuenta con *El Servicio de Seguimiento y Pronóstico de la amenaza diaria por deslizamientos* que tiene como objeto proveer información oportuna acerca de la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos asociados a lluvias. El modelo de pronóstico de deslizamiento desarrollado por el IDEAM tiene dos resoluciones, una espacial y otra temporal. La resolución espacial, se presenta a escala 1:500.000, entre tanto la resolución temporal, es de tiempo real.

En este modelo se evalúa la lluvia como factor detonante de la siguiente manera: analiza el comportamiento de la lluvia en forma retrospectiva, esto es, cuantifica la lluvia caída en un día y la lluvia acumulada en un periodo de tiempo que oscila entre los tres y diez días. Además de lo anterior, también se calcula la persistencia de la lluvia, es decir, el número de días con lluvia en el último mes.

Para lo anterior ha definido “límites críticos de precipitación”, o lo que es lo mismo, determinar la cantidad de precipitación tal que si ella es sobrepasada, entonces, exista la posibilidad de que ocurra un deslizamiento. Estas cantidades críticas se obtuvieron empíricamente y son las siguientes: 40 mm de precipitación para el último día, 80 mm de precipitación para los últimos tres días y 200 mm de precipitación para los últimos 10 días. Diariamente el IDEAM genera los mapas y el boletín de pronóstico de la amenaza por deslizamientos de tierra detonados por lluvias, que se encuentra en el siguiente enlace: http://www.pronosticosyalertas.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/pronostico-de-la-amenaza-diaria-por-deslizamientos

El IDEAM ha elaborado un *inventario de deslizamientos* de aproximadamente 94 años, desde el año 1921 hasta hoy (Anexo G).

El inventario se elabora a partir de información secundaria oficial, inicialmente como insumo para la elaboración del modelo de pronóstico de la amenaza por deslizamientos; aunque actualmente continua con el inventario de eventos, para alimentar el Boletín de Predicción Climática y Alertas, que se realiza mensualmente y es publicado en la página Web del IDEAM. Este inventario de eventos comprende los movimientos en masa de origen hidrometeorológico, el cual incluye todos MM, menos los flujos torrenciales.

La fuente de información del inventario de eventos que elabora el IDEAM es oficial, es decir, la metodología de recolección es a partir de información secundaria oficial, entre ellos se encuentra, entidades como UNGRD, las Unidades de Atención de Desastres, las Corporaciones Autónomas Regionales y las Gobernaciones. No existen documentación o protocolos sobre la recolección o verificación de esta información.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres.

La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[8].

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[9]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos (deslizamiento), hidrológicos, meteorológicos y fitosanitarios (Anexo H).

---

[8] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

[9] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

REFERENTES INTERNACIONALES

National Aeronautics and Space Administration (NASA), elabora productos de seguimiento y monitoreo de eventos como los deslizamientos e inundaciones, los cuales se pueden observar en el siguiente enlace: http://pmm.nasa.gov/TRMM/flood-and-landslide-monitoring.

4.1.2 Erupciones volcánicas

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA GEOLÓGICO[10]

Los volcanes son en esencia aparatos geológicos que establecen una comunicación temporal o permanente entre la parte profunda de la litósfera y la superficie terrestre. Cuando el magma asciende a la superficie, este presiona sobre la corteza para salir al exterior generando con esto una erupción volcánica. El magma al salir forma un cono o edifico volcánico formado por la superposición de productos piroclásticos, flujos de lava, lahares y cenizas volcánicas.

Para la UNGRD, la actividad volcánica es natural y representa una amenaza debido a las emisiones de gases y materiales como rocas incandescentes y lavas. Estos materiales pueden ocasionar represamientos de ríos generando avalanchas (http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/ABC_Gestion_de_Riesgo.aspx).

REFERENTES NACIONALES

Servicio Geológico Colombiano - SGC

Como consecuencia de la reactivación y posterior erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985, el Gobierno Nacional delegó en el SGC la responsabilidad del seguimiento técnico de los volcanes activos en el país. Es así que el SGC realiza *la Vigilancia volcánica por* medio de la *Red de Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos* (OVS).

Esta vigilancia volcánica en el país se efectúa de manera similar a como se hace en la gran mayoría de los centros de observación vulcanológica en el mundo, mediante la utilización de métodos geofísicos, geodésicos, geoquímicos y geológicos, apoyados por tecnologías de electrónica, comunicaciones e informática.

[10] En la revisión bibliográfica no se encontró definición del sector asegurador colombiano.

Los volcanes actualmente considerados como activos se encuentran a lo largo de la Cordillera Central y hacia el sur del país, distribuyéndose en tres segmentos: norte, central y sur. Por lo anterior, el SGC posee tres observatorios vulcanológicos, en donde vigilan la actividad de grupos de volcanes, estos de norte a sur son: O.V.S Manizales, O.V.S Popayán y el O.V.S Pasto.

En cuanto al *seguimiento de la actividad de los volcanes* se puede consultar en la página del SGC en el enlace: http://www2.sgc.gov.co/Observatorios-Vulcanologicos.aspx. Para cada volcán se indica el nivel y el estado de la actividad en dos categorías:

NIVEL AMARILLO: *indica el estado de actividad "Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica".*

NIVEL VERDE: *indica el estado de actividad "Volcán activo y comportamiento estable".*

El SGC registra *datos de erupciones volcánicas* a partir de la Red de Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos (OVS), utilizando estaciones sismológicas, acústicas y de deformación, por telemetría, monitoreo de aguas termales, cámaras infrarrojas, cámaras de videos por telemetría, entre algunos. Los eventos de erupción volcánica se consideran de origen geológico natural, que se clasifican como volcano - tectónico, asociados a fluidos.

En general la metodología de recolección es por telemetría, con un muestreo cada 15 días dependiendo del método. El periodo de registro de datos en cada observatorio vulcanológico es el siguiente:

- O. V. Manizales: periodo de registro desde el año 1986, con una longitud de 29 años.
- O. V. Pasto: periodo de registro desde el año 1988, con una longitud de 27 años.
- O. V. Popayán: periodo de registro desde el año 1996, con una longitud de 19 años.

En el tema de los volcanes, el SGC posee protocolos de monitoreo, procesamiento y verificación de la información, que son considerados documentos internos, que no se han oficializado, sin embargo, con base en la entrevista sostenida con la persona encargada en la entidad, el inventario de eventos volcánicos tiene un proceso de verificación en el que se usan muchas técnicas para hacer la evaluación de la actividad del volcán, que consiste en analizar ciertos parámetros[11] del volcán.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

[11] El conocimiento de los parámetros son de conocimiento interno de la entidad.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres.

La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[12].

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[13]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos (erupción volcánica), hidrológicos, meteorológicos y fitosanitarios (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

REFERENTES INTERNACIONALES

Sobre emisiones volcánicas existen los siguientes referentes:

Imágenes satelitales de emisión de SO2. Proyecto OMI (Ozone Monitoring Instrument)

- Emisiones diarias últimos 4 días - Principales volcanes de Colombia y de Ecuador. Incluye imágenes de emisiones de SO2 y aerosoles. Página del servicio de información y satélite de la NOAA de los Estados Unidos, National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS) (http://satepsanone.nesdis.noaa.gov/pub/OMI/OMISO2/ecuador.html).

[12] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

[13] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

Reportes e imágenes satelitales de emisiones de ceniza. VAAC[14] (Volcano Ash Advisory Center):

- Reportes a nivel mundial (últimos 15 días) y año 2009 volcán Galeras.
- Archivo de reportes del volcán Galeras 2004 - 2005 - 2006 - 2007 - 2008.

Imágenes térmicas satelitales tomadas por el Servicio VoMIR (Volcano Monitoring with Infra-Red) de la Agencia Espacial Europea:

- Archivo imágenes térmicas volcán Galeras desde 2003 (http://earth.esa.int/cgi-bin).

La adquisición en tiempo real y procesamiento de datos sísmicos del Sistema Sismológico y Vulcanológico de Colombia, se soporta en una implementación del sistema Earthworm (EW)[15].

Para la implementación en los Observatorios Vulcanológicos y Sismológicos de Colombia, se ha contado con el apoyo del Programa de Asistencia de Desastres Volcánicos (Volcano Disaster Assistance Program: VDAP), adscrito al Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La página principal de VDAP es: http://volcanoes.usgs.gov/vdap/.

4.1.3 Sismos

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA GEOLÓGICO[16]

Es la propagación de ondas por la corteza terrestre producidas por la liberación súbita de energía acumulada por mucho tiempo debido a la interacción de las placas tectónicas[17].

Para la UNGRD, los sismos son rupturas de las rocas en el interior de la tierra que generan movimientos súbitos durante tiempos relativamente cortos (http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/ABC_Gestion_de_Riesgo.aspx).

REFERENTES NACIONALES

Servicio Geológico Colombiano – SGC

El SGC opera *La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC)* cuyo objetivo es proporcionar información rápida y confiable sobre el origen y características de los fenómenos sísmicos en el territorio colombiano. La RSNC hace parte del Sistema Nacional

[14] http://www.ssd.noaa.gov/VAAC
[15] http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc/
[16] En la revisión bibliográfica no se encontró definición del sector asegurador colombiano
[17] http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/material-educativo/preguntas-frecuentes

para la Atención y Prevención de Desastres, y está encargada de dar una *alerta temprana a la ocurrencia de un evento sísmico* en el territorio nacional, además lidera las investigaciones sismológicas en el país.

Actualmente la RSNC cuenta con 50 estaciones sismológicas, las cuales transmiten datos en tiempo real vía satelital y LAN[18] (Local Área Network). Esta red surgió de la necesidad de contar con un instrumento moderno y confiable para suministrar información precisa en relación con la sismicidad de nuestro país.

Otras redes de observatorios sismológicos nacionales son:

- El Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente Colombiano – OSSO (http://osso.univalle.edu.co/).
- El Observatorio Sismológico del Quindío (OSQ).
- GEORED del SGC (http://geored.sgc.gov.co/): corresponde al proyecto "Implementación de la Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con propósitos geodinámicos", orientado a incrementar el grado de conocimiento de la geodinámica en la esquina noroccidental de Suramérica, el cual es a su vez insumo esencial en la gestión del riesgo por fenómenos naturales. Comprende estudio de fallas activas, atención post-sismo, atención de crisis volcánicas, monitoreo de movimientos de masa.

Las preguntas sobre la ocurrencia de un sismo, o la sismicidad registrada en una zona, son resueltas consultando el *catálogo de sismicidad* elaborado por el SGC, disponible en la página Web del SGC. Este catálogo permite obtener los sismos registrados por la Red Sismológica Nacional de Colombia desde el 1 de junio de 1993, es decir, una longitud de registro de 22 años (Anexo I).

La metodología de recolección es por satélite, en tiempo real. Existen algunas estaciones portátiles que descargan los datos cada 2 o 3 meses, depende de la actividad sísmica. Los sismos registrados en forma general se caracterizan por ser de origen geológico e inducido (por explotación petrolera) y clasificados como eventos tectónicos.

El catálogo de sismicidad elaborado por el SGC hace parte del Sistema de Información de Sismicidad Histórica de Colombia, que tiene como fin el de reunir información relacionada con la sismología histórica del país, proveniente de diferentes fuentes como investigadores, agencias, entre otros, con el propósito de contar con una base de datos cuyos resultados han pasado por la evaluación de expertos en el tema.

[18] Sistema de comunicaciones capaz de facilitar el intercambio de datos informáticos, voz, facsímil, vídeo conferencias, difusión de vídeo, telemetría y cualquier otra forma de comunicación electrónica (http://html.rincondelvago.com/redes-lan_1.html).

Para el estudio de sismos históricos con fines de aplicación a la amenaza sísmica el SGC hizo una revisión de compilaciones sismológicas e históricas, la identificación de las fuentes y registros que han contribuido a las compilaciones y posteriormente, la revisión de fuentes contemporáneas al evento y búsqueda de nuevos documentos con el fin de llenar vacíos de información o de mejorar la calidad de los datos disponibles (http://agata.sgc.gov.co:9090/SismicidadHistorica/).

El SGC posee protocolos de monitoreo, procesamiento y verificación de la información, que son considerados documentos internos. Para realizar la verificación y validación de los datos instrumentales de la RSNC, el SGC desarrolló una metodología de monitoreo de sismos, que consiste en el diseño de indicadores.

Los expertos en el tema que fueron entrevistados lo explican de la siguiente manera: para mejorar la calidad del procesamiento de la información sismológica se debe analizar varios parámetros[19], entre los que se encuentran los errores de latitud, errores de longitud, errores de profundidad, la relación de la magnitud local (Ml) y magnitud de momento (Mw), estaciones y tiempo de origen Mes Día Año Hora (UT), localización, epicentro, entre otros.

Para este fin, se desarrolló una rutina en la cual se grafica los parámetros contra la magnitud local, para así ver de una forma rápida los posibles errores que se encuentran y los histogramas de estos parámetros para saber la frecuencia más alta que se presenta de los diferentes parámetros y así poder hacer unas comparaciones en el tiempo.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres.

La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[20].

---

[19] El conocimiento de los parámetros son de conocimiento interno de la entidad.

[20] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[21]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos (sismos), hidrológicos, meteorológicos y fitosanitarios (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

REFERENTES INTERNACIONALES

En el tema de sismos a niveles internacional existen catálogos y base de datos[22] :

- Catálogo de sismos de Suiza
- Sismología histórica de Venezuela
- Base de Datos Macrosísmica de Italia
- Sismicidad de Francia
- USGS - Sismos históricos en el mundo
- Base de datos macrosísmica de Grecia

Redes Sismológicas Mundiales:

- Incorporated Research Institutions for Seismology (http://www.iris.edu/hq/)
- United States Geologic Service (http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/?source=sitenav)
- Harvard Seismology (http://www.seismology.harvard.edu/).

[21] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

[22] Consultar en el siguiente enlace: http://agata.sgc.gov.co:9090/SismicidadHistorica/Enlaces.jsf

4.2 EVENTOS HIDROLÓGICOS

4.2.1 Inundaciones

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA HIDROLÓGICO

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (Fuente: http://www.ideam.gov.co/web/agua/amenazas-inundacion).

Para la UNGRD, las inundaciones se conocen como los niveles de agua por encima de lo normal debido al desbordamiento de ríos por lluvias torrenciales o subida de mareas por encima de lo habitual. Las inundaciones pueden ser súbitas o lentas y en zonas montañosas se pueden presentar crecientes torrenciales.

Aunque las inundaciones se pueden activar por las lluvias, en muchos casos ocurren por prácticas humanas inadecuadas como construcción en zonas inundables, taponamiento de cauces, tala y quema de árboles en las cabeceras y zonas de ronda, ausencia o deficiencia de desagües o alcantarillado (http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/ABC_Gestion_de_Riesgo.aspx).

DEFINICIÓN – PUNTO DE VISTA SEGUROS AGROPECUARIOS

Una inundación es una lámina de agua permanente en el cultivo debido a la precipitación pluvial o al desbordamiento de agua proveniente de la rotura de canales, drenes, ríos, presas o lagos, sucedido al interior del cultivo asegurado durante más de 72 horas, que se presente durante los estados fenológicos de mayor susceptibilidad de cada cultivo de acuerdo a lo señalado en cada condicionado particular y que dé como resultado disminución del rendimiento o muerte de la planta (según tipo de seguro contratado) ocasionado por daños fisiológicos y no como consecuencia de agentes biológicos.

El reporte de siniestro se aceptará solo cuando la lámina de agua permanezca en el cultivo en el tiempo mencionado y se deberá reportar de inmediato a la aseguradora para poder encontrar evidencia (MAPFRE, 2013).

REFERENTES NACIONALES

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

Como se ha mencionado antes el IDEAM opera una *red básica hidrometeorológica*, con la que hace seguimiento de las condiciones meteorológicas e hidrológicas del país y realiza investigación, monitoreo y pronóstico de amenazas de origen hidrometeorológico como las inundaciones. En este contexto, clasifica las inundaciones, en creciente súbita que se localizan en las cuencas de alta pendiente, las inundaciones lentas en la parte baja de las cuencas; e inclusive incluye los encharcamientos instantáneos que se presentan en las ciudades como Barranquilla.

El IDEAM emplea la modelación hidrológica para realizar el *análisis y la prevención de las inundaciones*. Es así que monitorea de forma continua (24 horas del día, los 365 del año) el comportamiento hidrológico de los principales ríos del país: cuenca Magdalena - Cauca, Atrato, Sinú, San Jorge, Meta, Arauca, Amazonas, Patía, Mira, Inírida, Orinoco, entre otros. Por lo anterior, el Instituto cuenta con la herramienta de pronóstico denominada FEWS - Flood Early Warning System (Sistema de Alertas Tempranas de inundación).

En esta herramienta, con el propósito de establecer los niveles de alerta se ha configurado los diferentes umbrales para las alertas Amarilla, Naranja y Roja de las estaciones que cuentan con esta información, para que el usuario pueda identificar los puntos donde se sobrepasa dicho umbral, ya sea por un evento ocurrido o pronosticado. Como resultado del análisis de la anterior información, el Instituto realiza el *Informe Hidrológico Diario* que se publica en la página Web de la Institución, en el siguiente enlace: *http://www.pronosticosyalertas.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/boletin-hidrologico-diario*.

En estos boletines se describe el estado de los niveles de los ríos en las principales cuencas del territorio nacional, señalando los diferentes niveles de alerta:

ALERTA ROJA. PARA TOMAR ACCIÓN
ALERTA NARANJA. PARA PREPARARSE
ALERTA AMARILLA. PARA INFORMARSE

Como insumo para adelantar investigaciones y el monitoreo de los diferentes tipo de inundaciones en el país, el Instituto consulta *el inventario de eventos históricos* que realiza la UNGRD. Tal es el caso que para desarrollar la investigación sobre “La Evaluación, análisis y seguimiento a las afectaciones por inundaciones asociadas al fenómeno La Niña 2010 – 2011”, recopiló las inundaciones ocurridas durante el periodo 2010 – 2011. Como resultado de este estudio también desarrolló una metodología de estudios y evaluación del riesgo por inundaciones en el país.

El inventario de eventos que maneja el IDEAM tiene como fuente oficial la UNGRD, en el consolidado de atención de emergencias[23] que lleva a cabo de manera diaria, y el método de recolección es de manera automática a través de la plataforma FEWS, mencionada en el capítulo 3.1.1.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres.

La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[24].

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[25]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos, hidrológicos (inundación), meteorológicos y fitosanitarios (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

---

[23] El Consolidado de Atención de Emergencias se consulta en: http://gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/emergencia.aspx?id=41
[24] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

[25] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

REFERENTES INTERNACIONALES

GRDC - Global Runoff Data Centre (Centro Mundial de Datos de Escorrentía), base de datos digital de escorrentía a nivel global, en la dirección: http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP): http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/

SHI / UNESCO - World water resources and their use, Programa Hidrológico Internacional: http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/

GEONETCast, Modelación de la sequía y las inundaciones con observaciones de la tierra: http://uenr.edu.gh/geonetcast/flood-and-drought-modelling-with-earth-observation/

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - Suface and Hydrology Products: http://www.ospo.noaa.gov/Products/land/surface.html

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - El Hydro-Estimador (HE) utiliza los datos de infrarrojos (IR) de satélites geoestacionarios operacionales del Medio Ambiente de la NOAA (GOES) para estimar las tasas de precipitación para posteriores aplicaciones en inundaciones: http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/ff/HydroEst.php

National Aeronautics and Space Administration (NASA) - Monitoreo global de inundaciones y deslizamientos: http://pmm.nasa.gov/TRMM/flood-and-landslide-monitoring.

Visor GAR Risk Data. Este visor de Riesgo interactiva proporciona los datos globales de riesgo de los Informes de Evaluación Global.
http://risk.preventionweb.net/capraviewer/main.jsp?countrycode=g15

DesInventar es una herramienta para la generación de los inventarios nacionales de desastres y la construcción de bases de datos que capturan información sobre daños, pérdidas y los efectos generales de los desastres. Con una mayor comprensión de las tendencias de desastres y sus impactos, una mejor prevención, se pueden planificar las medidas de mitigación y preparación para reducir el impacto de los desastres en las comunidades. http://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp

EM-DAT contiene datos básicos esenciales sobre la presencia y los efectos de más de 18.000 desastres masivos en el mundo desde 1900 hasta el presente. La base de datos se compiló a partir de varias fuentes, incluyendo agencias de la ONU, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de prensa.

http://emdat.be/

NatCatService - Natural catastrophe database analysis and information platform – Sistema de Investigación Geo Riesgos de Munich Re, suministra información desde 1980 sobre las exposiciones geo científicas y estructurales y datos de eventos y pérdidas globales. http://nathanlight.munichre.com/ y http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html.

4.3 EVENTOS METEOROLÓGICOS

Los desastres por eventos de índole meteorológica frecuentemente ponen en riesgo la producción agrícola. Por ello, se requiere de conocimientos generales sobre la naturaleza de estos fenómenos, sus tendencias y sus impactos, para lo cual es indispensable contar información de calidad y oportuna.

