

REDISEÑO DE LA RED METEOROLÓGICA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, COLOMBIA

Víctor Leonardo López Jiménez
Meteorólogo – Magister en Saneamiento y Desarrollo Ambiental
Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad de La Salle. vlopez@unisalle.edu.co

En sectores de Colombia como Cundinamarca, un departamento andino con gran diversidad topográfica y ecosistémica, es importante contar con una buena red de estaciones para el monitoreo de las condiciones atmosféricas, que permita alimentar y fortalecer las estadísticas que hablan sobre el régimen climático. Esta información, ya depurada, es requerida para los estudios e investigaciones sobre la ocurrencia de fenómenos meteorológicos a nivel regional y global, que buscan mejorar la planificación y ejecución de programas en los sectores agrícola, ganadero, energético, infraestructura, transporte y salud; de otro lado, el seguimiento al comportamiento de las variables meteorológicas permite el fortalecimiento de programas orientados a la gestión del riesgo y a la planificación ambiental del territorio.

La Corporación Autónoma Regional (CAR) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (DEAM) operan un importante número de estaciones meteorológicas, las cuales generan una buena cantidad de información climatológica y ambiental; sin embargo, la distribución, infraestructura y operación de la red en Cundinamarca no es la mejor. Por estas razones se planteó la propuesta técnica para el rediseño de la red, considerando como base las estaciones operadas por las dos instituciones. En el rediseño de la red, además del estudio y selección de la metodología (conceptos utilizados por Gandín y Kagan en sus teorías de diseño de redes, por ejemplo), se siguieron las directrices dispuestas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), analizando la distribución espacial y la cobertura de las estaciones activas en jurisdicción de la Corporación e identificando, además, los problemas de infraestructura y de manejo que tiene la red, de acuerdo con su densidad y categoría de las estaciones.

Palabras clave: Red meteorológica, distribución espacial, operación de la red, condiciones climáticas.

REDESIGN OF THE WEATHER NETWORK IN THE DEPARTMENT OF CUNDINAMARCA, COLOMBIA

Victor Leonardo López Jiménez
Meteorologist - Master of Environmental Sanitation and Development
Environmental and Sanitary Engineering, University of La Salle. vlopez@unisalle.edu.co

In places such as Cundinamarca, in Colombia, Andean department with a great topographic and ecosystem diversity, it is important to have a good network of stations to monitor weather conditions, allowing nourish and strengthen the statistics which speak on climate regime. This information, already refined, is required for studies and research on the occurrence of weather events regionally and globally, seeking to improve the planning and implementation of programs in agriculture, livestock, energy, infrastructure, transport and health; on the other hand, monitoring the behavior of meteorological variables allows strengthening of oriented risk management and environmental land use planning programs.

The Regional Autonomous Corporation (CAR) and the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies (IDEAM) operate a number of meteorological stations, which generate a lot of climatic and environmental information; however, distribution, infrastructure and network operation in Cundinamarca are not the best. For these reasons the technical proposal for the redesign of the network was proposed, considering as the basis the operated stations by the two institutions. In the redesign of the network and the study and choice of methodology (concepts used by Gandín and Kagan in theirs theories of network design, for example), the guidelines set forth by the World Meteorological Organization (WMO) were followed by analyzing the spatial distribution and coverage of active stations into the jurisdiction of the Corporation and also identifying the infrastructure problems and having network management, according to its density and category of stations.

Keywords: Weather Network, spatial distribution, network operations, weather conditions.

1- INTRODUCCIÓN

GENERALIDADES SOBRE INSTRUMENTOS Y REDES DE OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA

El comportamiento del clima condiciona, en buena medida, la mayoría de las actividades que el ser humano realiza, más aún cuando estas se relacionan con la planificación y ejecución de programas relacionados con el desarrollo de una región y el bienestar de su población. Es necesario conocer la distribución mensual de las lluvias y la temperatura, por ejemplo, cuando se programa una cosecha, la construcción de una vía, o cuando se quiere prever la ocurrencia de eventos adversos como desbordamientos, inundaciones, heladas, deslizamientos y sequías. Esto solo es posible cuando se cuenta con una consistente serie de datos, lo que solo se logra con una red meteorológica que permita obtener información representativa, continua y veraz.

Redes meteorológicas. La OMM define una red meteorológica como “el conjunto de estaciones, convenientemente distribuidas, en las que se observan, miden y/ o registran las diferentes variables, fenómenos y elementos atmosféricos que son necesarios en el conocimiento y la determinación del estado del tiempo y el clima de una región, para su posterior aplicación a diversos usos y objetivos”. Tomando como referencia los criterios recomendados por la OMM, las condiciones fisiográficas y de diversidad climática del territorio colombiano, la optimización del uso de la red meteorológica para fines múltiples y la necesidad de contar con información consistente en el campo de la investigación, se hace necesario planificar el redimensionamiento de la red existente en el país.