Las estadísticas sobre eventos índole meteorológica son imprecisas, incompletas y no cuentan con una metodología unificada, tanto nacional como internacionalmente.

Entre las amenazas meteorológicas se encuentran los ciclones tropicales (también conocidos como huracanes), tempestades, granizadas, tornados, tormentas de nieve, fuertes nevadas, avalanchas, sequías, olas de calor y de frío. Las condiciones meteorológicas también pueden representar un factor para otras amenazas, tales como inundaciones, aludes, incendios forestales, plagas de langosta, epidemias, y el transporte y la dispersión de sustancias tóxicas y material de erupciones volcánicas (UNISDR, 2009)

Los ciclones tropicales son unos de los fenómenos más poderosos y destructivos en la naturaleza. Entre 1970-2010, el promedio de ciclones tropicales por año en el Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México fue de 11 tormentas tropicales, 6 de las cuales se convirtieron en huracanes. Los ciclones tropicales que se forman entre los 5° y 30° grados de latitud norte, típicamente se mueven hacia el oeste. Las temporadas de huracanes para cada cuenca y sus temporadas picos son de junio a noviembre con un pico entre mediados de agosto hasta finales de octubre (NOAA, 2013).

La edición 2011 de la publicación FAO- Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe, señaló que la CEPAL había reafirmado que el cambio climático ha intensificado los huracanes y tormentas tropicales en América Latina y Caribe, principalmente como resultado de mayores temperaturas atmosféricas y superficies oceánicas más cálidas (FAO, 2014).

El país cuenta con estadísticas limitadas de los desastres naturales que han ocurrido en las distintas zonas de Colombia. Los reportes existentes desde 1998, están restringidos a las

emergencias atendidas por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGR. Los eventos climáticos se refieren explícitamente a granizo, helada, sequía, tormenta eléctrica y viento fuerte (vendaval), por otro lado, dispone de registros de inundaciones que pueden ser asociados en su gran mayoría con lluvias intensas y/o recurrentes. Durante la última década la frecuencia de los desastres climáticos ha ido en aumento como lo muestran las Figuras 24, 25 y 26.

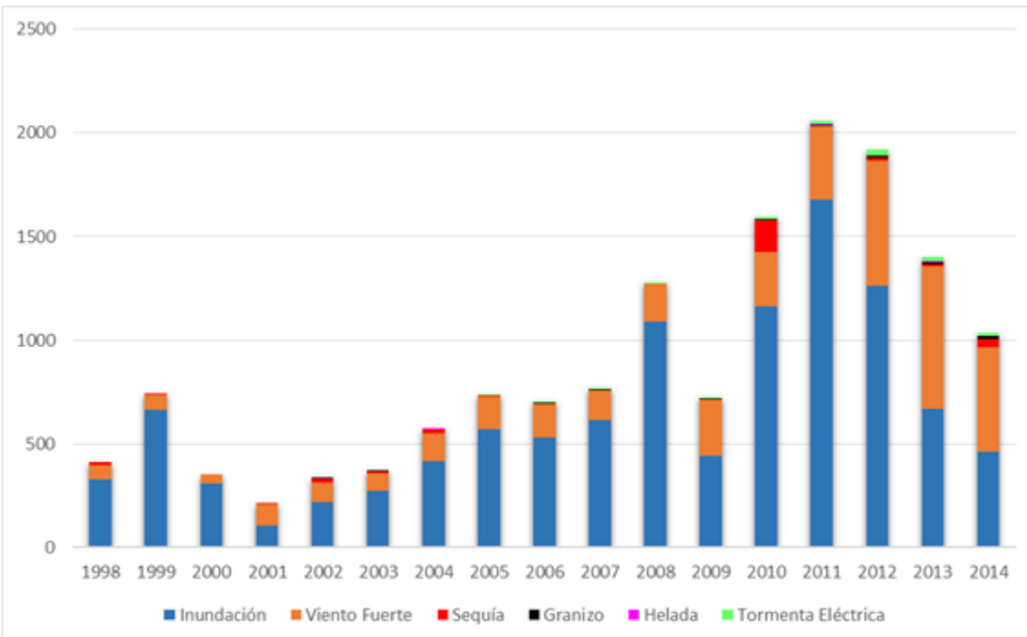


Figura 24. Número total de desastres hidrometeorológicos en Colombia para el periodo 1998 y 2014, con base en los reportes de UNGR.

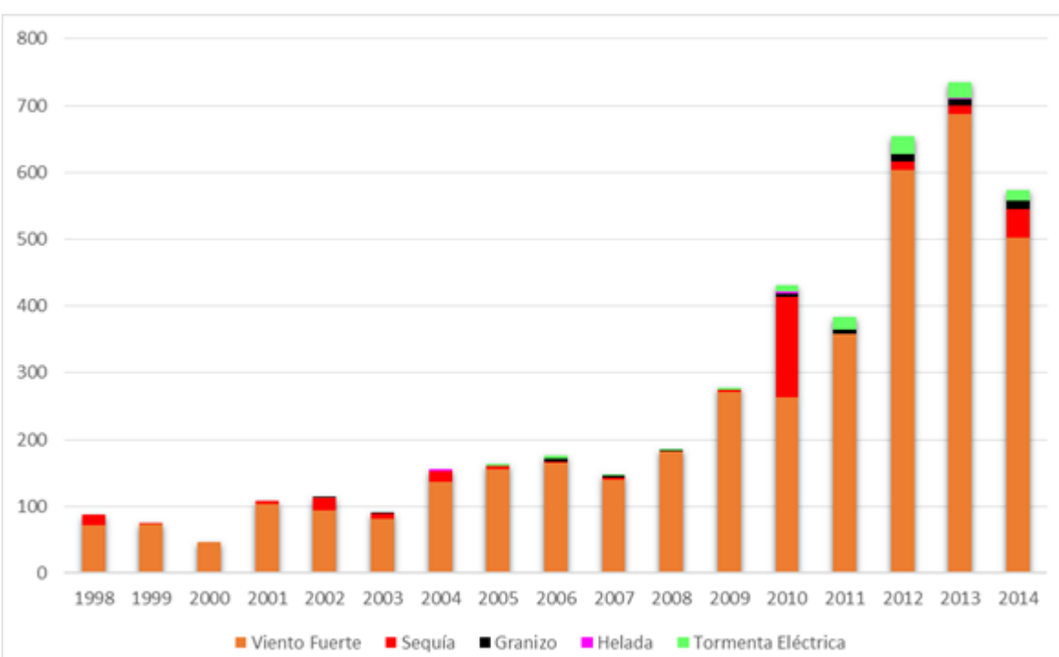


Figura 25. Número total de desastres meteorológicos en Colombia para el periodo 1998 y 2014, con base en los reportes de UNGR.

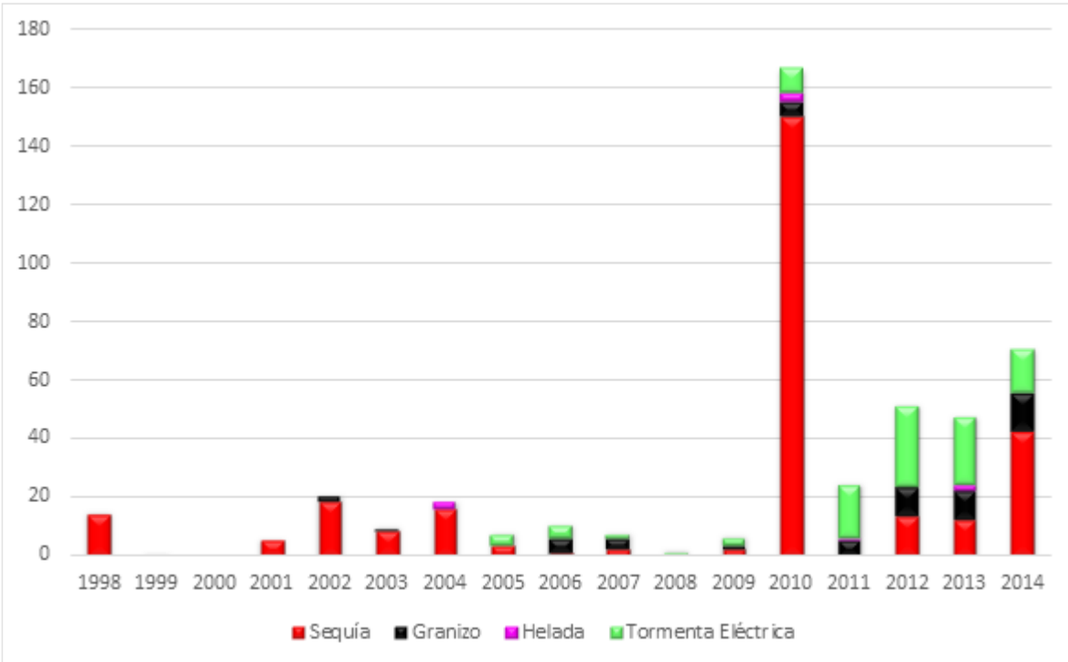


Figura 26. Número total de eventos de sequía, granizo, helada y tormenta eléctrica en Colombia para el periodo 1998 y 2014, con base en los reportes de UNGR.

4.3.1 Sequía

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA AGRÍCOLA

Integrando varias definiciones, se puede afirmar que la sequía corresponde a una deficiencia de precipitación por un periodo extenso de tiempo, que genera déficits hidrológicos en áreas determinadas, alterando sectores ambientales utilizados en el normal desarrollo de actividades humanas. Adicionalmente la sequía se ha clasificado como un fenómeno natural potencialmente peligroso, es decir que se encuentra al mismo nivel de los huracanes, incendios forestales, inundaciones y todos aquellos eventos definidos como amenaza natural (IDEAM, 2002).

Con relación a la disponibilidad de agua puede clasificarse como sequía agrícola, que no empieza al cesar la lluvia, sino cuando las raíces de las plantas no obtienen la suficiente humedad del suelo para compensar las pérdidas por evapotranspiración. La sequía agrícola ocurre cuando la cantidad de precipitación, su distribución, las reservas de agua en el suelo y las pérdidas producidas por la evapotranspiración se combinan para causar una disminución considerable de los rendimientos agrícolas y el ganado (WMO, 1975).

Adicionalmente, se define como sequía agrícola o hidroedáfica: déficit de humedad en la zona radicular para satisfacer las necesidades de un cultivo en un lugar en una época

determinada. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola válidos ni tan siquiera para un área geográfica. En zonas de cultivos de secano va ligada a la sequía meteorológica con un pequeño desfase temporal dependiente de la capacidad de retención de humedad del suelo edáfico. En zonas irrigadas la sequía agrícola está más vinculada a la sequía hidrológica (Fuente: http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/que-es-la-sequia/Observatorio_Nacional_Sequia_1_1_tipos_sequia.aspx)

Según Cadena, M. (2005), las variables más utilizadas para la caracterización de la sequía son la precipitación, la evapotranspiración potencial o de referencia, la temperatura del aire, la humedad del aire, la velocidad del viento, el brillo solar y la capacidad de almacenamiento del suelo.

Para estudiar este evento se utiliza el índice de sequía, el cual se entiende como un valor calculado con relación a algunos efectos acumulativos de una prolongada y anormal deficiencia de humedad (IDEAM, 2002). Los índices de sequía tienen diferentes grados de complejidad. Algunos se fundamentan únicamente en el análisis de la precipitación (Índices de lluvia), otros utilizan varios parámetros y se basan en el desarrollo del balance hídrico (Palmer). A continuación se enumeran lo diferentes índices tanto los basados en lluvia como en el balance hídrico:

- Índices de lluvia:
  Índice de Deciles de Precipitación
  Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)
- Índices basados en el balance hídrico:
  Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI).
  Índice de anomalía hídrica (Z)
  Índice de Disponibilidad Hídrica (IDH).

DEFINICIÓN – PUNTO DE VISTA SEGUROS AGROPECUARIOS

Deficiencia de lluvia o sequía: la precipitación pluvial insuficiente que se presente durante los estados fenológicos de mayor susceptibilidad de cada cultivo de acuerdo a lo señalado en cada condicionado particular y que dé como resultado disminución del rendimiento o muerte de la planta (según tipo de seguro contratado) ocasionado por daños fisiológicos y no como consecuencia de agentes biológicos (MAPFRE, 2013).

REFERENTES NACIONALES

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

De acuerdo con lo establecido en la Declaración de Lincoln sobre los índices de sequía, para describir las características de las sequías se recomendó a todos los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) utilizar el Índice normalizado de precipitación - SPI, por sus siglas en inglés "Standardized Precipitation Index" (OMM 2012).

En este sentido el SPI se basa en la probabilidad de precipitación para cualquier escala temporal, teniendo en cuenta la precipitación observada, la probabilidad de precipitación se transforma en un índice, que actualmente se utiliza en las investigaciones o en modo operativo en más de 70 países. Es así que diversas instituciones y universidades de todo el mundo, incluyendo el IDEAM lo utilizan como parte de las iniciativas de alerta temprana y vigilancia de la sequía. Este índice se basa únicamente en la precipitación y normalmente es calculado para diferentes escalas de tiempo, que varían desde 1, 3, 6, 12, 24 ó 48 meses y en diversas zonas.

Esta flexibilidad temporal permite que el SPI sea muy útil en periodos de corto plazo (para aplicaciones en agricultura) y también en periodos de largo plazo (para aplicaciones hidrológicas). Según el agrometeorólogo del IDEAM Hurtado G., “la serie del SPI3, responde a cambios trimestrales y refleja el comportamiento de la sequía de los últimos tres meses y así sucesivamente. En primera instancia es el que mejor refleja el comportamiento de la sequía para aplicaciones agrícolas”.

El IDEAM elabora productos de seguimiento de la sequía, que consiste en gráficas sobre el comportamiento del índice de sequía en los seis últimos meses para las principales ciudades del país, y la elaboración de mapas de índice de sequía para períodos de 1, 3, 6 y 12 meses, utilizando el SPI. Estos productos se pueden ver en el enlace: http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/meteorologia-agricola.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres.

La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[26].

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[27]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos (sequía) y fitosanitarios (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

REFERENTES INTERNACIONALES

El SPI es un método utilizado por el Centro de Mitigación de la Sequía de Estados Unidos (NDMC) para monitorear la sequía. En el enlace http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIProgram.aspx, se pueden observar los diferentes productos de monitoreo de la sequía y bajar el programa para aplicar el SPI con documentación sobre información del mismo.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) desarrolló la guía del usuario No.1090 sobre el índice normalizado de precipitación, en la que se presentan los valores del índice (Tabla 14) y las categorías de los eventos de sequía (Tabla 15).

[26] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

[27] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

Tabla 14. Valores del Índice normalizado de precipitación. Fuente: OMM, 2012.

SPI	DESCRIPCIÓN
2,0 y más	Extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	Muy húmedo
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo
-0,99 a 0,99	Normal o aproximadamente normal
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99	Severamente seco
-2 y menos	Extremadamente seco

Tabla 15. Probabilidad de recurrencia. Fuente: OMM, 2012.

SPI	*CATEGORÍA*	*NUMERO DE VECES EN 100 AÑOS*	*SEVERIDAD DEL EPISODIO*
0 a -0.99	Sequía leve	33	1 en 3 años
-1,0 a -1,49	Sequía moderada	10	1 en 10 años
-1,5 a -1,99	Sequía severa	5	1 en 20 años
-2 y menos	Sequía extrema	2,5	1 en 50 años

El SPEI Global Drought Monitor (http://sac.csic.es/spei/index.html) es un Sistema de Información en tiempo casi-real sobre las condiciones de sequía a escala mundial, con una resolución espacial de 0,5 grados y una resolución de tiempo mensual. SPEI proporcionan escalas de tiempo de entre 1 y 48 meses. El período de calibración para el SPEI corresponde al periodo de enero 1950 a diciembre 2010.

El conjunto de datos se actualiza durante los primeros días del mes siguiente, sobre la base de las fuentes más fiables y actualizadas de los datos climáticos. La media de los datos de temperatura se obtiene a partir del conjunto de datos reticular NOAA NCEP CPC GHCN_CAMS. Los datos de sumas de precipitaciones mensuales se obtienen a partir de la Climatología Centro Precipitación Global (GPCC). Los datos del producto "primera aproximación" GPCC, con una resolución original de 1º, se interpolan a la resolución de 0.5º.

Actualmente, el SPEI Global Monitor de Sequía (Figura 27) se basa en la ecuación Thortnthwaite para estimar la evapotranspiración potencial, PET. Esto es debido a la falta de fuentes de datos en tiempo real para el cálculo de estimaciones de PET más robustas que tienen requisitos de datos más grandes.

En este sentido la principal ventaja del SPEI Global Monitor de Sequía es así su carácter de cerca en tiempo real, una característica más adecuados para los propósitos de alerta temprana y vigilancia de la sequía. Para el análisis a largo plazo, sin embargo, otros conjuntos de datos son preferibles que se basan en métodos más robustos de estimación

PET. El uso del conjunto de datos SPEI base, que se basa en el modelo de Penman-Monteith FAO-56, por lo tanto se recomienda para estudios climatológicos de sequía.

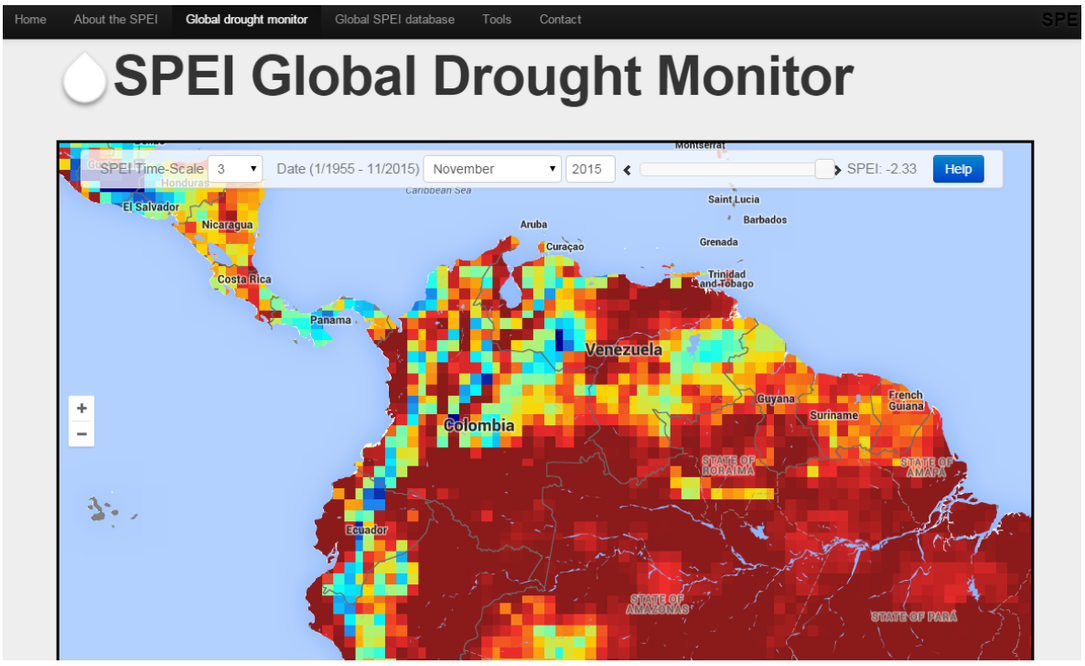


Figura 27. SPEI Global Drought Monitor para Noviembre 2015.

El SPEI cumple los requisitos de un índice de sequía desde su carácter multiescalar y permite ser utilizado por diferentes disciplinas científicas para detectar, monitorear y analizar las sequías. Al igual que el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI) y el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el SPEI puede medir la gravedad de la sequía en función de su intensidad y duración, y puede identificar el inicio y el final de los episodios de sequía.

En este sentido, el SPEI permite la comparación de la gravedad de la sequía a través del tiempo y el espacio, ya que se puede calcular en un amplio rango de climas, al igual que el SPI. Por otra parte, Keyantash y Dracup (2002) indicaron que los índices de sequía deben ser estadísticamente robusto y fácilmente calculables, además deben tener un procedimiento de cálculo claro y comprensible.

Todos estos requisitos se cumplen por el SPEI. Sin embargo, una ventaja crucial del SPEI sobre otros índices de sequía ampliamente utilizados que tienen en cuenta el efecto de la PET en la gravedad de la sequía es que sus características multi-escalares permiten la identificación de los diferentes tipos de sequía e impactos en el contexto del calentamiento global (Figuras 28 y 29).

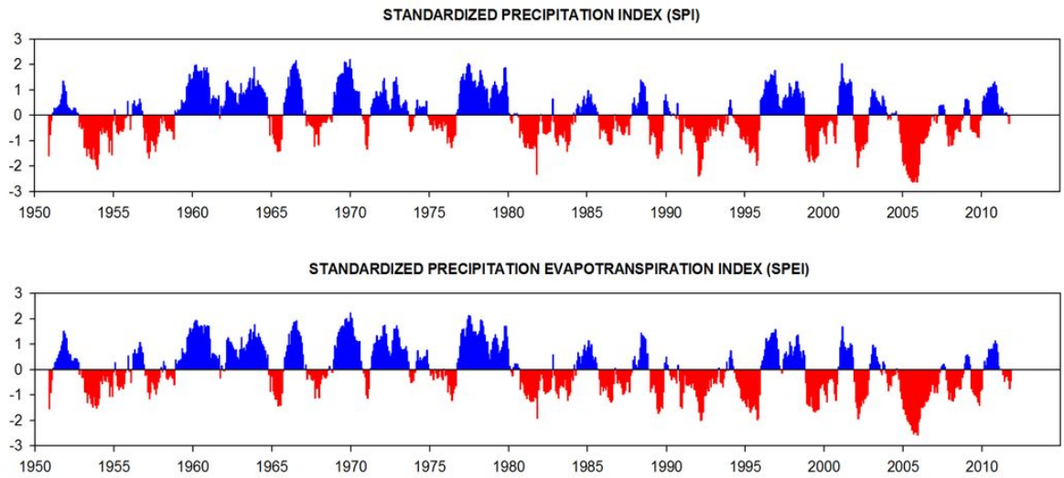


Figura 28. Comparación Interanual de los índices de sequía SPI y SPEI, periodo: 1950 – 2011.

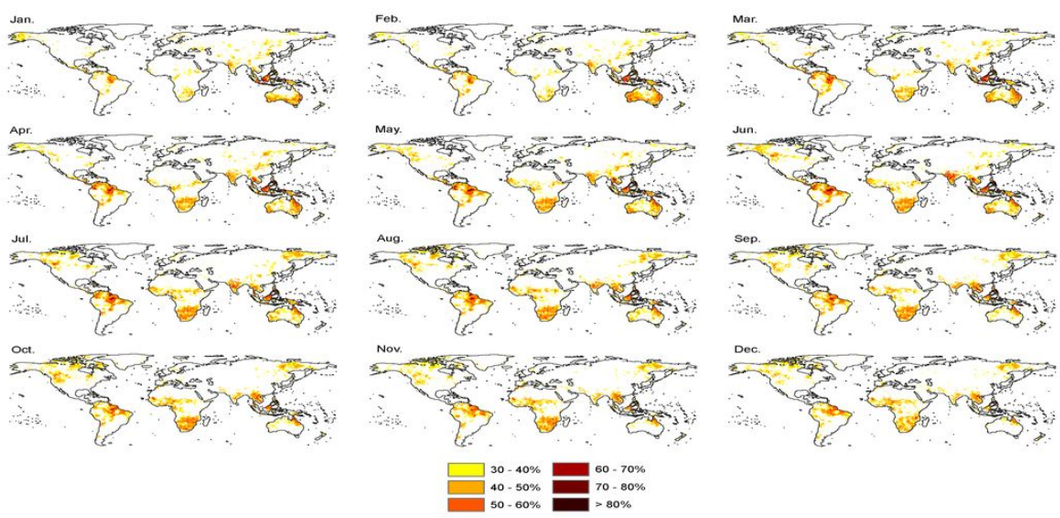


Figura 29. Probabilidad de las condiciones de sequía (SPEI <0.84) durante eventos de El Niño para el 12-meses SPEI. Consulte los detalles en Vicente-Serrano, SM et al. (2011): Una evaluación global multi-escalar del impacto de ENSO en las sequías. Journal of Geophysical Research-Ambiente. 116, D20109, doi: 10.1029 / 2011JD016039.

DesInventar es una herramienta para la generación de los inventarios nacionales de desastres y la construcción de bases de datos que capturan información sobre daños, pérdidas y los efectos generales de los desastres. Con una mayor comprensión de las tendencias de desastres y sus impactos, una mejor prevención, se pueden planificar las medidas de mitigación y preparación para reducir el impacto de los desastres en las comunidades. http://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp

EM-DAT contiene datos básicos esenciales sobre la presencia y los efectos de más de 18.000 desastres masivos en el mundo desde 1900 hasta el presente. La base de datos se compiló a partir de varias fuentes, incluyendo agencias de la ONU, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de prensa.

http://emdat.be/

NatCatService - Natural catastrophe database analysis and information platform – Sistema de Investigación Geo Riesgos de Munich Re, suministra información desde 1980 sobre las exposiciones geo científicas y estructurales y datos de eventos y pérdidas globales. http://nathanlight.munichre.com/ y http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html

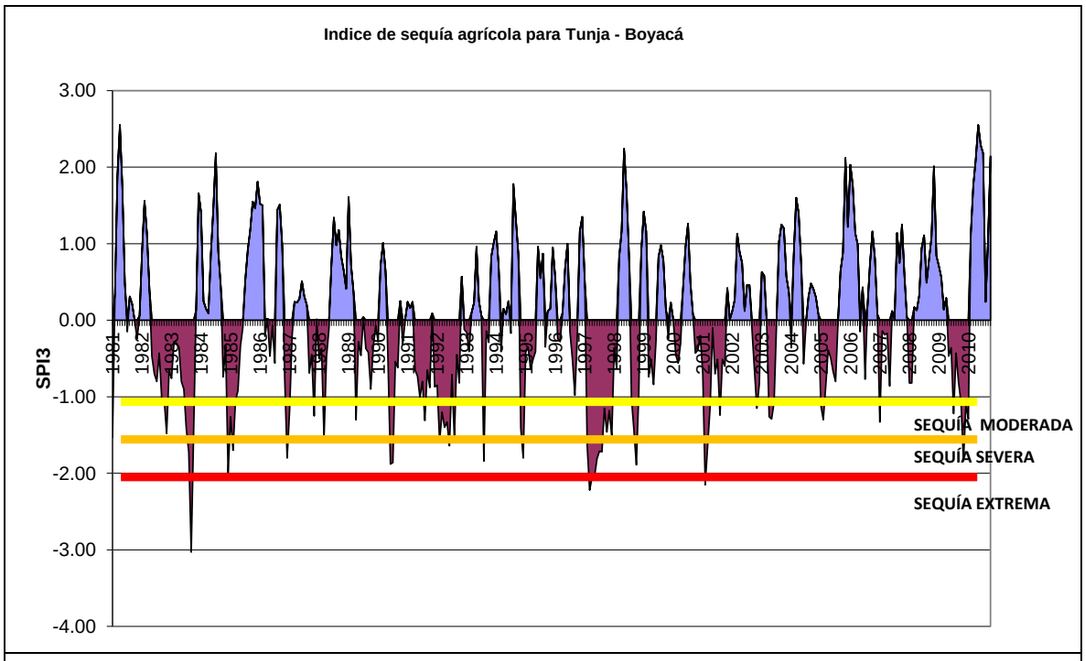
ESTUDIO DE CASO – ANÁLISIS DE LA SEQUÍA

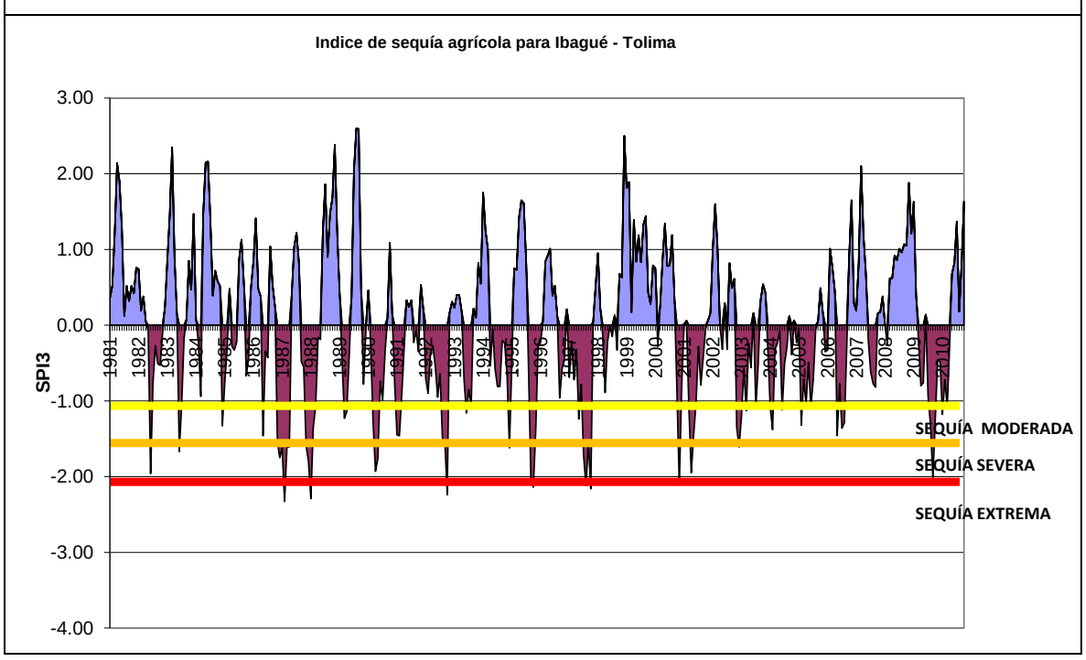
Mediante el uso del SPI, se realizó un ejercicio con el propósito de hacer una caracterización de la sequía en 4 diferentes sitios del país, distribuidos en tres regiones de Colombia, como son las regiones Caribe, Andina y Orinoquia (Tabla 16). A continuación se presentan los resultados.

Tabla 16. Estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio de la sequía.

Código	Tipo	Nombre	Municipio	Departamento	Altitud (m.s.n.m)
2403513	CP	U P T C	TUNJA	BOYACA	2690
2124504	SS	APTO PERALES	IBAGUE	TOLIMA	928
3502502	AM	LIBERTAD LA	VILLAVICENCIO	META	336
1307503	AM	TURIPANA	CERETE	CORDOBA	20

En la figura 30 se observa el comportamiento de la sequía para el periodo 1981 – 2010, en los 4 municipios analizados. Los episodios de sequía tienen lugar siempre que el SPI sea continuamente negativo y alcance una intensidad de -1,0 o inferior. El episodio finaliza cuando el SPI alcanza valores positivos. Por consiguiente, todos los episodios de sequía tienen una duración definida por su comienzo y su final, y una intensidad para cada mes en el que continúa el episodio. La suma positiva del SPI para todos los meses de un episodio de sequía se puede denominar la “magnitud” de la sequía.


Indice de sequía agrícola para Tunja - Boyacá
SPI3
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
SEQUÍA MODERADA
SEQUÍA SEVERA
SEQUÍA EXTREMA


Indice de sequía agrícola para Ibagué - Tolima
SPI3
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
-2.00
-3.00
-4.00
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
SEQUÍA MODERADA
SEQUÍA SEVERA
SEQUÍA EXTREMA

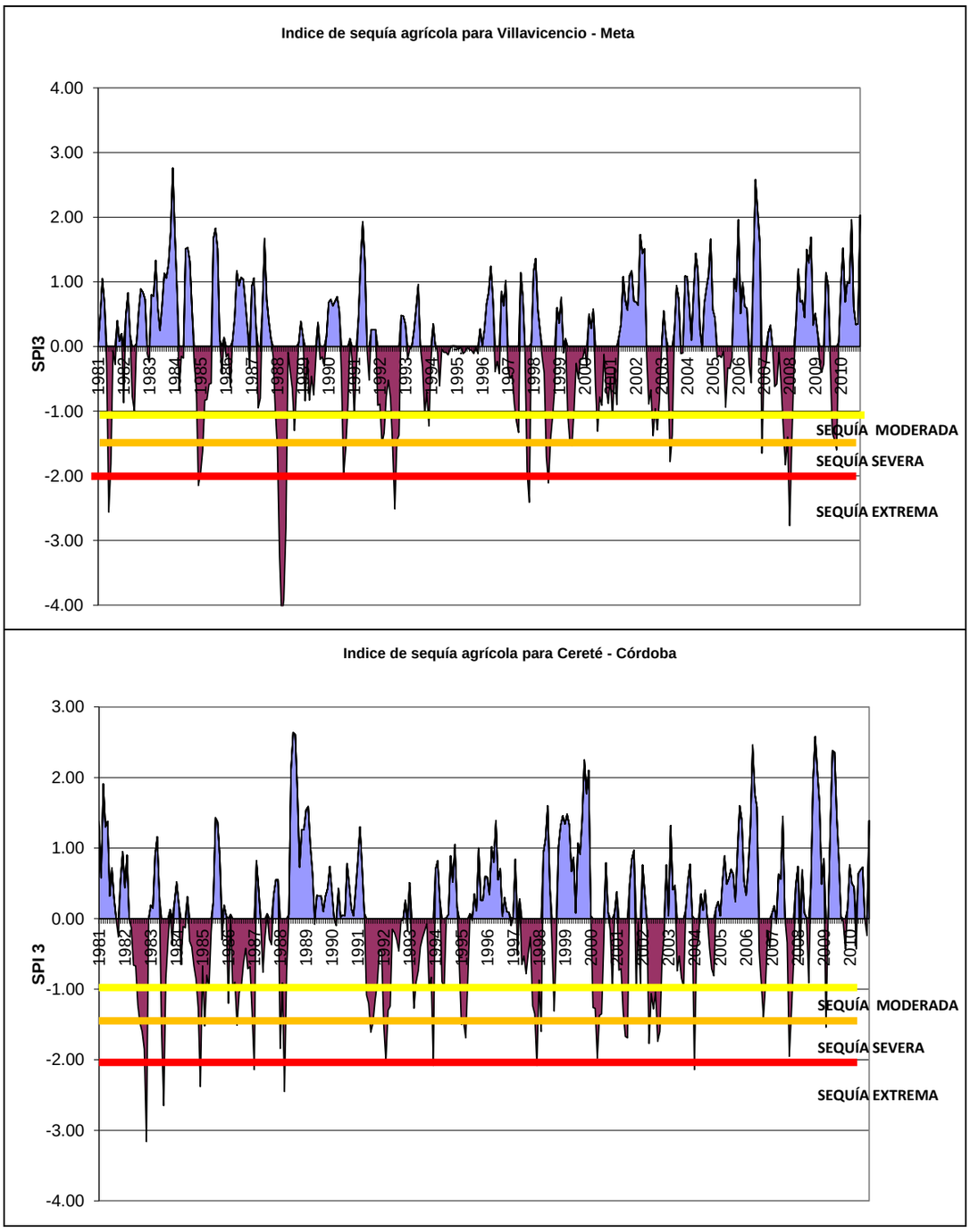


Figura 30. Variación Interanual de los índices de sequía SPI3, periodo: 1981 – 2010.

En la Tabla 17 se resume el análisis de la sequias históricas para los 4 municipios.

Tabla 17. Número de eventos de sequía presentes el periodo 1981 – 2010.

Municipio	Sequía moderada	Sequía severa	Sequía extrema	Total eventos significativos
Tunja	8	10	4	22
Ibagué	10	6	7	23
Villavicencio	9	4	8	21
Cereté	4	8	9	21

De acuerdo al índice SPI a 3 meses en el periodo 1981 al 2010, se han registrado entre 21 y 23 eventos de sequía significativos, de los cuales cerca del 30% representan sequías extremas en los municipios de Cereté (Córdoba) y Villavicencio (Meta). En la Figura 30 se observa que la sequía de mayor intensidad (SPI=-4) se registró en Villavicencio, entre abril y junio de 1988 (época de ocurrencia del fenómeno La Niña).

De acuerdo con los resultados obtenidos, si se compara estos periodos con la ocurrencia del fenómeno El Niño, se observa que los índices son sensibles y han detectado perfectamente los eventos El Niño (años 1982-1983, 1986-1988, 1991-1992, 1994-1995, 1997-1998, 2002-2003, 2004-2005, 2006-2007, 2009-2010). Aunque con el evento extraordinario de índice -4 registrado en Villavicencio en el año 1988, se podría afirmar que para este caso, una sequía puede presentarse aún en periodos La Niña o en años normales.

Se debe resaltar que el efecto sobre el régimen de precipitación en Colombia, varía de evento a evento. De acuerdo a estudios realizados por el IDEAM (2012), el impacto de los eventos El Niño (deficiencias de lluvias) o La Niña (excesos de lluvia), es directo en las regiones Caribe, Andina y en cierta parte de la Pacífica. Entre tanto, en la Amazonia y la Orinoquía la presencia de estos eventos, no presenta efectos significativos, puede ser variable.

4.3.2 Lluvia torrencial

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA METEOROLÓGICO

La lluvia es una precipitación de agua líquida en forma de gotas que caen con velocidad apreciable y de modo continuo. Según el tamaño de las gotas se califican de llovizna, lluvia o chubasco.

La mayor parte de la precipitación tropical cae en forma de lluvia, lo cual es lógico, ya que las temperaturas de la mayor parte de la superficie y la troposfera inferior se encuentran por encima del punto de congelación. La mayor parte de la precipitación en los trópicos es producida por sistemas nubosos organizados de escalas de longitud del orden de 100 a 1000 km cuyo ciclo de vida oscila entre varias horas y un día. Los sistemas tormentosos de esta escala se denominan sistemas convectivos de mesoescala – SCM (COMET, 2011)

La precipitación de los SCM suele clasificarse como convectiva y estratiforme. La categoría convectiva se refiere a las regiones donde cae precipitación producto de la convección activa. La precipitación estratiforme es producto de la convección decadente y menos activa.

Las tasas de precipitación convectiva y estratiforme en los SCM a lo largo de las regiones tropicales del planeta se derivan a partir de las mediciones realizadas con el radar de

precipitación de la misión de medición de la lluvia tropical (Tropical Rainfall Measurement Mission, TRMM), el primer radar de precipitación a bordo de un satélite. En promedio, a lo largo de los trópicos se observa una razón de tasa de lluvia convectiva a estratiforme de 4 a 1 (Tabla 18). La precipitación convectiva produce la mayor parte de la lluvia en la zona ecuatorial, las mayores acumulaciones de lluvia son producto de sistemas de mesoescala organizados. La precipitación convectiva poco profunda es predominantemente oceánica.

Los patrones de precipitación estacional están fuertemente influenciados por la Zona de Confluencia Intertropical – ZCIT, que está asociada con grandes cantidades de precipitación. Los patrones de precipitación local están afectados por el levantamiento orográfico del aire en el lado de barlovento de las montañas que intensifica la precipitación cuando los vientos dominantes son favorables, y por otro lado, se forman sombras pluviométricas en el lado de sotavento de las cordilleras debido al resecamiento del aire por el calentamiento adiabático del flujo descendente.

Por ello, la distribución espacial y temporal de la precipitación varía mucho de una zona a otra, en particular en zonas de montaña y se pueden distinguir patrones regionales que exhiben variabilidad muy fuerte, en otras moderadas o escasas.

Tabla 18. Estadísticas de lluvia tropical convectiva y estratiforme media para 1998-2000. (Fuente: COMET, 2011)

	Fracción de lluvia estratiforme (%)	Fracción de área estratiforme (%)	Tasa de lluvia convectiva (mm h^{-1})	Tasa de lluvia estratiforme (mm h^{-1})	Razón de tasa de lluvia convectiva a estratiforme
Total	40	73	7,3	1,8	4,1
Tierra firme	35	75	10,2	1,8	5,5
Océano	43	72	5,8	1,8	3,3

La Agencia Estatal de Meteorología AEMET (2003) clasifica la precipitación según la intensidad media en una hora. Considera la lluvia inapreciable, débil, moderada, fuerte, muy fuerte o torrencial, según se supere o no un cierto umbral horario (Tabla 19). En este sentido, la lluvia torrencial corresponde a más 60 mm, registrados en una hora.

Tabla 19. Clasificación de la lluvia según la intensidad media en una hora. Fuente: AEMET, 2003.

Intensidad	Acumulación en una hora
DÉBIL	entre 0,1 y 2 mm
MODERADO	entre 2,1 y 15 mm
FUERTE	entre 15,1 y 30 mm
MUY FUERTE	entre 30,1 y 60 mm
TORRENCIAL	más de 60 mm

DEFINICIÓN – PUNTO DE VISTA SEGUROS AGROPECUARIOS

Exceso de lluvia[28]: la elevación de los niveles de humedad en el suelo proveniente directamente de la lluvia, que se presente durante los estados fenológicos de mayor susceptibilidad de cada cultivo de acuerdo a lo señalado en cada condicionado particular y que dé como resultado disminución del rendimiento o muerte de la planta (según tipo de seguro contratado) ocasionado por daños fisiológicos y no como consecuencia de agentes biológicos.

La cobertura de este riesgo no ampara daños por inundación por agua proveniente de rotura de canales o drenes, desbordamiento de ríos, presas o lagos o por cualquier fuente externa al lote distinta a la lluvia directa así como tampoco se ampara bajo esta cobertura la imposibilidad de realizar la labor de cosecha (MAPFRE, 2013).

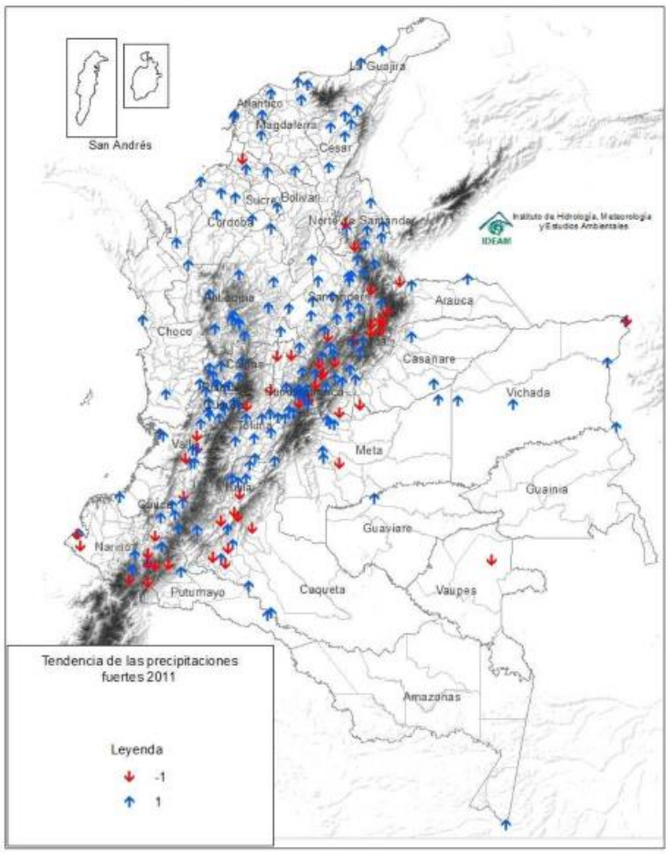
REFERENTES NACIONALES

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

Las tendencias del clima en los pasados 30 a 40 años indican un aumento en la cantidad de eventos extremos como las precipitaciones de alta intensidad (tormentas o aguaceros). Para el análisis se utiliza la precipitación máxima anual en un día, precipitación total anual mayor al percentil 95 y 99 y número de días en un año con lluvia mayor a 10mm, número de días en un año con lluvia mayor a 20mm y número de días en un año con lluvia mayor a 40mm.

En el Mapa 2, muestra que la mayoría de las estaciones en Colombia muestran una tendencia al aumento de las precipitaciones fuertes (flechas azules), especialmente en amplios sectores de la regiones Caribe, Andina, Pacífica y Orinoquía. La disminución de los eventos extremos ocurre en sectores aislados de la Cordillera Oriental (cuenca del río Sogamoso, Sabana de Bogotá el Piedemonte Amazónico) y Nariño (IDEAM, 2011)

[28] Para fines de seguros MAPFRE contempla la definición de lluvia torrencial como se transcribe en este párrafo.



Mapa 2. Indicador relacionado con la tendencia de las precipitaciones fuertes o intensas. La tendencia positiva (flechas ascendentes azules) está relacionada con un aumento en las precipitaciones intensas y la tendencia negativa con disminución (flechas descendentes rojas). Fuente: IDEAM

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres.

La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[29].

[29] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[30]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos (Lluvia) y fitosanitarios (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

REFERENTES INTERNACIONALES

DesInventar es una herramienta para la generación de los inventarios nacionales de desastres y la construcción de bases de datos que capturan información sobre daños, pérdidas y los efectos generales de los desastres. Con una mayor comprensión de las tendencias de desastres y sus impactos, una mejor prevención, se pueden planificar las medidas de mitigación y preparación para reducir el impacto de los desastres en las comunidades. http://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp

EM-DAT contiene datos básicos esenciales sobre la presencia y los efectos de más de 18.000 desastres masivos en el mundo desde 1900 hasta el presente. La base de datos se compiló a partir de varias fuentes, incluyendo agencias de la ONU, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de prensa. http://emdat.be/

Severe Weather Information Centre. World Meteorological Organization – WMO. Official warnings. http://severe.worldweather.wmo.int/

[30] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

4.3.3 Helada

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA AGROMETEOROLÓGICO

En términos meteorológicos se dice que la helada es la ocurrencia de una temperatura igual o menor a 0°C a un nivel de 2 metros sobre el nivel del suelo, es decir al nivel reglamentario al cual se ubican las casetas de medición meteorológica

Desde el punto de vista agrometeorológico podría definirse una helada como la temperatura a la cual los tejidos de la planta comienzan a sufrir daño. En esta definición entran en juego aspectos fisiológicos, como la resistencia o susceptibilidad del cultivo a bajas temperaturas en sus diferentes estados de desarrollo, altura de la planta sobre el nivel del suelo y la temperatura de la hoja.

En este sentido, fisiológicamente se puede presentar helada en la planta, así no se presente el fenómeno desde el punto de vista climático a nivel de caseta. Además, en una noche de helada y bajo determinadas condiciones de la planta, la temperatura interna de la hoja puede ser más baja que la del aire, o sea que la intensidad de la helada, desde el punto de vista agronómico, puede ser mayor que la intensidad climática registrada (IDEAM, 2008).

DEFINICIÓN – PUNTO DE VISTA SEGUROS AGROPECUARIOS

Heladas: temperaturas iguales o menores al punto de congelación del agua (formación de cristales con rompimiento de estructuras intracelulares) que se presente durante los estados fenológicos de mayor susceptibilidad de cada cultivo de acuerdo a lo señalado en cada condicionado particular y que dé como resultado disminución del rendimiento o muerte de la planta (según tipo de seguro contratado) ocasionado por daños fisiológicos el reporte de siniestro, y se deberá notificar máximo 3 días posteriores a la ocurrencia del evento (MAPFRE, 2013).

REFERENTES NACIONALES

Para el seguimiento, monitoreo y pronóstico de las heladas el IDEAM opera de una *red de estaciones* que cubre los sitios representativos ubicados en elevaciones mayores a los 2500 m.s.n.m, en donde se hace el monitoreo de la temperatura mínima. Además el Instituto elabora el pronóstico de la amenaza por heladas, que comprende el seguimiento, monitoreo y estudio tanto de los factores que intervienen en el enfriamiento de la superficie terrestre, como de las variables meteorológicas siguientes:

- **Temperatura del aire.** Se tiene en cuenta dos características: magnitud de la temperatura máxima durante el día la cual generalmente debe alcanzar valores por

encima del promedio y velocidad del descenso de la temperatura después de la puesta del sol

- **Humedad del aire**. Los días con helada se caracterizan por alcanzar valores muy bajos durante el día.
- **Nubosidad.** Escasa nubosidad durante el día y especialmente en la noche, favorecen la presentación del fenómeno
- **Dirección y velocidad del viento**. Se requiere que el viento sea muy suave o en calma durante la noche.
- **Insolación o radiación solar directa**. Para que tenga lugar la helada, el sol debe brillar la mayor parte del tiempo, especialmente en horas de la tarde.

Adicionalmente, para el pronóstico de la ocurrencia de heladas, el IDEAM considera factores adicionales para evaluar la posibilidad de presentación de una baja temperatura y su impacto:

- **La época del año**. Las épocas secas son las de mayor probabilidad de ocurrencia de heladas.
- **Humedad del suelo**. Un suelo seco y suelto, generalmente agudiza el efecto de una baja temperatura.
- **Características de la planta**. Tipo genético, la distinta sensibilidad al frío de las especies y sus respectivas variedades, los estados fenológicos y fisiológicos que tengan las plantas en el momento de la helada.

Se complementa el análisis con las imágenes de satélite, en las bandas visible e infrarrojo (térmico y vapor de agua), especialmente para el monitoreo de advección de humedad procedente del océano Pacífico o de la cuenca Amazónica, la cual tiene un fuerte impacto en el comportamiento de la temperatura mínima y evita en muchos casos la ocurrencia de heladas. Por otro lado, los modelos numéricos permiten establecer la posible evolución de las condiciones meteorológicas a escala regional y son la base de modelos estadísticos para el pronóstico de la temperatura mínima y la probabilidad que ésta sea igual o menor que cero °C.

Para apoyar al sector agropecuario, el IDEAM produce información oportuna la cual se publica por diferentes medios, siendo la página Web el medio más común. La información agrometeorológica se diferencia en dos tipos: de seguimiento y de pronóstico.

En el enlace http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/meteorologia-agricola, se encuentra disponible productos como: la variación diaria de condiciones meteorológicas - Altiplano Cundiboyacense y gráficos de comportamiento de la humedad en zonas de cultivo y el pronóstico de lluvias a siete días en zonas de cultivo y de la temperatura (animación hora a hora del pronóstico diario de la temperatura del aire para los siguientes 3 días visto por el modelo de mesoescala WRF sobre Colombia, el Mar Caribe y Bogotá) en el enlace http://modelos.ideam.gov.co/tiempo/temperatura/..

REFERENTES INTERNACIONALES

EM-DAT contiene datos básicos esenciales sobre la presencia y los efectos de más de 18.000 desastres masivos en el mundo desde 1900 hasta el presente. La base de datos se compiló a partir de varias fuentes, incluyendo agencias de la ONU, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de prensa. http://emdat.be/

NatCatService - Natural catastrophe database analysis and information platform – Sistema de Investigación Geo Riesgos de Munich Re, suministra información desde 1980 sobre las exposiciones geo científicas y estructurales y datos de eventos y pérdidas globales. http://nathanlight.munichre.com/ y http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html

4.3.4 Viento fuerte

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA METEOROLÓGICO

El viento es el movimiento del aire. Este fenómeno atmosférico se debe a los movimientos de aire provocados por las diferencias de temperatura y presión atmosférica. Al calentarse el aire, se dilata, se hace menos pesado y tiende a elevarse sobre las masas de aire frío. Existen, además, tipos de vientos propios de lugares determinados que se producen a consecuencia de ciertas características geográficas y climatológicas del lugar.

La velocidad del viento en superficie se refiere a la velocidad que alcanza esta variable meteorológica a 10 metros de altura, que es la norma internacional establecida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como estándar para la medición y seguimiento del viento. Una observación de viento está caracterizada por la dirección y la velocidad. La velocidad, es decir la distancia recorrida por una partícula de aire en la unidad de tiempo, se expresa en metros por segundo (m/s) o kilómetros por hora (Km/h).

En ausencia de instrumentos o cuando el equipo disponible está averiado, la forma más sencilla de estimar la velocidad es observando directamente el efecto del viento en la superficie terrestre. Con este fin se utiliza la escala Beaufort (Tabla 20) la cual sirve para evaluar la velocidad del viento con base en las características observadas (IDEAM, 2010).

Tabla 20. Escala Beaufort para la fuerza del viento, con indicación de las velocidades equivalentes en kilómetros por hora.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	**Calma**	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	**Ventolina**	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	**Flojito** (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	7 a 10	**Flojo** (Brisa Ligera)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	**Bonancible** (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	**Fresquito** (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	**Fresco** (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.
7	50 a 61	28 a 33	**Frescachón** (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	**Temporal** (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	41 a 47	**Temporal fuerte** (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	48 a 55	**Temporal duro** (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	56 a 63	**Temporal muy duro** (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	+ 118	+64	**Temporal huracanado** (Huracán)	Olas excepcionalmente grandes, mar blanca, visibilidad nula	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles y lluvias.

De acuerdo con la escala Beaufort, el viento se clasifica en moderados (velocidad media entre 20 y 40 km/h), fuertes (velocidad media entre 40 y 70 Km/h), muy fuertes (velocidad media entre 70 y 120 km/h) y 70 huracanados (velocidad media mayor de 120 km/h).

Vendaval es definido como un viento repentino y de alta intensidad, generalmente sin precipitación, adquiere acepciones más específicas en algunas zonas.

Respecto al tema de vientos, la UNGRD considera la definición de vendaval como el aumento de la intensidad de los vientos durante intervalos cortos de tiempo con valores superiores a 46kph. Pueden causar daños a edificaciones, especialmente a cubiertas, tejas, ventanas, caída de árboles y objetos. No se puede saber cuándo van a ocurrir (http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/ABC_Gestion_de_Riesgo.aspx).

DEFINICIÓN – PUNTO DE VISTA SEGUROS AGROPECUARIOS

Vientos fuertes: la acción del viento con o sin lluvia con la intensidad suficiente para causar daños al cultivo y que dé como resultado disminución del rendimiento o muerte de la planta más no de la calidad que se presente durante los estados fenológicos de mayor susceptibilidad de cada cultivo de acuerdo a lo señalado en cada condicionado particular (según tipo de seguro contratado) ocasionado por daños fisiológicos y no como consecuencia de agentes biológicos. Se debe reportar el siniestro máximo 3 días posteriores a la ocurrencia del evento (MAPFRE, 2013).

REFERENTES NACIONALES

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

El IDEAM realiza estudios e investigaciones relacionadas con la atmósfera, el tiempo y el clima del país, además de preparar productos que contribuyan al aprovechamiento del recurso clima, en el mejoramiento y optimización de la producción de los distintos sectores socioeconómicos del país.

Es así que el IDEAM junto con La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), elaboraron el Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia – 2006. Además el IDEAM en la página Web mantiene actualizado productos relacionados al comportamiento del viento, como se puede mencionar: el análisis de líneas de corriente en tiempo real y pronósticos diarios de vientos para Colombia, Bogotá y Medellín, disponibles en el enlace: http://modelos.ideam.gov.co/tiempo/vientos/.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[31].

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[32]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de

[31] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

[32] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos (vendaval) y fitosanitarios (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

REFERENTES INTERNACIONALES

Visor GAR Risk Data. Este visor de Riesgo interactiva proporciona los datos globales de riesgo de los Informes de Evaluación Global.
http://risk.preventionweb.net/capraviewer/main.jsp?countrycode=g15

DesInventar es una herramienta para la generación de los inventarios nacionales de desastres y la construcción de bases de datos que capturan información sobre daños, pérdidas y los efectos generales de los desastres. Con una mayor comprensión de las tendencias de desastres y sus impactos, una mejor prevención, se pueden planificar las medidas de mitigación y preparación para reducir el impacto de los desastres en las comunidades. http://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp

EM-DAT contiene datos básicos esenciales sobre la presencia y los efectos de más de 18.000 desastres masivos en el mundo desde 1900 hasta el presente. La base de datos se compiló a partir de varias fuentes, incluyendo agencias de la ONU, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de prensa. http://emdat.be/

Severe Weather Information Centre. World Meteorological Organization – WMO. Official warnings. http://severe.worldweather.wmo.int/

NatCatService - Natural catastrophe database analysis and information platform – Sistema de Investigación Geo Riesgos de Munich Re, suministra información desde 1980 sobre las exposiciones geo científicas y estructurales y datos de eventos y pérdidas globales. http://nathanlight.munichre.com/ y http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html.

4.3.5 Granizo

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA METEOROLÓGICO

El granizo es un tipo de precipitación de partículas irregulares de hielo. Se forma en tormentas intensas en las que se producen gotas de agua sobre enfriadas, es decir, aún líquidas pero a temperaturas por debajo de su punto normal de congelación (0°C) (Fuente IDEAM[33]). El tipo de nubes característico de estos procesos es el cumulonimbus.

DEFINICIÓN – PUNTO DE VISTA SEGUROS AGROPECUARIOS

Granizo: la acción de precipitación atmosférica de agua en estado sólido que dé como resultado disminución del rendimiento o muerte de la planta (según tipo de seguro contratado) que se presente durante los estados fenológicos de mayor susceptibilidad de cada cultivo de acuerdo a lo señalado en cada condicionado particular (MAPFRE, 2013).

REFERENTES NACIONALES

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[34].

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[35].

---

[33] http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/glosario#G
[34] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

[35] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones

Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos (Granizada) y fitosanitarios (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

REFERENTES INTERNACIONALES

Visor GAR Risk Data. Este visor de Riesgo interactiva proporciona los datos globales de riesgo de los Informes de Evaluación Global.
http://risk.preventionweb.net/capraviewer/main.jsp?countrycode=g15

DesInventar es una herramienta para la generación de los inventarios nacionales de desastres y la construcción de bases de datos que capturan información sobre daños, pérdidas y los efectos generales de los desastres. Con una mayor comprensión de las tendencias de desastres y sus impactos, una mejor prevención, se pueden planificar las medidas de mitigación y preparación para reducir el impacto de los desastres en las comunidades. http://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp

EM-DAT contiene datos básicos esenciales sobre la presencia y los efectos de más de 18.000 desastres masivos en el mundo desde 1900 hasta el presente. La base de datos se compiló a partir de varias fuentes, incluyendo agencias de la ONU, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de prensa. http://emdat.be/

Severe Weather Information Centre. World Meteorological Organization – WMO. Official warnings. http://severe.worldweather.wmo.int/

NatCatService - Natural catastrophe database analysis and information platform – Sistema de Investigación Geo Riesgos de Munich Re, suministra información desde 1980 sobre las exposiciones geo científicas y estructurales y datos de eventos y pérdidas globales. http://nathanlight.munichre.com/ y http://www.munichre.com/en/reinsurance/business/non-life/natcatservice/index.html

---

en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

4.4. EVENTOS FITOSANITARIOS

4.4.1 Plaga

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA AGRÍCOLA[36]

Plaga agrícola es una población de animales fitófagos (se alimentan de plantas) que disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha o incrementa sus costos de producción. Se trata de un criterio esencialmente económico (https://hortintl.cals.ncsu.edu/es/content/definici%C3%B3n-de-plaga-agr%C3%ADcola)

REFERENTES NACIONALES

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD

La Subdirección de Manejo de Desastres como proceso estratégico de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres coordina y ejecuta las actividades, para responder ante los efectos adversos causados por las emergencias en la ejecución de la respuesta y la recuperación.

La operación de la Sala de Crisis, 24 horas los siete (7) días de la semana, permite el trabajo constante de monitoreo y verificación de la información sobre los eventos naturales y/o antrópicos que se presentan en el país y que son registrados por los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. La información recibida es procesada para atender los eventos que presenten declaratoria de calamidad pública con recursos asignados a través del Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Con este objetivo La Unidad en su página Web elabora el Consolidado de atención de emergencias[37].

La UNGRD lleva a cabo el *consolidado de atención de emergencias* a nivel nacional, departamental, y municipal, mediante la utilización de un visor elaborado por Desinventar[38]. Esta iniciativa internacional data de los inicios del siglo XX consolidándose en 1994 para Latinoamérica y en 1998 para Colombia.

---

[36] En la revisión bibliográfica no se encontró definición del sector asegurador colombiano

[37] Disponible en: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx

[38] A partir de 1994 se empieza a construir un marco conceptual y metodológico común, por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres. DesInventar.

La fuente de información de este inventario de eventos son los Consejos Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres. Este inventario posee un periodo de registro desde el año 1998, es decir, aproximadamente una longitud de registro de 17 años. De acuerdo a la clasificación de eventos, objeto de localización y evaluación del presente estudio, el consolidado de atención de emergencias comprende los 4 tipos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos y fitosanitarios (plaga) (Anexo H).

La UNGRD no posee un protocolo o documentación sobre la recopilación, verificación de la información que registra en el consolidado de emergencias.

4.4.2 Enfermedad

DEFINICIÓN TÉCNICA – PUNTO DE VISTA AGRÍCOLA[39]

Las Enfermedades en las plantas se caracterizan por ser infecciosos (bióticos o vivos) y no infecciosos (abióticos o no vivos). Los agentes infecciosos son las bacterias, hongos, micoplasmas, nemátodos y virus; mientras que los agentes no infecciosos son desbalances nutricionales, estrés ambiental y toxicidad química (causada por plaguicidas y contaminantes del aire (http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=124)

REFERENTES NACIONALES

En Colombia la entidad encargada de los procesos fitosanitarios en el sector agropecuario es el **Instituto Colombiano Agropecuario (*ICA*)**

Esta entidad desarrolla los siguientes procesos

Análisis fitosanitario

Pruebas que se realizan a nivel de laboratorio o de campo, tendientes a determinar la presencia de problemas fitosanitarios específicos.

Certificado fitosanitario (exportación)

Documento oficial expedido por la autoridad competente del país exportador mediante el cual se acredita que las plantas, productos vegetales o agentes de control biológico, según el caso, cumplen con los requisitos sanitarios establecidos por el país importador (Ica. Resolución 431/96).[40]

---

[39] En la revisión bibliográfica no se encontró definición del sector asegurador colombiano

[40] http://www.ica.gov.co/Normatividad/Normas-Internacionales/Ley.aspx?aliaspath=%2fNormatividad%2fNormas-Internacionales%2fLey&searchtext=resolucion+431

Certificado fitosanitario (nacionalización)

Es el documento oficial expedido por el profesional de cuarentena vegetal del ICA con base en el concepto técnico previa inspección del cargamento y mediante el cual se constata que este ha cumplido con los requisitos fitosanitarios exigidos y que por lo tanto, no constituye riesgos para la sanidad agropecuaria del país.

Inspección fitosanitaria

Inspección visual oficial de productos vegetales, agentes de control biológico, medios de transporte, lugares de producción y sitios de almacenamiento, procesamiento y empaque, para verificar si existen plagas y si se da cumplimiento a las disposiciones y requisitos fitosanitarios establecidos.

A nivel nacional se cuenta con el Sistema de información epidemiológica y de vigilancia fitosanitaria- SISFITO

SISFITO es un Sistema de información epidemiológica y de vigilancia fitosanitaria, que recopila análisis, monitoreo, evaluaciones, que permiten determinar la presencia o ausencia de plagas en el territorio.

En este sentido el sistema trabaja por módulos, según los cultivos y las plagas de alto impacto económico. En esta primera etapa se ha implementado para los cultivos de ornamentales de exportación, algodón y forestales. En el futuro inmediato se implementará para frutales, arroz y palma de aceite, entre otros.

Para acceder a esta información es necesario registrar un usuario que sea Líder Seccional o Nacional del proyecto, sensor interno o sensor externo

REFERENTES INTERNACIONALES

A nivel internacional se maneja protocolos, los cuales son aplicables en Colombia, algunos de estos procesos o protocolos se enuncian a continuación

Certificación Fitosanitaria

Uso de procedimientos fitosanitarios conducentes a la expedición de un Certificado Fitosanitario [FAO, 1990].

Certificado Fitosanitario

Certificado diseñado según los modelos de certificado de la CIPF [FAO, 1990].

Control oficial

Observancia activa de la reglamentación fitosanitaria y aplicación de los procedimientos fitosanitarios obligatorios, con el propósito de erradicar o contener las plagas cuarentenarias

o manejar las plagas no cuarentenarias reglamentadas (véase el Suplemento N.º 1 del Glosario) [CIMF, 2001][41]

Declaración Adicional

Declaración requerida por un país importador que se ha de incluir en el Certificado Fitosanitario y que contiene información adicional específica sobre un envío en relación con las plagas reglamentadas [FAO, 1990; revisado CIMF, 2005].

Zona Tampón

Área adyacente o que circunda a otra delimitada oficialmente para fines fitosanitarios con objeto de minimizar la probabilidad de dispersión de la plaga objetivo dentro o fuera del área delimitada, y a la que se aplican, según proceda, medidas fitosanitarias u otras medidas de control [NIMF N.º 10, 1999; NIMF N.º 22 revisada, 2005; CMF, 2007].NIMF No. 5. 2009.

Inspección fitosanitaria

Inspección visual oficial de productos vegetales, agentes de control biológico, medios de transporte, lugares de producción y sitios de almacenamiento, procesamiento y empaque, para verificar si existen plagas y si se da cumplimiento a las disposiciones y requisitos fitosanitarios establecidos.

Categorización de plagas

Proceso para determinar si una plaga tiene o no tiene las características de una plaga cuarentenaria o de una plaga no cuarentenaria reglamentada [NIMF N.º 11, 2001, anteriormente clasificación de plagas].

Control de una plaga

Supresión, contención o erradicación de una población de plagas [FAO, 1995].

Control Biológico Clásico

La introducción intencional y el establecimiento permanente de un agente exótico de control biológico para el control de plagas a largo plazo [NIMF N.º 3, 1996].

Control Oficial

Observancia activa de la reglamentación fitosanitaria y aplicación de los procedimientos fitosanitarios obligatorios, con el propósito de erradicar o contener las plagas cuarentenarias o manejar las plagas no cuarentenarias reglamentadas (véase el Suplemento N.º 1 del Glosario)[42] [CIMF, 2001]

---

[41].http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?searchmode=AnyWord&searchscope=SearchCurrentSection&pagesearchresults=1&aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=fitosanitario.

[42] http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=plagas

Cuarentena Vegetal

Toda actividad destinada a prevenir la introducción y/o dispersión de plagas cuarentenarias o para asegurar su control oficial [FAO, 1990; revisado FAO, 1995].

Estatus de una Plaga en un área

Presencia o ausencia actual de una plaga en un área, incluyendo su distribución donde corresponda, según lo haya determinado oficialmente el juicio de expertos basándose en los registros de plagas previos y actuales y en otra información pertinente [CEMF, 1997; revisado CIMF, 1998; anteriormente situación de una plaga (en un área)].

Evaluación del Riesgo de Plagas (para plagas cuarentenarias)

Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión de una plaga y de la magnitud de las posibles consecuencias económicas asociadas (véase el Suplemento N.º 2 del Glosario)[43] [FAO, 1995; revisado NIMF N.º 11, 2001; NIMF N.º 2, 2007].

Evaluación del Riesgo de Plagas (para plagas no cuarentenarias reglamentadas)

Evaluación de la probabilidad de que una plaga en plantas para plantar afecte el uso destinado de esas plantas, con repercusiones económicamente inaceptables (véase el Suplemento N.º 2 del Glosario)[44] [CIMF, 2005][45]

Zona de escasa prevalencia de plagas o enfermedades

Zona designada por las autoridades competentes, que puede abarcar la totalidad de un país, parte de un país o la totalidad o partes de varios países, en la que una determinada plaga o enfermedad no existe más que en escaso grado y que está sujeta a medidas eficaces de vigilancia, lucha contra la plaga o enfermedad o erradicación de la misma. OMC, Acuerdo MSF.

Procedimiento Fitosanitario

Cualquier método oficial para la aplicación de medidas fitosanitarias, incluida la realización de inspecciones, pruebas, vigilancia o tratamientos en relación con las plagas reglamentadas [FAO, 1990; revisado FAO, 1995; CEMF, 1999; CIMF, 2001; CIMF, 2005].NIMF No. 5. 2009.

---

[43] http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=plagas&searchmode=AnyWord&searchscope=SearchCurrentSection&pagesearchresults=2

[44] http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=plagas&searchmode=AnyWord&searchscope=SearchCurrentSection&pagesearchresults=2

[45] http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?searchmode=AnyWord&searchscope=SearchCurrentSection&aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=plagas&pagesearchresults=2

Reglamentación Fitosanitaria

Norma oficial para prevenir la introducción y/o dispersión de las plagas cuarentenarias o para limitar las repercusiones económicas de las plagas no cuarentenarias reglamentadas, incluido el establecimiento de procedimientos para la certificación fitosanitaria (véase el Suplemento N.º 2 del Glosario) [46] [FAO, 1990; revisado FAO, 1995; CEMF, 1999; revisado CIMF, 2001].

Riesgo de Plagas (para plagas cuarentenarias)

Probabilidad de introducción y dispersión de una plaga y magnitud de las posibles consecuencias económicas asociadas a ella (véase el Suplemento N.º 2 del Glosario)[47] [NIMF N.º 2, 2007].NIMF No. 5. 2009.

Riesgo de Plagas (para plagas no cuarentenarias reglamentadas)

Probabilidad de que una plaga presente en plantas para plantar afecte el uso destinado de esas plantas acarreando repercusiones económicas inaceptables (véase el Suplemento N.º 2 del Glosario)[48] [NIMF N.º 2, 2007].NIMF No. 5. 2009.

Supresión

Aplicación de medidas fitosanitarias dentro de un área infestada para disminuir poblaciones de plagas [FAO, 1995; revisado CEMF, 1999].NIMF No. 5. 2009

4.5 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN DE EVENTOS

De acuerdo a los indicadores considerados para evaluar la calidad de la información sobre los diferentes tipos de eventos, los inventarios de eventos en el país, se caracterizan por una calidad entre alta y media (Tabla 21). Sin embargo, la calidad de los registros de eventos meteorológicos es variable, ya que en relación con la coherencia - exactitud y transparencia es baja.

---

[46] http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?searchmode=AnyWord&searchscope=SearchCurrentSection&aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=plagas&pagesearchresults=4

[47] http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=plagas&searchmode=AnyWord&searchscope=SearchCurrentSection&pagesearchresults=4

[48] http://www.ica.gov.co/El-ICA/Glosario.aspx?aliaspath=%2fEl-ICA%2fGlosario&searchtext=plagas&searchmode=AnyWord&searchscope=SearchCurrentSection&pagesearchresults=4

Tabla 21. Evaluación de la calidad de la información de eventos según los indicadores.

TIPOS DE EVENTO	ACCESIBILIDAD	RELEVANCIA Y PERTINENCIA	COHERENCIA Y EXACTITUD	INTEGRIDAD	COHERENCIA Y TRANSPARENCIA	TRANSPARENCIA
EVENTOS GEOLÓGICOS						
Movimientos en masa	Media	Alta	Media	Alta	Media	Alta
Erupción volcánica	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Alta
Sismo	Alta	Alta	Media	Alta	Media	Alta
EVENTOS HIDROLÓGICOS						
Inundaciones	Alta	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
EVENTOS METEOROLÓGICOS						
Sequía	Alta	Alta	Baja	Alta	Media	Baja
Lluvia torrencial	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Tormenta eléctrica	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
Helada	Alta	Alta	Baja	Alta	Media	Baja
Viento fuerte	Alta	Alta	Baja	Alta	Media	Baja
Granizo	Alta	Alta	Baja	Alta	Media	Baja

5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA PRIORIZADA PARA FINES DEL DISEÑO DE UN SEGURO CATASTRÓFICO.

Partiendo del tipo de información que se maneja del sector agropecuario en Colombia, se identificaron preliminarmente de manera general las fuentes y sistemas de información en el contexto nacional (Tabla 22), para las variables agrícolas de interés de los cultivos priorizados para fines del diseño de un seguro catastrófico.

Tabla 22. Instituciones y/o sistemas de información priorizados para el levantamiento del inventario de información agrícola

INSTITUCIÓN		DESCRIPCIÓN				
		Información/ Reportes		Tipo de información		Capacidad institucional
		Fuente	Reportan	Recolectada	Reportada	
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	X		Información de estadísticas agropecuario	Reportes y estadística nacionales, departamentales, municipales	Nacional
AGRONET	Red de Información y Comunicación		X	Información del sector agropecuario	Estadísticas, reportes, mapas, anuarios	Nacional/ Regional

	del Sector Agropecuario					
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	X	X	Información del sector agropecuario	Censos nacionales y sectoriales, estadísticas, encuestas nacionales y sectoriales	Nacional/ Regional
DNP	Departamento Nacional de Planeación	X		información del sector	información de políticas, análisis de información	Nacional
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario	X		información sanitaria del sector	Reportes,	Nacional
FEDEARROZ	Federación Nacional de Arroceros	X		Información del subsector arrocero	Reportes, estadísticas, censos	Regional
FENALCE	Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas	X		Información del subsector cerealita, salvo arroz	Reportes, estadísticas	Regional
ASOHOFLUCOL	Asociación Hortifrutícola de Colombia		X	Información del subsector de Frutas y Hortalizas	Reportes, estadísticas	Regional
IGAC	Instituto Geografico Agustin Codazzi	X		Información Edáfica	Estudios de suelo, mapas	Nacional/ Regional

5.1 MARCO NORMATIVO DE LA INFORMACIÓN DEL SECTOR AGROPECUARIO

En Colombia, los sistemas de información públicos o financiados con recursos estatales, son legislados principalmente por la ***Ley 1712 de 2014***; la cual dicta textualmente lo siguiente: “Por medio de la cual se crea la ley de transparencia y del derecho de acceso a

la información pública nacional y se dictan otras disposiciones"[49]. Por ende; toda información en posesión, bajo control o custodia, asimismo como los sistemas y fuentes de información nacionales, regionales y sectoriales públicos o financiada con recursos del estado, es pública y no podrá ser restringida, salvo por disposición constitucional o legal.
Las entidades visitadas o sistemas de información analizados del sector agropecuario, se les realizo una evaluación si cumplen la ley anterior, encontrando que en algunos casos el acceso a la información está condicionado a cláusulas de confidencialidad y manejo de datos u otras normas.

Adicionalmente a esta Ley, existen otras disposiciones legales específicas que dan directrices para el manejo de la información en cada una de estas instituciones. A continuación se presenta el marco normativo adicional con que son legislados algunas de las principales fuentes y sistemas de información del sector agropecuario en Colombia (Tabla 23).

Tabla 23. Marco regulatorio de los Sistemas de Información del sector agropecuario en Colombia.

NORMA (Ley, Decreto, Resolución, Acuerdo)	CONSIDERANDO
Ley 1712 de 2014	"Por medio de la cual se crea la ley de transparencia y del derecho de acceso a la información pública nacional y se dictan otras disposiciones"
Ley 1581 de 2012	"Régimen General de Protección de Datos Personales el cual desarrolla el derecho constitucional que tienen todas las personas a conocer, actualizar y rectificar todo tipo de información recogida o que haya sido objeto de tratamiento de datos personales en bancos o bases de datos y en general en archivos de entidades públicas y/o privadas"
Ley 1429 de 2010.	"Crea el registro rural colombiano. Este registro tiene como propósito constituir un sistema de información articulado con datos actualizados y ser un mecanismo que facilite la interacción entre el sector público y privado, y la pertinencia de un censo agropecuario"
Decreto No. 1985 de 2013	"Por el cual se modifica la estructura del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y se determinan las funciones de sus dependencias".
	"El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y AGRONET quedarán autorizados de manera expresa para mantener y manejar la información personal suministrada, a no ser que usted manifieste lo contrario de forma directa, expresa,

[49] Ley 1712 de 3 de marzo de 2014. http://www.centrodememoriahistorica.gov.co/descargas/ley-trasnparencia-acceso-info.pdf consulta en agosto de 2015

Decreto 1377 de 2013	inequívoca por cualquiera de los canales de comunicación (Ver web AGRONET) dentro de los treinta (30) días hábiles contados a partir de la recepción de la presente comunicación"
Resolución 1503 de 2011	DANE establece medidas de orden técnico, administrativo y jurídico para garantizar la seguridad de los datos, archivos y/o bases de datos que contienen información de personas naturales y jurídicas.
Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018	"Busca consolidar un marco normativo y político de cambio climático para su integración en la planificación del desarrollo. Además platea la consolidación de un sistema de información rural para la toma de decisiones, propone establecer una plataforma de información en el MADR que permita unificar los subsistemas y las fuentes de información existentes en el sector. Así mismo una unificación estándares de muestreo bajo las directrices de DANE".

Fuente: Díaz E y Matilla L (2015)

5.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA

En las últimas décadas los institutos estadísticos de países como Canadá, España, Reino Unido, Sudáfrica, entre otros, han venido construyendo un enfoque sistemático de la calidad de las estadísticas, en el cual el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, ha sido parte activa a través del Grupo de Expertos de Naciones Unidas y ha avanzado en un modelo de calidad que incorpora los componentes del fomento de la calidad estadística, la evaluación y el seguimiento de la misma.

Como coordinador del Sistema Estadístico Nacional (SEN), el DANE orienta sus esfuerzos para fortalecer la calidad de las estadísticas. En este sentido, se ha avanzado en la definición e implementación de un marco nacional de calidad estadística que incorpora la articulación de los actores responsables de la producción de las estadísticas oficiales del país con los usuarios de las mismas.

Asimismo, este marco incorpora la implementación y cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos por el DANE, la evaluación, la certificación y el seguimiento del cumplimiento de los mismos, con lo cual se contribuye a la mejora continua del proceso de producción de las estadísticas requeridas en el país.

Con respecto a la evaluación y certificación de la calidad del proceso de producción estadística que realiza el DANE, esta se define como el conjunto de procedimientos a través del cual se determina el grado de conformidad de una operación estadística con los requisitos de calidad establecidos por el DANE se fundamentan en los atributos de calidad definidos por organismos multilaterales como la Organización para la Cooperación y el

Desarrollo Económico (OCDE), el Fondo Monetario Internacional (FMI), la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de su división de estadísticas, y la Oficina de Estadísticas de Europea (EUROSTAT).

Este conjunto de procedimientos se desarrolla a través de las etapas de sensibilización, recolección, evaluación y certificación; la cual se orienta a medir, evaluar y mejorar la calidad de la producción estadística. En un sentido general, la evaluación se convierte en un proceso continuo, que como resultado puede generar una certificación en aquellos casos donde se cumplen los mínimos requisitos exigidos por el DANE y se establece un plan de mejoramiento para asegurar la mejora continua de la operación.

Complementando a la evaluación y la certificación se cuenta con el fomento de la calidad estadística y el seguimiento a los planes de mejoramiento de la producción estadística. Esto contempla: la implementación de buenas prácticas, un proceso estándar de producción estadística y la revisión continúa del cumplimiento de los requisitos de calidad.

En este sentido, esto conforma un modelo simple que garantiza la mejora continua de los procesos de producción estadística en el país, permitiendo: adoptar las mejores prácticas; incorporar el uso de estándares, contribuir como obtener estadísticas comparables; aumentar la credibilidad y transparencia de las estadísticas e incrementar la confianza de los usuarios hacia ellas.

Por tal razón, conscientes que una mejor información y estadísticas agrícolas permiten desarrollar mejores políticas sectoriales para erradicar el hambre y la pobreza, el Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID) ha firmado un acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, para apoyar una nueva alianza mundial que mejorará las estadísticas agrícolas disponibles para los gobiernos y campesinos de todo el mundo.

En consecuencia, el programa, denominado "Estrategia mundial para la mejora de las estadísticas agrícolas y rurales", aprovecha la capacidad de los países en desarrollo de producir y utilizar estadísticas agrícolas y rurales para unas políticas más eficaces de seguridad alimentaria y desarrollo agrícola y rural sostenible y ayuda a que la información esté disponible para los campesinos cuando y donde la necesiten.

Este apoyo del Reino Unido cubre la primera fase del programa, que va desde 2012 a 2016 y que se destinará básicamente a países de África y Asia, hace hincapié en mejorar la forma en que los gobiernos organizan y gestionan sus sistemas estadísticos y en la asistencia técnica y la formación del personal en los organismos nacionales de estadísticas y los ministerios de agricultura. La contribución del DFID apoyará también la investigación para identificar enfoques innovadores para la recolección, análisis y diseminación rentable de

datos. Aquí se incluyen la tecnología y los dispositivos de geolocalización, tales como los SmartPhones, GPS y los satélites.

No obstante, "Potenciar el papel de los campesinos puede cambiarles la vida. Mejorando las estadísticas, este programa contribuirá a este objetivo", aseguró el Director General de la FAO, José Graziano Da Silva.

Por ende, una mejor información y estadísticas permiten a los gobiernos desarrollar mejores políticas agrícolas para erradicar el hambre y la pobreza y facilita el seguimiento de los cambios que se producen. Sin embargo, la mayor parte de los países en desarrollo carecen de sistemas estadísticos adecuados y obtienen datos a través de métodos costosos y que necesitan de mucho tiempo y mano de obra. Las estadísticas agrícolas poco fiables y la información incorrecta dificultan la toma de decisiones sobre políticas. Ello conduce a un incremento de los costos, un diseño inadecuado de políticas y a un menor impacto de las mismas.

Para hacer frente a estas y otras dificultades, la FAO lidera la "Estrategia mundial para la mejora de las estadísticas agrícolas y rurales", una alianza internacional para poner en marcha la estrategia, que fue desarrollada por el Banco Mundial con la colaboración de los institutos nacionales de estadística, los Ministerios de Agricultura y los organismos internacionales y contó con el apoyo unánime de la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas (UNSC, por sus siglas en inglés). Su objetivo final es operar en 90 países en desarrollo durante una primera fase de cinco años, con un presupuesto total de 82 millones de dólares EEUU.

REFERENTES NACIONALES

Sistema Estadístico Nacional-SEN

En el ámbito nacional, el DANE, como coordinador SEN y en el marco del proyecto de Planificación y Armonización Estadística, trabaja por el fortalecimiento y consolidación del SEN mediante los siguientes procesos:

- La producción de estadísticas estratégicas; la generación, adaptación, adopción y difusión de estándares.
- La consolidación y armonización de la información estadística y la articulación de instrumentos, actores, iniciativas y productos.

Estas acciones tienen como fin mejorar la calidad de la información estadística estratégica, su disponibilidad, oportunidad y accesibilidad para responder a su demanda.

Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario – AGRONET

En reconocimiento al papel estratégico de la información para el desarrollo del sector agropecuario, la "Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario – AGRONET Colombia" fue concebida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) a través del Proyecto TCP/COL/2902.

El propósito ha sido el de conformar una red de información y comunicación integrada y descentralizada que pueda proveer información estratégica oportuna y sintética a los responsables de la toma de decisiones políticas del sector y a la vez, brindar a los diversos actores de las agro-cadenas, con especial atención en los pequeños productores. La información agrícola localmente relevante sobre nuevas técnicas para una seguridad alimentaria sostenible y para la diversificación de cultivos que mejoren su rentabilidad y sus oportunidades de mercado.

Aunque el eje fundamental de AGRONET ha sido la integración de información crítica de los sistemas prioritarios del MADR y la descentralización de la gestión de información y comunicación agrícola a nivel local. También ha sido de gran importancia, con miras a la sostenibilidad de la Red, establecer sinergias con otras unidades de gestión de información nacional y otras fuentes relevantes de información sectorial de acuerdo con los requerimientos identificados, tales como instituciones descentralizadas, centros de investigación, universidades, y proyectos de campo en ejecución a cargo de diferentes organizaciones nacionales o internacionales (Figura 31)[50].

En este sentido, AGRONET tiene como objetivo y funciones "Consolidar la Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario, como plataforma para la gestión de la información y el conocimiento del sector agrario que suministre información relevante, oportuna y sintética a los responsables de la toma de decisiones del sector, a través de las siguientes acciones".

- Integrar los diversos sistemas de información agropecuaria
- Facilitar la oferta de información en un solo punto de acceso: la web
- Coordinar esfuerzos institucionales para facilitar la oferta de información
- Responder a la demanda de información de los usuarios del sector
- Facilitar la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad y la seguridad alimentaria en Colombia.

[50] http://www.agronet.gov.co/Paginas/AntecedentesyObjetivos.aspx

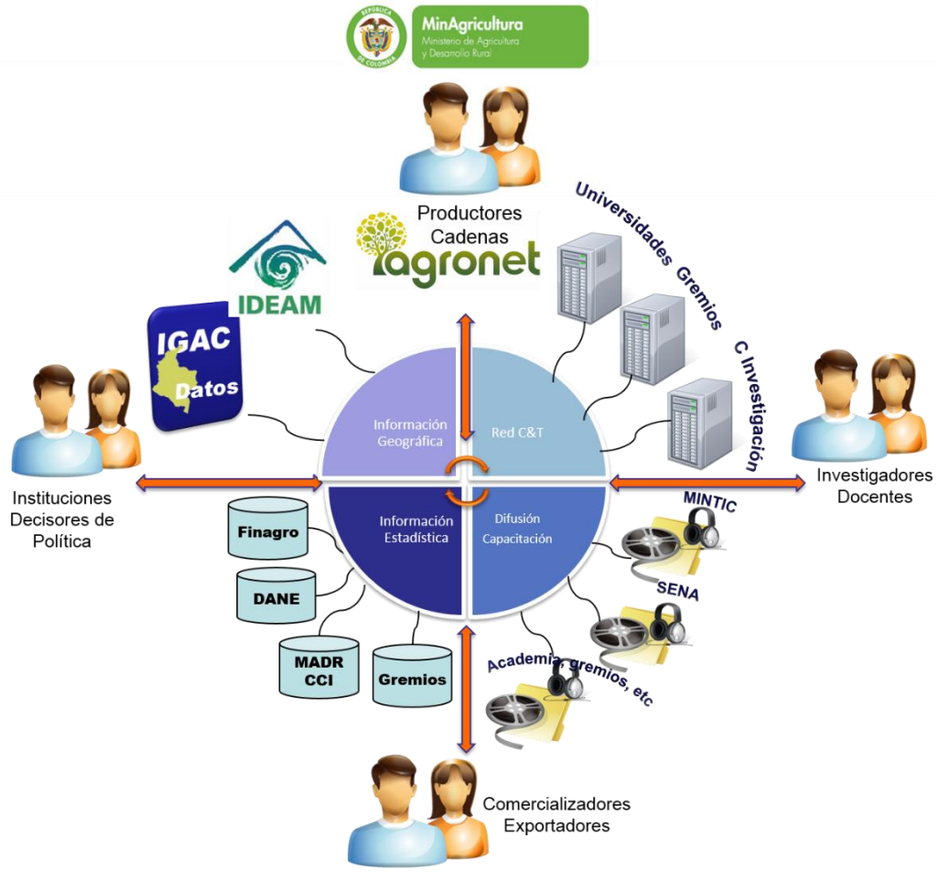


Figura 31. Esquema del funcionamiento de portal AGRONET

Fuente: AGRONET

5.2.1 Metodologías utilizadas para la generación de la información agrícola

En el sector agropecuario cada institución que realiza levantamiento de información agrícola, usa para ello una diferente metodología, las cuales se describen a continuación:

Metodología	Evaluaciones Agropecuarias Municipales-EVA
Fuente	MADR
Sistema de información	AGRONET
Método	Censo a Expertos - Secretarias de Agricultura Departamentales, UMATAS
Descripción	Recolecta, analiza y valida la información de la oferta productiva agropecuaria municipal en el país mediante metodología de consensos regionales y demás operaciones necesarias.
Cobertura	32 Departamentos, 1,102 Municipios
POBLACIÓN OBJETIVO	Superficie nacional utilizada con fines agropecuarios en los 32 departamentos del país y 1.122 municipios.

Productos	239[51]
Escala	Municipal
Variable	Rendimiento, Producción, área sembrada y cosechada
Unidad de medida	Toneladas por hectáreas ($t*ha^{-1}$) Toneladas (t) Hectáreas (ha)
PERIODICIDAD DE PUBLICACIÓN	Anual. Se publica en el mes de septiembre de cada año.
PERIODO DE RECOLECCIÓN	Primer semestre: Junio – Agosto. Segundo semestre: Agosto – Septiembre.
SERIE DISPONIBLE	Desde el año 1970 a la fecha, con desagregación a nivel departamental y municipal desde el año 2002.[52]
UNIDAD DE OBSERVACIÓN E INFORMACIÓ	Unidad de observación: Municipio. Unidad de información: Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA), Secretarías de Agricultura o de Planeación, Centros Provinciales de Gestión Agroempresarial (CPGA), comités y/o cadenas productivas regionales de productores
MEDIOS DE DIFUSÓN	En medio impreso (anuarios estadísticos e informes de coyuntura departamentales MADR), medio magnético (CD) e internet (Pagina web: http://www.agronet.gov.co)

Metodología	**ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA- ENA**
Fuente	DANE
Sistema de información	AGRONET –SEN (DANE)
Método	Entrevista directa a los productores mediante el uso de Dispositivos Móviles de Captura, realizada por encuestadores con formación en ciencias agrícolas, supervisados y coordinados por el DANE
Descripción	Estima el uso de la tierra, el área, la producción y el rendimiento de los principales cultivos transitorios, permanentes, árboles frutales dispersos, el área en pastos y forestal, la producción de leche, especies menores y el inventario pecuario del territorio colombiano.
Cobertura	22 Departamentos
POBLACIÓN OBJETIVO	37.941.476 ha, en 22 departamentos.
Productos	
Escala	Departamental
Variable	Rendimiento, Producción, área cosechada
Unidad de medida	Toneladas por hectáreas ($t*ha^{-1}$) Toneladas (t) Hectáreas (ha)
PERIODICIDAD DE PUBLICACIÓN	Semestral. Se publica el primer y tercer trimestre de cada año
PERIODO DE RECOLECCIÓN	Junio (Cultivos transitorios) Octubre – Noviembre (Cultivos permanentes, transitorios, uso del suelo, variables pecuarias, etc.)
SERIE DISPONIBLE	Desde el año 1995 a la fecha.
UNIDAD DE OBSERVACIÓN E INFORMACIÓ	Unidad de observación: Pedazo de segmento de muestreo (PSM) y unidad productora (UP) Unidad de información: Productor Unidad de análisis: Cultivos de interés.
MEDIOS DE DIFUSÓN	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-agricolas-y-pecuarias-ena

[51] Ver anexo http://207.239.251.110:8080/jspui/bitstream/11348/4401/2/FichaMetodologicaEVAV1.pdf

[52] Sin Embargo, en la página web está disponible a escala departamental desde 1982 y municipal desde 2006

Metodología	Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado-ENAM
Fuente	DANE-FEDEARROZ
Sistema de información	AGRONET –SEN (DANE) - FEDEARROZ
Método	Entrevista directa a los productores arrocero tecnificados y agremiados mediante el uso de Dispositivos Móviles de Captura, realizada por encuestadores con formación en ciencias agrícolas, supervisados y coordinados por el DANE
Descripción	Estimación el área sembrada, la producción y el rendimiento del cultivo de arroz mecanizado (riego y secano mecanizado). La muestra para estimación tanto nacional como departamental garantiza información confiable y de calidad; en el caso del arroz mecanizado se dispone de información detallada de áreas sembradas, recolectada en los sistemas de producción, mes por mes.
Cobertura	Zonas productoras del cultivo de arroz con riego y secano.
POBLACIÓN OBJETIVO	
Productos	Arroz
Escala	Zonas productoras por sistemas productivos de arroz mecanizados (secano y riego), principales departamentos productores del cultivo
Variable	Rendimiento, Producción, área cosechada sembrada.
Unidad de medida	Toneladas por hectáreas ($t*ha^{-1}$) Toneladas (t) Hectáreas (ha)
PERIODICIDAD DE PUBLICACIÓN	Semestral.
PERIODO DE RECOLECCIÓN	Mensual
SERIE DISPONIBLE	Desde el año 1981
UNIDAD DE OBSERVACIÓN E INFORMACIÓ	
MEDIOS DE DIFUSÓN	http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx

Metodología	Índice cerealista-
Fuente	FENALCE
Sistema de información	AGRONET –FENALCE
Método	Consulta de los técnicos de cada zona, en casas de semilla, cooperativas o empresas que comprar el producto. Se verifican que no haya cambios considerables de área sembrada un semestre a otro, si existe dicho cambio, se comunica con el ingeniero para argumentar el cambio. Además que los valores de las áreas coincidan con los estimados realizados en el semestre anterior.[53]
Descripción	Los técnicos de cada zona reportan los datos.
Cobertura	Nacional.
POBLACIÓN OBJETIVO	Zonas productoras con agremiadas
Productos	Maíz tecnificado y tradicional blanco y amarrillo.
Escala	Departamental por sistema de producción
Variable	Rendimiento, Producción, área cosechada.
Unidad de medida	Toneladas por hectáreas ($t*ha^{-1}$)

[53] Indicaciones de técnicos de FENALCE: Doctor Carlos Molina-Sub gerente técnico FENALCE

	Toneladas (t) Hectáreas (ha)
PERIODICIDAD DE PUBLICACIÓN	Semestral.
PERIODO DE RECOLECCIÓN	Semestral
SERIE DISPONIBLE	Área, producción y rendimientos de cereales y leguminosas en Colombia. Información semestral por producto y por departamentos (2002 - 2014). Área, producción y rendimientos de cereales y leguminosas en Colombia. Información anual (Nivel nacional) - (1970 -2014)
UNIDAD DE OBSERVACIÓN E INFORMACIÓ	
MEDIOS DE DIFUSÓN	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx http://www.fenalce.org/~fenalce/nueva/pg.php?pa=19&d=Estadisticas%20Fenalce

5.2.2 Información agrícola priorizada para fines del seguro catastrófico

En el marco del levantamiento de la información en el sector agropecuario encuentra diversas entidades como el DANE, MADR, y algunos gremios como FENALCE que realizan levantamiento de información del sector; con diferentes procesos metodológicos. Incurriendo en problemas de dualidad de la información, además que no existe una claridad en la oficialidad de la información.

No obstante, dentro de los mandatos del DANE, tiene como misión fundamental la producción y difusión estadística que sirva de base a otras instancias para soportar los procesos de toma de decisión orientada al desarrollo económico y social del país. Asimismo para proporcionar protocolos y estándares metodológicos para el levantamiento y procesamiento de la información del sector agropecuario.

Para el presente informe se recolectó información referente a los cultivos arroz, papa, plátano, maíz y banano, donde inicialmente se realizó una selección de datos generando una base con información de áreas sembradas, áreas cultivadas, producción y rendimiento (Tabla 24 y Anexo J).

Tabla 24. Base de datos de información agropecuaria.

NOMBRE DEL ANEXO	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD	ENLACE
Anuario definitivo 2012	Información agropecuaria para los diferentes cultivos transitorios y permanentes, estimando las variables de área, producción y rendimiento, mediante la metodología EVA.	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx
calendario siembras_ ena_2013	Calendario de siembra, cosechas y producción para distintos cultivos, para los años 2010 a 2013,mediante metodología ENA	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-agricolas-y-pecuarias-ena
Tablas Anuario Estadístico 2011 AGRONET 7	Tablas estadísticas del comportamiento de superficie cosechada, producción y rendimiento de los principales productos agrícolas a nivel nacional.	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx
Fenalce AGRONET 10	Información de área sembrada, producción, rendimiento de cultivos como trigo, arveja, soya y maíz 1999-2013	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx
Bases de Hortalizas_Frutas_a _2013 AGRONET 3	Información de bases frutales y de hortalizas, área, producción y rendimiento 1992-2013	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx
Base_Frutas_Hortalizas AGRONET 6	Base frutal y de hortalizas, área, producción y rendimiento 1992-2013	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx
Base_agricola_EVA_2007_2013 (1) AGRONET 2	Información agropecuaria para los diferentes cultivos transitorios y permanentes, estimando las variables de área, producción y	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx

	rendimiento, mediante la metodología EVA. Evaluación agropecuaria 2007-2013		
Base_agricola_EVA_2007_2013 (1) AGRONET 2	Información agropecuaria para los diferentes cultivos transitorios y permanentes, estimando las variables de área, producción y rendimiento, mediante la metodología EVA. Evaluación agropecuaria 2007-2012	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx
BASE Evaluaciones Agropeguarias Municipales EVA 2007_2011AGRONET 8	Información agropecuaria para los diferentes cultivos transitorios y permanentes, estimando las variables de área, producción y rendimiento, mediante la metodología EVA. Evaluación agropecuaria 2007-2011	Anual	http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx
anexos_ena_2011 (1)DANE 18	Información sobre área sembrada, área cosechada, producción de cultivos transitorios y permanentes por departamentos 2011	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-agricolas-y-pecuarias-ena
anexos_arroz_IIsem11 DANE 13	Información sobre área sembrada, área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado 2000-2011 a nivel nacional.	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
anexos_arroz_IIsem12 DANE 11	Información sobre área sembrada, área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado 2011-2012 a nivel nacional.	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
anexos_arroz_IIsem13 (3)DANE 9	Información sobre área sembrada, área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado 2000-2012 a nivel nacional.	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam

anexos_arroz_IIsem14 (1)DANE 8	Información sobre área sembrada según sistema de producción, área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado 2000-2014 y 2013-2014 a nivel nacional.	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
anexos_arroz_Isem11 DANE 14	Información sobre área sembrada según sistema de producción, área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado 2000-2011 según zonas arroceras.	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
anexos_arroz_Isem12 DANE 12	Información sobre área sembrada según mes de siembra y zonas arroceras , área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado 2000-2011	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
anexos_arroz_Isem13 DANE 10	Información sobre área sembrada según, área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado por departamentos 2000-2011	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
anexos_arroz_Isem15 DANE 5	Información sobre área sembrada según, área cosechada y producción del cultivo de arroz mecanizado por departamentos 2000-2015	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
area_sembrada_llanos_Isem14 DANE 15	Área sembrada en arroz mecanizado según municipios zona arrocera, llanos, I semestre 2014	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
area_sembrada_llanos_Isem15 (1) DANE 6	Área sembrada en arroz mecanizado en municipios I semestre 2015	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam

area_sembrada_llanos_Isem15	Área sembrada en arroz mecanizado en municipios I semestre 2015	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam
arroz_llanos11 DANE 16	Área sembrada en arroz mecanizado por departamento productor 2011	Anual	http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario-alias/estadisticas-de-arroz-mecanizado-enam

5.2.3 Aplicaciones de sensores remotos en el sector agrícola

Con el aumento en la presión por el crecimiento de la población y la necesidad de una producción agrícola para alimentarla, existe una necesidad definida de una mejor administración de los recursos agrícolas del mundo. Para que esto suceda es necesario, en primer lugar, obtener datos fiables, no solamente, de los tipos, sino también la calidad, cantidad y ubicación de estos recursos. La tecnología de sensores remotos ha sido un factor muy importante en la mejora de los sistemas presentes de adquirir y generar datos agrícolas y de recursos naturales.

Se están llevando a cabo, en la actualidad, encuestas agrícolas por todo el mundo a fin de recoger información y estadísticas de cosechas, pasturas, ganado y otros recursos agrícolas relacionados. Esta información es muy importante para la toma e implementación de decisiones eficaces. La encuesta agrícola es necesaria para planificar y asignar los limitados recursos a diferentes sectores de la economía.

La información con sensores remotos proporciona datos de imágenes a diferentes resoluciones espaciales, espectrales y temporales para la evaluación agrícola y de cultivos, salud de los cultivos, detección de cambio, análisis ambiental, cartografía de riego, determinación de rendimiento y análisis de suelos. La programación y el momento de la adquisición de la imagen son muy importantes y dependerán de los objetivos principales y del tipo de información que el usuario final espera conseguir.

Las imágenes pueden mostrar variaciones en los patrones de materia orgánica y drenaje. Suelos con un alto contenido de materia orgánica pueden diferenciarse de suelos arenosos, ya que tienen un contenido de materia orgánica más bajo. Esta información geoespacial es valiosa cuando se usa conjuntamente con datos complementarios para definir zonas de manejo para un sistema productivo. Una vez que se han recogido los datos, pueden implementarse en un ambiente cartográfico, tal como Sistema Geográfico de Información (GIS), para el manejo y control de recursos agrícolas

5.3 CALIDAD DE LA INFORMACIÓN AGRÍCOLA

5.3.1 Representatividad o cobertura geográfica

A continuación se presenta las Tablas 25, 26, 27, 28 y 29 donde se aprecian resultados de la evaluación el nivel de representatividad o cobertura geográfica de la información. En ellas se muestran que la información de las variables agrícolas analizadas, procedentes de las metodologías Evaluación Municipal Agropecuaria (EVA), Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) y la Encuesta Nacional Arrocera Mecanizada (ENAM), las cuales presentan el mismo nivel de representatividad, aunque difieren en la escala de la información.

Tabla 25. Nivel de representatividad de la información del cultivo de maíz para las diferentes metodologías.

Metodología	Diseño Experimental	Metodología Validada	Cultivo	Sistema productivo	Variable	Frecuencia	Cobertura	Escala	Calificación	Nivel Representatividad
EVA	NO	NO	Maíz	Tecnificado	Rendimiento	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental [54]	3	Media
EVA	NO	NO	Maíz	Tecnificado	Producción	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Maíz	Tecnificado	sembrada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Maíz	Tecnificado	Área cosechada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Maíz	Tradicional	Rendimiento	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Maíz	Tradicional	Producción	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Maíz	Tradicional	sembrada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Maíz	Tradicional	Área cosechada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media

[5454] La información departamental se reporta desde 1982 y municipal desde 2006

ENA	SI	SI	Maíz	Tecnificado Amarillo	Rendimiento	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tecnificado Amarillo	Producción	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tecnificado Amarillo	Área cosechada	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tecnificado blanco	Rendimiento	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tecnificado blanco	Producción	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tecnificado blanco	Área cosechada	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tradicional Amarillo	Rendimiento	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tradicional Amarillo	Producción	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tradicional Amarillo	Área cosechada	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tradicional blanco	Rendimiento	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Maíz	Tradicional blanco	Producción	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media

ENA	SI	SI	Maíz	Tradicional blanco	Área cosechada	Semestral	22 departamento	Departamental	3	Media
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tecnificado Amarillo	Rendimiento	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tecnificado Amarillo	Producción	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tecnificado Amarillo	Área cosechada	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tecnificado blanco	Rendimiento	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tecnificado blanco	Producción	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tecnificado blanco	Área cosechada	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tradicional Amarillo	Rendimiento	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tradicional Amarillo	Producción	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tradicional Amarillo	Área cosechada	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tradicional blanco	Rendimiento	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja

ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tradicional blanco	Producción	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja
ÍNDICE CEREALISTA	NO	NO	Maíz	Tradicional blanco	Área cosechada	Semestral - Anual	Nacional	Nacional-Departamental	2	Baja

Tabla 26. Nivel de representatividad de la información del cultivo de arroz para las diferentes metodologías

Metodología	*Diseño Experimental*	*Metodología Validada*	*Cultivo*	*Sistema productivo*	*Variable*	*Frecuencia*	*Cobertura*	*Escala*	*Calificación*	*Nivel Representatividad*
EVA	NO	NO	Arroz	Riego	Rendimiento	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental [55]	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Riego	Producción	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Riego	sembrada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Riego	Área cosechada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Secano Tecnificado	Rendimiento	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Secano Tecnificado	Producción	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media

[5555] La información departamental se reporta desde 1982 y municipal desde 2006

EVA	NO	NO	Arroz	Secano Tecnificado	sembrada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Secano Tecnificado	Área cosechada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Secano manual	Rendimiento	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Secano manual	Producción	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Arroz	Secano manual	Área cosechada	Semestral	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
ENAM	SI	SI	Arroz	Riego	Rendimiento	Semestral	Principales Zonas productoras agremiadas	Departamental-Zonas productoras	3	Media
ENAM	SI	SI	Arroz	Riego	Producción	Semestral	Principales Zonas productoras agremiadas	Departamental-Zonas productoras	3	Media
ENAM	SI	SI	Arroz	Riego	Área cosechada	Semestral	Principales Zonas productoras agremiadas	Departamental-Zonas productoras	3	Media

ENAM	SI	SI	Arroz	Secano	Rendimiento	Semestral	Principales Zonas productoras agremiadas	Departamental-Zonas productoras	3	Media
ENAM	SI	SI	Arroz	Secano	Producción	Semestral	Principales Zonas productoras agremiadas	Departamental-Zonas productoras	3	Media
ENAM	SI	SI	Arroz	Secano	Área cosechada	Semestral	Principales Zonas productoras agremiadas	Departamental-Zonas productoras	3	Media

Tabla 27. Nivel de representatividad de la información del cultivo de papa para las diferentes metodologías

Metodología	*Diseño Experimental*	*Metodología Validada*	*Cultivo*	*Sistema productivo*	*Variable*	*Frecuencia*	*Cobertura*	*Escala*	*Calificación*	*Nivel Representatividad*
EVA	NO	NO	Papa	Papa	Rendimiento	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental [56]	3	Media
EVA	NO	NO	Papa	Papa	Producción	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Papa	Papa	sembrada	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Papa	Papa	Área cosechada	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Papa	Criolla	Rendimiento	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Papa	Criolla	Producción	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Papa	Criolla	sembrada	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Papa	Criolla	Área cosechada	Semestral	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Papa	Papa	Rendimiento	Semestral	Zonas donde se cultiva	Departamental	3	Media

[5656] La información departamental se reporta desde 1982 y municipal desde 2006

ENA	SI	SI	Papa	Papa	Producción	Semestral	Zonas donde se cultiva	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Papa	Papa	Área cosechada	Semestral	Zonas donde se cultiva	Departamental	3	Media

Tabla 28. Nivel de representatividad de la información del cultivo de plátano para las diferentes metodologías

Metodología	*Diseño Experimental*	*Metodología Validada*	*Cultivo*	*Sistema productivo*	*Variable*	*Frecuencia*	*Cobertura*	*Escala*	*Calificación*	*Nivel Representatividad*
EVA	NO	NO	Plátano	Plátano	Rendimiento	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Plátano	Plátano	Producción	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Plátano	Plátano	sembrada	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Plátano	Plátano	Área cosechada	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Plátano	Cachaco	Rendimiento	Anual	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Plátano	Cachaco	Producción	Anual	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media

EVA	NO	NO	Plátano	Cachaco	sembrada	Anual	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Plátano	Cachaco	Área cosechada	Anual	Zonas donde se cultiva	Municipal-Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Plátano	Plátano	Rendimiento	Anual	22 de departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Plátano	Plátano	Producción	Anual	22 de departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Plátano	Plátano	Área cosechada	Anual	22 de departamento	Departamental	3	Media

Tabla 29. Nivel de representatividad de la información del cultivo de yuca para las diferentes metodologías.

Metodología	*Diseño Experimental*	*Metodología Validada*	*Cultivo*	*Sistema productivo*	*Variable*	*Frecuencia*	*Cobertura*	*Escala*	*Calificación*	*Nivel Representatividad*
EVA	NO	NO	Yuca	Yuca	Rendimiento	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Yuca	Yuca	Producción	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Yuca	Yuca	sembrada	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
EVA	NO	NO	Yuca	Yuca	Área cosechada	Anual	Nacional	Municipal-Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Yuca	Yuca	Rendimiento	Anual	22 de departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Yuca	Yuca	Producción	Anual	22 de departamento	Departamental	3	Media
ENA	SI	SI	Yuca	Yuca	Área cosechada	Anual	22 de departamento	Departamental	3	Media

5.3.2 Continuidad

En la Tabla 30 se presenta la evaluación de la continuidad de la información, donde se analizó el porcentaje de datos faltantes en el periodo de la serie de las variables recalentadas para diferentes metodologías.

Tabla 30. Indicador de continuidad de la información agrícola.

CULTIVO	METODOLOGÍA	VARIABLES	PERIODO DE LA SERIE	PORCENTAJE DE DATOS FALTANTES (%)[57]
Maíz tecnificado y tradicional	**EVA[58]**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**2006-2014, con frecuencia semestral**	**7 %**
Maíz tecnificado y tradicional (blanco y amarillo)	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**1995-2015ª (primer semestre de 2015), con frecuencia semestral**	**10%**
Maíz tecnificado y tradicional (blanco y amarillo)	**ÍNDICE CEREALISTA [59]**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**2004 -2014, con frecuencia semestral**	**9%**
Arroz riego, y secano (tecnificado y manual)	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**2006-2014, con frecuencia semestral**	**7 %**
Arroz riego y secano	**ENAM**	**Rendimientos, Producción y Área sembrada y cosechada**	**1981-2014, con frecuencia semestral**	**2%**
Papa	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**2006-2014, con frecuencia semestral**	**7 %**
			1995-2015ª (primer semestre	

[57] Se toma como fecha límite, primer semestre agrícola de 2015.
[58] Escala Municipal
[59] Escala departamental

Papa	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**de 2015), con frecuencia semestral**	**10%**
Plátano	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**2006-2014, con frecuencia anual**	**10 %**
Plátano	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**1995-2015ª (primer semestre de 2015), con frecuencia anual**	**10%**
Yuca	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**2006-2014, con frecuencia anual**	**10 %**
Yuca	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**1995-2015ª (primer semestre de 2015), con frecuencia anual**	**10%**

En la anterior Tabla se puede apreciar que la información de las variables de área cosechada, producción y rendimiento del cultivo de arroz, recolectadas con la ENAM, presenta el mejor porcentaje de continuidad. En cambio la información agrícola para los cultivos de plátano, yuca y papa, procedentes de metodologías de ENA y EVA, asimismo datos de las variables recolectadas con la ENA para el cultivo de maíz, presentan los mayores porcentajes de datos faltantes aunque están entre rango aceptable por el indicador (10 %).

5.3.3 Oportunidad.

En la Tabla 31 se presenta la evaluación de la oportunidad de la información, donde se analizó la frecuencia de publicación o que se puede acceder a la información oficialmente.

Tabla 31. Indicador de oportunidad de la información agrícola

CULTIVO	METODOLOGÍA	VARIABLES	Frecuencia de publicación
Maíz tecnificado y tradicional	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**Anual**

Maíz tecnificado y tradicional (blanco y amarillo)	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**Semestral**
Maíz tecnificado y tradicional (blanco y amarillo)	**ÍNDICE CEREALISTA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**Semestral**
Arroz riego, y secano (tecnificado y manual)	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**Anual**
Arroz riego y secano	**ENAM**	**Rendimientos, Producción y Área sembrada y cosechada**	**Semestral**
Papa	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**Anual**
Papa	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**Semestral**
Plátano	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**Anual**
Plátano	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**Anual**
Yuca	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**Anual**
Yuca	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**Anual**

En la anterior Tabla se aprecia que la información de los cultivos de ciclo anual, se puede la información se puede acceder con un rezagó de un año. Además toda la información levantada con la EVA, es publicada con un rezago de un año.

5.3.4 Disponibilidad

En la Tabla 32 se presenta la evaluación de la disponibilidad de la información, donde se analizó el porcentaje de datos disponibles para cada variable entre el periodo del primer semestre de 2010 al primer semestre de 2015.

Tabla 32. Indicador de la disponibilidad de la información agrícola en los últimos cinco años.

CULTIVO	METODOLOGÍA	VARIABLES	PORCENTAJE DE DATOS DISPONIBLES (%)[60]
Maíz tecnificado y tradicional	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**91 %**
Maíz tecnificado y tradicional (blanco y amarillo)	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**82%**
Maíz tecnificado y tradicional (blanco y amarillo)	**ÍNDICE CEREALISTA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**91%**
Arroz riego, y secano (tecnificado y manual)	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**91 %**
Arroz riego y secano	**ENAM**	**Rendimientos, Producción y Área sembrada y cosechada**	**91%**
Papa	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**91 %**
Papa	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**82%**
Plátano	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**92 %**
Plátano	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**83%**
Yuca	**EVA**	**Rendimientos, Producción, Área sembrada y cosechada**	**92 %**
Yuca	**ENA**	**Rendimientos, Producción y Área cosechada**	**83%**

En la anterior Tabla se puede apreciar que la información de las variables agrícolas para los cultivos de maíz, papa, plátano y yuca, recolectada en la ENA, presenta los menores porcentajes de dados disponibles en el periodo evaluado, además no cumplen o satisfacen el rango de aceptación del criterio del indicador (>90%).

[60] Se evalúa el periodo entre el primer semestre del año 2010 al primer semestre de 2015

5.3.5 Precisión o exactitud

Para la evaluación de la precisión o exactitud se aplicó la herramienta estadística de la ley de Benford, además se hace una comparación de los datos agrícolas recopilados con diferentes metodologías.

LEY DE BENFORD

El sistema de numeración de más frecuente uso en la actualidad es el sistema decimal. Si bien todas las computadoras actuales utilizan el sistema binario, la aplastante mayoría de las actividades humanas que requieren de mediciones cuantitativas se expresan en sistema decimal. Además, perecería razonable que la frecuencia con que aprecian los diferentes dígitos decimales fuera uniforme, pero es sorprendente encontrar que esto no es así. Los dígitos aparecen en los números con diferentes frecuencias.

Tal relación teórica es conocida como la Ley de Benford (Tabla 33), también conocida como la ley del primer digito, explica que en todo conjunto de números es más probable que el primer digito sea 1 o 2 a que sea 8 o 9 (Fewster 2009) es decir que en un conjunto de números generado aleatoriamente es mayor la probabilidad de encontrar un primer digito pequeño como 1 comparado con la probabilidad de que este digito sea 7, 8 o 9.

En este sentido Newcomb (1881) sugirió que la función de distribución de probabilidad del primer digito de una serie aleatoria de números está dada por la siguiente función:

$$P(primer\ digito) = log10\left(\frac{d+1}{d}\right) \quad donde\ d = 1,2,\dots.9.$$

Tabla 33. Valores obtenidos para cada dígito a partir Ley de Benford.

d	P (d)
1	30.1
2	17.6
3	12.5
4	9.7
5	7.9
6	6.7
7	5.8
8	5.1
9	4.6

En la medida en que en una serie de datos no se cumpla esta ley, será un indicio de que la serie no fue generada de forma aleatoria, sino que más bien los datos fueron escritos siguiendo una distribución particular.

Adicionalmente, es importante anotar que la ley de Benford se cumple así se cambie la escala de los datos, es decir se realicen conversiones de unidades, por ende las frecuencias mencionadas debe mantenerse. Asimismo, las series de datos deben ser solamente de números enteros y cubrir varios órdenes de magnitud, con lo cual se garantiza que la distribución esperada sea más cercana a la distribución de Benford.

Sesgo psicológico en la generación de datos

Referencias bibliográficas señalan tres características importantes a tener en cuenta cuando se analizan datos generados aleatoriamente por los seres humanos, aun cuando las series se han generado tratando de no seguir ninguna distribución particular, es decir buscando que los datos sean distribuidos de la manera más uniforme posible (Beber y Scacco, 2008); dichas características son:

- Si una serie de datos es generada de manera aleatoria, los últimos dígitos tienden a ocurrir con igual frecuencia, es decir con una distribución uniforme, pero experimentos de laboratorio han mostrado que los individuos tienden a seleccionar desproporcionadamente un número reducido de dígitos finales, lo que daría mayor frecuencia de repetición para ciertos dígitos.

- Las personas tiendes a subestimar la probabilidad de repetición de dígitos en secuencias de números aleatorios enteros, lo que significa que en datos manipulados se deberían encontrar menos casos de números repetidos.

- Los experimentos de laboratorio muestran una fuerte preferencia por dígitos consecutivos; es decir que en una serie de datos no manipulada habrá más baja probabilidad de encontrar dígitos adyacentes.

Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste como la Chi cuadrada o la prueba de Kuiper, permiten probar hipótesis acerca de frecuencias en los datos, es decir comparar resultados experimentales obtenidos en forma de frecuencias, con frecuencias esperadas; esto es probar estadísticamente si la distribución esperada de frecuencias es compatible con alguna distribución teórica (Marques de Cantú, 1991).

Si las frecuencias son compatibles (Hipótesis nula Ho) el estadístico Chi cuadrado tiende a cero, de lo contrario, si no existe relación entre las frecuencias (Hipótesis alternativa H1) el estadístico Chi cuadrado toma valores demasiado grandes, por encima de **20.09** que es

valor que debería tomar para poder rechazar H1 con un nivel de confianza estadística del 99% en una prueba de un lado con 8[61] grados de libertad.

Suposiciones

- Sería razonable esperar que si la distribución de los primeros dígitos coincide con la distribución de probabilidad sugerida por la ley de Benford, estos primeros dígitos vendrían de una distribución aleatoria; caso contrario si no coinciden sería un indicio para pensar que en esa serie existe algún tipo de sesgo, que podría ser generado entre otras cosas por manipulación de los datos.

- En la medida en que dígitos posteriores estén distribuidos de forma uniforme, especialmente los últimos dígitos podría pensarse que la serie no tiene ningún sesgo asociado; cuando estos últimos dígitos presenten alguna distribución particular, por ejemplo, mayor frecuencia de aparición de un numero particular, podría pensarse que los datos fueron manipulados.

- El hecho de que no se cumpla la ley de Benford puede ser explicado por la naturaleza propia de la variable.

A continuación de analiza la distribución empírica de la Ley de Benford, la cual es comparada con la distribución teórica.

Ley de Benford a los datos de la evaluación municipal agropecuaria para el cultivo de arroz

Como se observa en la Figura 32, para la variable área cosechada del cultivo de arroz bajo sistema de riego en el departamento de Huila, se presenta un sesgo en para los número 2 y 3, mostrando que el primer dijito de los datos se repiten con mayor recuencia en estos dos números. Para el caso de los datos del departamento del Tolima, se aprecia que se concentran en los digitos 1, 7 y 9. Para el caso del area cosechada bajo sistema secano, en Casanare, presenta un compartamiendo mas aleatorio aunque no cumple con los requerimientos de la ley de Bernford, y en el departamento del Meta, el primer dijitos de los datos del area cosechada se repiten con mayor frecuencia en los números 4 y 5.

[61] Los grados de libertad son el número de frecuencias (9 números dígitos) menos 1.

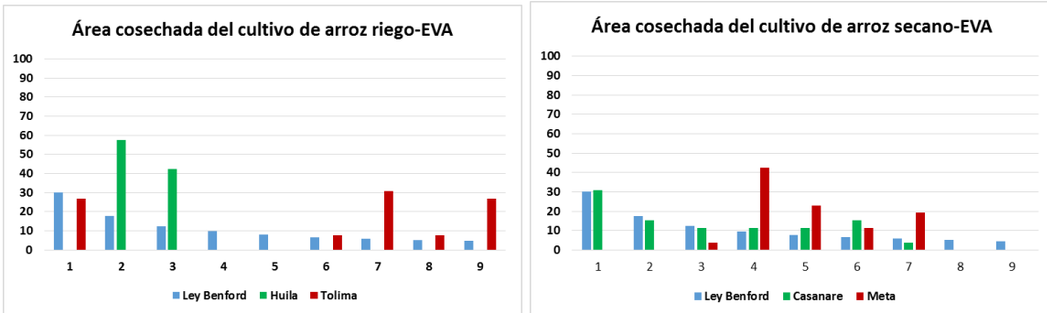


Figura 32. Aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.

En Figura 33, se presenta la evaluación de la información de la produción del cultivo de arroz bajo sistema riego (Huila-Tolima) y secano (Meta-Casanare) usando la ley de Benford, para la producción bajo riego en Huila, presenta un sesgo en los números 1 y 2, y para la zona de Tolima muestra que el primer dijito se repite con mayor frecuencia en los números 4 y 7. Para el caso de la produción de la zonas de secano, en la orinoquia colombiana, presenta un compartamiendo mas aleatorio aunque no cumple con los requerimientos de la ley de Bernford.

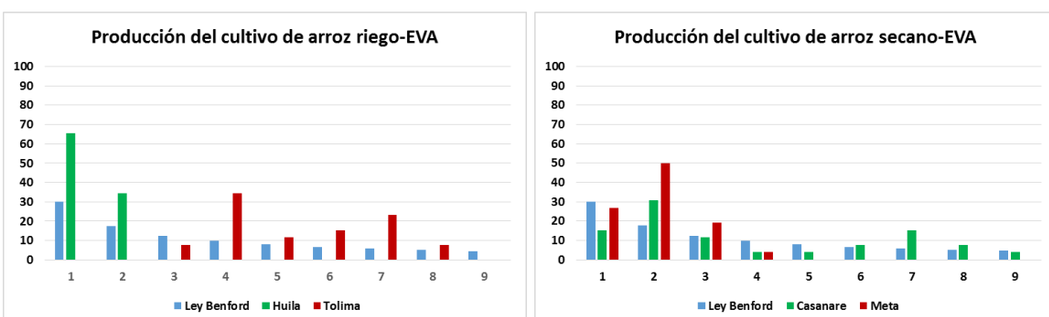


Figura 33. Aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.

En la Figura 34, se presenta la evaluación con la ley de Benford de la información del rendimiento del cultivo de arroz bajo sistema riego (Huila-Tolima) y secano (Meta-Casanare). En la figura izquierda para el rendimeinto bajo riego, se aprecia un sesgo en los números 5, 6 y 7, mostrando que la mayoria de datos en estas dos zonas evaludas estan alrederor de tres digito. Para el caso de las zonas de secano, en la orinoquia colombiana, presentan un sesgo en dos digito, los números 4 y 5. Por ende se puede concluir que para esta variable agricola en las zonas evaluadas no se cumple con los requerimientos de la ley de Bernford.

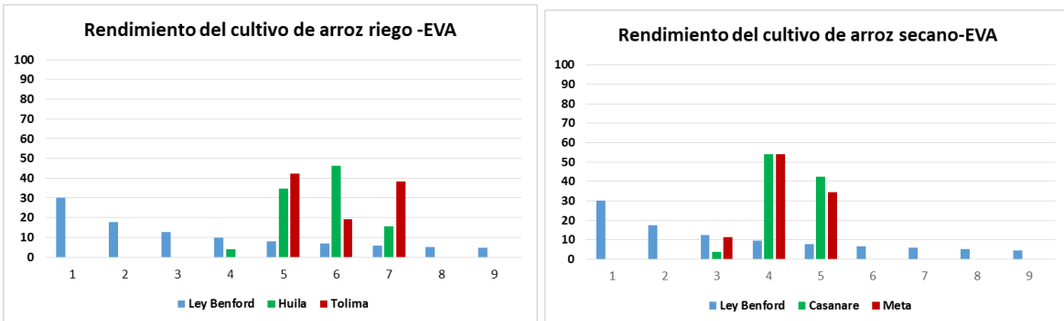


Figura 34. Aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.

Adicionalmente, se observa que tanto los valores de Chi cuadrado y Chi máximo, como los valores de P sugieren que hay una alta probabilidad que las series de datos de área cosechada contengan datos no reales (Tabla 34, 35 y 36).

Tabla 34. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: (Sistema de riego y secano).

	PEARSON CHI-SQUARE		
ÁREA COSECHADA	Valor	DF	Valor -P
HUILA	18	16	0.324
META	45	40	0.271
TOLIMA	27	24	0.304
CASANARE	36	32	0.287

Tabla 35. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: (Sistema de riego y secano).

	PEARSON CHI-SQUARE		
PRODUCCIÓN	Valor	DF	Valor -P
HUILA	18	16	0.324
META	36	32	0.287
TOLIMA	45	40	0.271
CASANARE	36	32	0.287

Tabla 36. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta municipal agropecuaria EVA: (Sistema de riego y secano).

	PEARSON CHI-SQUARE		
PRODUCCION	Valor	DF	Valor -P
HUILA	36	32	0.287
META	27	24	0.304
TOLIMA	27	24	0.304
CASANARE	27	24	0.304

Ley de Benford a los datos de la Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado (ENAM)

En la Figura 35, se presenta la evaluación con la ley de Benford de la información de área cosechada del cultivo de arroz bajo sistema riego (Huila-Tolima) y secano (Meta-Casanare). En la figura izquierda para el área bajo riego, del Huila, se aprecia un sesgo en el números 1, y para el área del Tolima se repite con mayor frecuencia el número 5. Para el caso del area cosechada bajo sistema secano, en la orinoquia colombiana, presenta un compartamiendo mas aleatorio aunque no cumple con los requerimientos de la ley de Bernford.

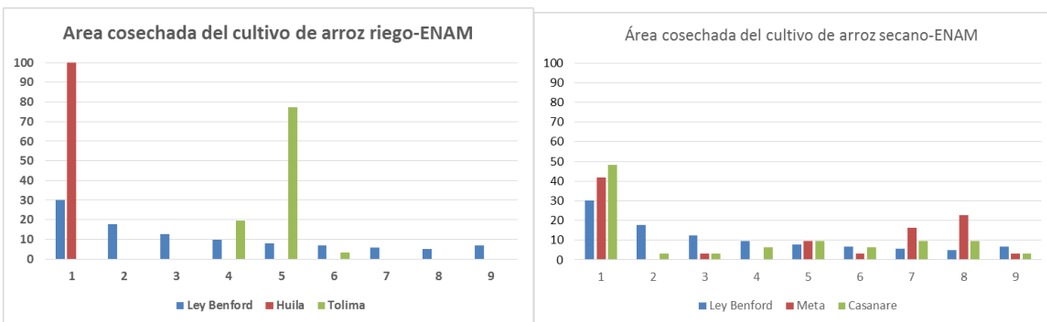


Figura 35. Aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano.

En la Figura 36, se presenta la evaluación con la ley de Benford de la información de la produción del cultivo de arroz bajo sistema riego (Huila-Tolima) y secano (Meta-Casanare). En la figura de la izquierda para la producción bajo riego en el Huila, se aprecia un sesgo en el numero 1 y 3 para el Tolima, mostrando que la mayoria de datos de la variable area cosechada en estas dos zonas evaludas estan alrederor de un solo digito. Para el caso de la zonas de secano, en la orinoquia colombiana, presenta un compartamiendo mas aleatorio aunque no cumple con los requerimientos de la ley de Bernford.

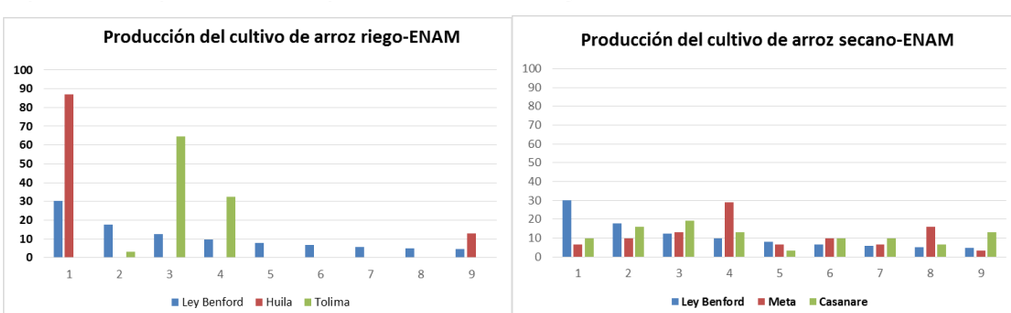


Figura 36. Aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano

En la Figura 37, se presenta la evaluación con la ley de Benford de la información del rendimiento del cultivo de arroz bajo sistema riego (Huila-Tolima) y secano (Meta-Casanare),. En la figura de la izquierda para el rendimeinto bajo riego, se aprecia un sesgo en los numeros 7 y 6, mostrando que la mayoria de datos en estas dos zonas evaludas estan alrederor de dos digito. Para el caso de la zonas de secano, en la orinoquia

colombiana, prsentan un sesgo en un solo digito, el número 5. Por ende se puede concluir que esta variable agricola en las zonas evaluadas no se cumple con los requerimientos de la ley de Bernford.

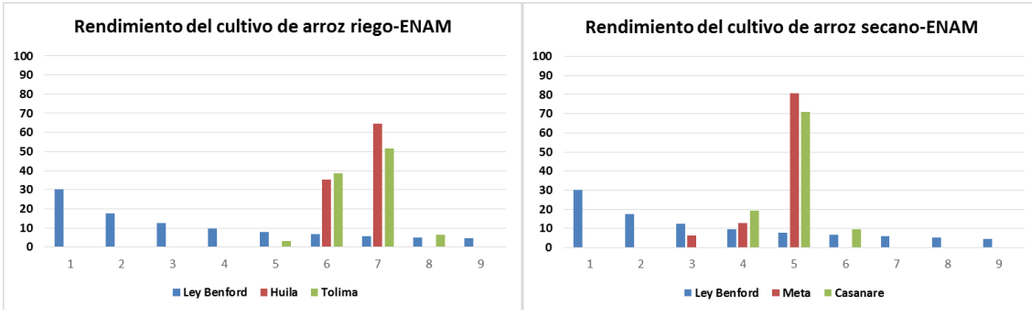


Figura 37. Aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: a) Cultivo con sistema de riego y b) cultivo con sistema de secano

Adicionalmente, se observa el valor de Chi cuadrado es mayor comparado con el valor de Chi maximo (DF), indicando que para este tipo de variable no es recomendable buscar similitud con la ley de Benford (Tabla 37).

Tabla 37. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable área cosechada procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: (Sistema de riego y secano).

	PEARSON CHI-SQUARE		
AREA COSECHA	Valor Chi ^2	DF	Valor -P
HUILA	9	8	0.342
META	45	40	0.271
TOLIMA	27	24	0.304
CASANARE	27	24	0.304

Adicionalmente, se observa el valor de Chi cuadrado es mayor comparado con el valor de DF, indicando que para este tipo de variable no es recomendable buscar similitud con la ley de Benford (Tabla 38).

Tabla 38. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable producción procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: (Sistema de riego y secano).

	PEARSON CHI-SQUARE		
PRODUCCIÓN	Valor	DF	Valor -P
HUILA	18	16	0.324
META	45	40	0.271
TOLIMA	27	24	0.304
CASANARE	45	40	0.271

Adicionalmente, se observa el valor de Chi cuadrado es mayor comparado con el valor de DF, indicando que para este tipo de variable no es recomendable buscar similitud con la ley de Benford (Tabla 39).

Tabla 39. Análisis de la distribución de CHI-Cuadrado aplicación de la Ley de Benford a la variable rendimiento procedente de la encuesta nacional de arroz mecanizado ENAM: (Sistema de riego y secano).

	PEARSON CHI-SQUARE		
PRODUCCIÓN	Valor	DF	Valor -P
HUILA	18	16	0.324
META	27	24	0.304
TOLIMA	36	32	0.287
CASANARE	27	24	0.304

Comparación de las variables agrícolas del cultivo de arroz, recopiladas con la Encuesta Nacional Arrocera Mecanizada (ENAM) y con la Evaluación Municipal Agropecuaria (EVA).

En la Figura 38, se aprecia que la información reportada del área cosechada del cultivo de arroz bajo riego para el departamento de Tolima presenta una diferencia del 8 % entre la reportada en la EVA y ENAM.

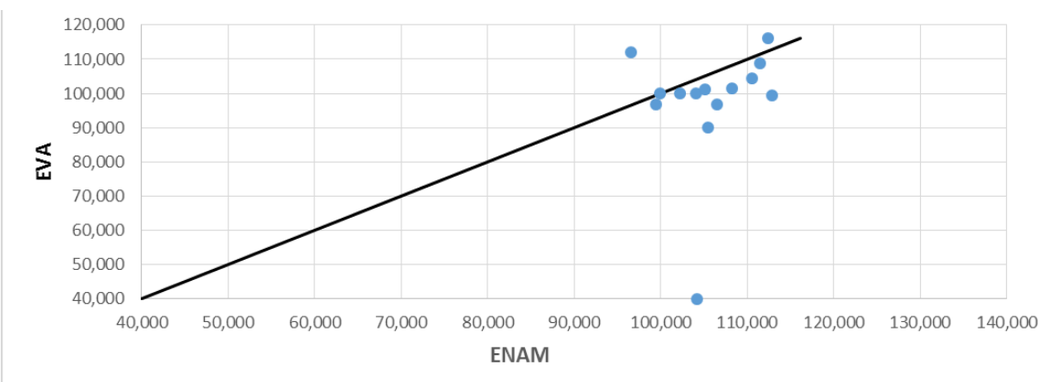


Figura 38. Comparación de área cosechada del cultivo de arroz bajo riego en el departamento de Tolima, recopilada con la ENAM vs EVA.

En la Figura 39, se aprecia que la información reportada del área cosechada del cultivo de arroz bajo secano para el departamento de Casanare presenta una diferencia del 37 % entre la reportada en la EVA y ENAM. Es decir la información de la EVA subestima en un 37% respecto a la información del área cosechada recopilada con la ENAM.

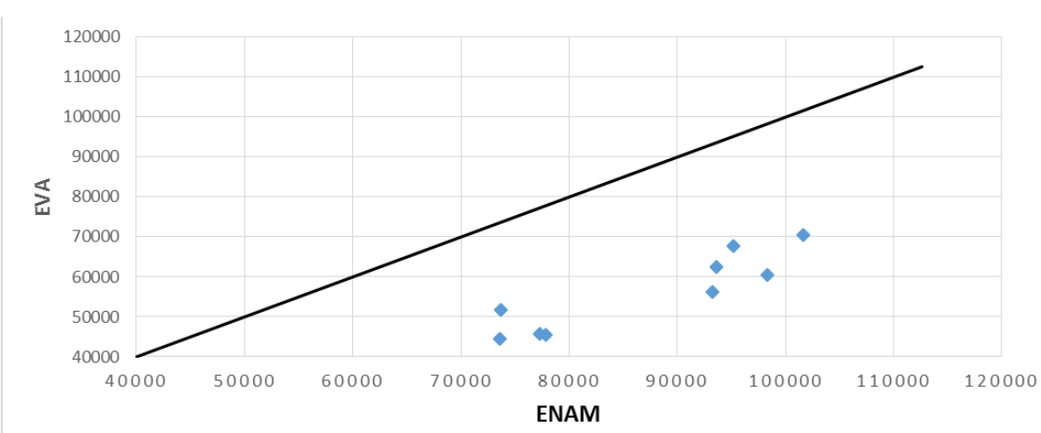


Figura 39. Comparación de área cosechada del cultivo de arroz bajo secano en el departamento de Casanare, recopilada con la ENAM vs EVA.

En la Figura 40, se aprecia que la información reportada de la producción del cultivo de arroz bajo riego para el departamento de Tolima presenta una diferencia del 13 % entre la reportada en la EVA y ENAM. Es decir la información de la EVA subestima en un 13% respecto a la información del área cosechada recopilada con la ENAM.

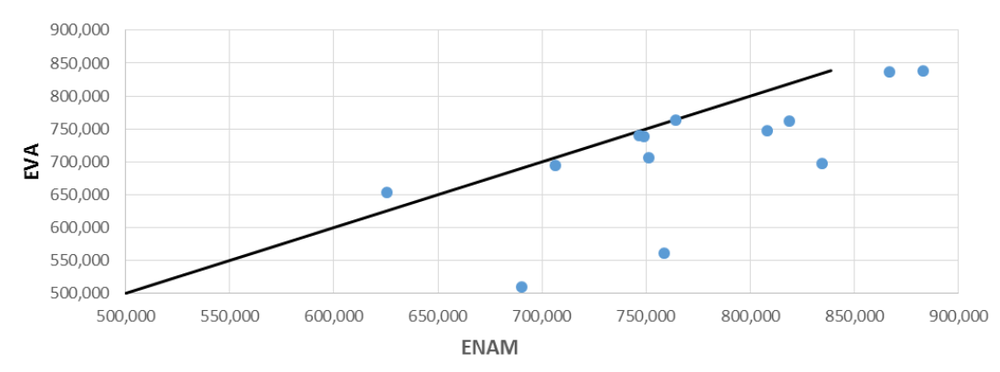


Figura 40. Comparación de producción del cultivo de arroz bajo riego en el departamento de Tolima, recopilada con la ENAM vs EVA.

En la Figura 41, se aprecia que la información reportada de la producción del cultivo de arroz bajo secano para el departamento de Casanare presenta una diferencia del 38 % entre la reportada en la EVA y ENAM. Es decir la información de la EVA subestima en un 38% respecto a la información de la producción recopilada con la ENAM.

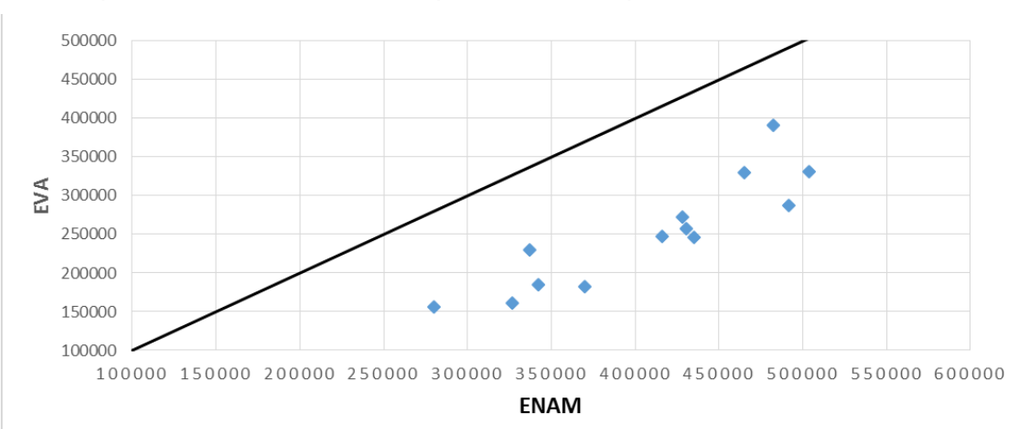


Figura 41. Comparación de la producción del cultivo de arroz bajo secano en el departamento de Casanare, recopilada con la ENAM vs EVA.

En la Figura 42, se aprecia que la información reportada del rendimiento del cultivo de arroz bajo riego para el departamento de Tolima presenta una diferencia del 4 % entre la reportada en la EVA y ENAM.

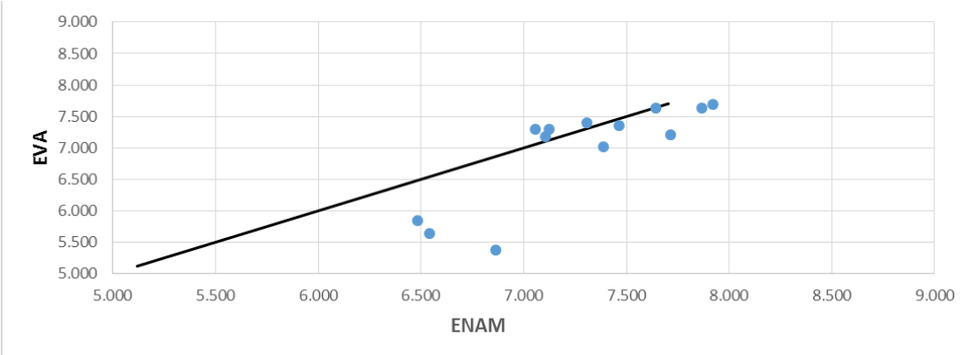


Figura 42. Comparación del rendimiento del cultivo de arroz bajo riego en el departamento de Tolima, recopilada con la ENAM vs EVA.

En la Figura 43, se aprecia que la información reportada del rendimiento del cultivo de arroz bajo secano para el departamento de Casanare, presenta una diferencia del 2 % entre la reportada en la EVA y ENAM.

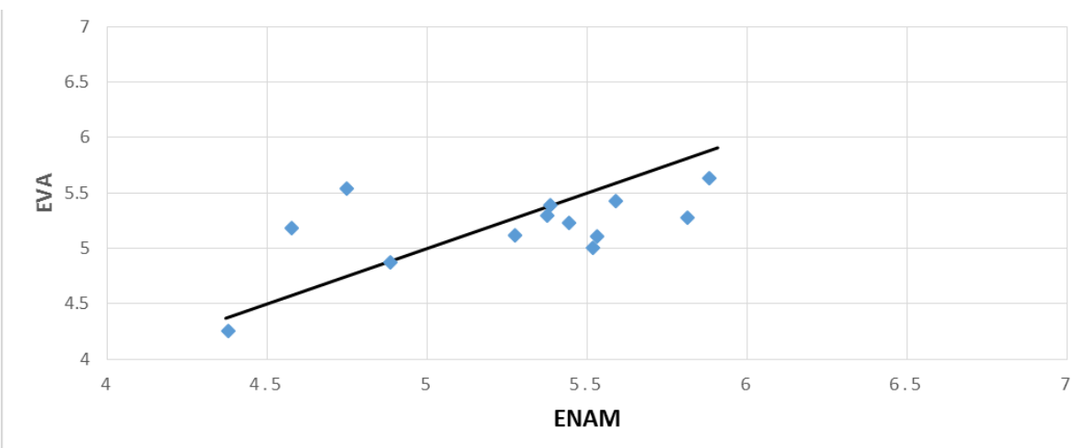


Figura 43. Comparación de área cosechada del cultivo de arroz bajo secano en el departamento de Casanare, recopilada con la ENAM vs EVA.

En conclusión, las variables área cosechada y producción del cultivo de arroz bajo secano recolectadas en el departamento de Casanare, con la EVA y ENAM, presentan diferencias significativas, aunque las seres presentan una correlaciona aceptable. Lo anterior muestra una dualidad de estas variables en esta zona.

En cambio, las variables área cosechada, producción rendimiento del cultivo de arroz bajo riego en el Tolima, recopiladas con la EVA y ENAM, presenta una diferencia no significativa. Asimismo sucede con el rendimiento del cultivo bajo sistema secano en el Casanare. Por ende aunque estas variables recopiladas con dos diferentes metodologías, reportan datos similares.

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, R.F, A.J. Negri, P.R. Keehn and I.M. Hakkarinen, 1993. Estimation of monthly rainfall over Japan and surrounding waters from a combination of low-orbit microwave and geosynchronous IR data. J. Appl. Meteor., 32, 335-356.

- AEMET (2003): Estructura temporal de la precipitación, AEMET, Madrid, 1 disco Compacto; 12 cm. D. L. M. 53200-03. ISBN 84-8320-258-1.

- Beber y Scacco 2008. What the Numbers Say: A Digit-Based Test for Election Fraud Using New Data from Nigeria.

- CADENA, M., 2005. Estudio de diversos índices de sequía para la región caribe colombiana. Tesis para optar al título de Magíster en ciencias – Meteorología. Universidad Nacional de Colombia

- CEPAL, 2011. Valoración de daños y pérdidas. Ola invernal en Colombia 2010-2011.
- Collins, M., et al., 2010: The impact of global warming on the tropical Pacific ocean and El Niño. Nature Geosci., 3, 391–397.

- COMET, 2011. Introducción a la meteorología tropical, 2ª edición. University Corporation for Atmospheric Research.

- DANE, 2014. Metodología de Evaluación y Certificación de la Calidad del Proceso Estadístico. Dirección de Regulación, Planeación, DIRPEN Estandarización y Normalización. Julio 2014.

- Díaz E y Mantilla L. 2015. Análisis de los Sistemas de Información que provean información necesaria para el diseño, Monitoreo y Reporte, y posterior Verificación de las acciones de mitigación de cambio climático para el Sector Agropecuario y sus Subsectores relevantes en Colombia. WRI y MADS

- Econometría Consultores, 2011: Evaluación de la Capacidad del Ideam para Producir la Información Hidrológica, Meteorológica y Ambiental que Necesita el País. Producto 4. Informe Final y Bases de Datos.

- Fewster R., 2009. A Simple Explanation of Benford's Law. The American Statistician, February 2009, Vol. 63, No. 1

- Guilyardi, E., H. Bellenger, M. Collins, S. Ferrett, W. Cai, and A. Wittenberg, 2012: A first look at ENSO in CMIP5. CLIVAR Exchanges, 58, 29-32.

- Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J.Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Herman, A., P.A. Arkin and D. Miskus, 1994. Ten-day rainfall estimates for the African Sahel using combination of high resolution METEOSAT infrared and raingauge data for the 1993 growing season. Proc.7th. Conference on Satellite Meteorology and Oceanography, 206-214.

- IDEAM, 2002: Aplicación de índices de sequía en Colombia. Nota técnica interna.
- IDEAM, 2007: Protocolo para el seguimiento y monitoreo del agua.

- IDEAM, 2008: Las heladas en Colombia. IDEAM–METEO/003-2008. Nota Técnica del IDEAM.

- IDEAM. 2011: Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística. IDEAM–METEO/001-2011. Nota Técnica del IDEAM.

- IDEAM, 2012: Evaluación de la afectación territorial de los fenómenos el Niño/la niña y análisis de la confiabilidad de la predicción Climática basada en la presencia de un evento. Subdirección de Meteorología, IDEAM. Bogotá. 38 pp

- INM: Tormentas Eléctricas. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. https://www.imn.ac.cr/tormentas-electricas

- IPCC. 2014: Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

- Kim, S. T., and J.-Y. Yu, 2012: The two types of ENSO in CMIP5 models. Geophys. Res. Lett., doi: 10.1029/2012GL052006.

- MAPFRE: Condicionado General de Seguro para cultivos. Condicionado general versión 2015-2016, Código Condicionado: 16/03/2015-1326-P-22-0000VTE503/MAR 15 Código Nota Técnica: 01/01/2013-1326-NT-P-023-140101).

- MERCOSUR, 2009: Conjunto Mínimo de Indicadores Estándar de Calidad a ser aplicados en el MERCOSUR. Proyecto de Cooperación CE-MERCOSUR en Materia Estadística II. Grupo de Trabajo 8. Calidad Total de las Estadísticas.

- Newcomb, S. (1881), ‘‘Note on the Frequency of Use of the Different Digits in Natural Numbers,’’ American Journal of Mathematics, 4, 39–40.

- NOAA, 2013. Ciclones Tropicales. Guía de Preparación Departamento de Comercio de los EE.UU. Agencia Nacional del Oceáno y la Atmósfera. Servicio Nacional de Meteorología.

- OMM 2012. Índice normalizado de precipitación Guía del usuario OMM No 1090.

- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO – SGC, 2015: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Bogotá – Colombia.

- Stevenson, S. L., 2012: Significant changes to ENSO strength and impacts in the twenty-first century: Results from CMIP5. Geophys. Res. Lett., doi:10.1029/2012GL052759.

- UNISDR - Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas: Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres Ginebra, Suiza, mayo del 2009: www.unisdr.org/publications o en Prevention Web, en: www.preventionweb.net

- Wenner, M. D., 2005. Los seguros agrícolas: evolución y perspectivas en América Latina y el Caribe. Rural Development Unit Sustainable Development Department Inter-American Development Bank. RUR-05-02.

- WMO No.392: 1975. Drought and agriculture. Geneva.