De igual manera, el Atlas climatológico del IDEAM (2005), define como estación meteorológica “el lugar donde se hacen las observaciones y mediciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos, usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico de las diferentes zonas de un territorio”. Las estaciones meteorológicas son clasificadas de acuerdo con las normas técnicas de la OMM, teniendo en cuenta los fines para lo que son instaladas y su densidad requerida para la observación de los datos meteorológicos está directamente relacionada con las escalas temporales y espaciales de los fenómenos atmosféricos que han de analizarse.

La ubicación de la estación es de suma importancia y los errores de representatividad pueden ser mucho mayores que los previstos cuando se trata de estaciones aisladas. Estaciones ubicadas en zonas de montaña, muy probablemente no sean representativas de fenómenos a macro y meso-escala; sin embargo, una buena serie de datos y la homogeneidad de los mismos pueden ser de gran utilidad para los usuarios (López L, 1998)

Descripción del área de estudio

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), tiene jurisdicción sobre un área de 18.681 Km² (1'870.640 ha.) e involucra 105 municipios de Cundinamarca y Boyacá. De los municipios que conforman la jurisdicción, 98 pertenecen Cundinamarca y 6 se encuentran ubicados en el departamento de Boyacá (Chiquinquirá, Saboyá, San Miguel de Sema, Caldas, Buenavista y Ráquira); el territorio CAR también cubre el área rural de la ciudad de Bogotá D.C. Latitudinalmente la jurisdicción se extiende entre los 05°50' y los 03°40' al Norte del Ecuador y longitudinalmente entre los 74°54' y los 73°28' al Oeste de Greenwich.

La mayor parte de la jurisdicción de la CAR está localizada sobre la vertiente Occidental de la Cordillera Oriental, incluyendo la Sabana de Bogotá. En el extremo sur de la jurisdicción, sobre la Cordillera Oriental, se encuentra ubicado el Páramo de Sumapaz, con elevaciones de hasta 4.250 m.s.n.m.; en la parte intermedia de esta cordillera se localiza el altiplano de la Sabana de Bogotá y hacia el Norte y Noreste se encuentran los valles de Ubaté y Simijaca, en una elevación promedio de 2.600 m.s.n.m. Como resultado de la zonificación climática, de acuerdo con la clasificación propuesta por W. Köppen, se pueden diferenciar en la región varios climas: un clima *tropical lluvioso de selva*, que se caracteriza por un período lluvioso casi constante a lo largo

del año, con la presencia de dos cortos períodos secos; un clima de tipo *tropical lluvioso de sabana*, caracterizado por presentar una temporada seca bien definida y la precipitación media anual es inferior a los 2.500 mm; un clima *templado húmedo de verano seco* a lo largo de las sabanas de los ríos Bogotá y Suárez, por debajo de los 2.800 msnm y un clima es frío, de *alta montaña*, con temperaturas promedio por debajo de los 10° C. Es posible, además, encontrar otros tipos de clima como el *tropical lluvioso de bosque* y el *templado húmedo con lluvias todo el año*, presentes en diferentes áreas a lo largo del territorio.

2- METODOLOGIA

Teniendo en cuenta que el proyecto de rediseño de la red meteorológica IDEAM-CAR debe arrojar como resultado alternativas de distribución y densidad de estaciones en la jurisdicción de la Corporación, se realizó la búsqueda de una metodología que se ajustara a las condiciones del entorno físico, los aspectos técnicos, los procesos socio-económicos y los elementos culturales del área de estudio. Para esto, se efectuó la revisión de diferentes métodos utilizados en el diseño de redes meteorológicas.

- **Método de Gandín**

En la nota técnica No. 111 de la OMM - 1970, L. S. Gandín expone que para el diseño de redes de estaciones meteorológicas se deben tener en cuenta los parámetros climatológicos a ser observados ya que la densidad de la distribución de estaciones dependerá de estos. En la nota se hace claridad sobre la composición de una red meteorológica básica y la importancia de las estaciones de referencia.

De acuerdo con la clasificación adoptada por la OMM, como se muestra en la tabla 1, en una red meteorológica existen tres grupos de estaciones para las observaciones meteorológicas. El primer grupo de redes de estaciones se recomienda que estén especialmente adaptadas a las condiciones físicas y geográficas de la región y que la distancia entre ellas sea de 150 a 200Km. De este primer grupo de estaciones debe seleccionarse un número de “estaciones de referencia” las cuales deben poseer extensas y sólidas series de datos ya que sirven, especialmente, para dos propósitos. Las *estaciones de referencia* deben permanecer largos periodos de tiempo sin tener que ser cambiadas de sitio. La OMM sugiere que la distancia entre estaciones de referencia sea de entre 300 y 400 Km; además, sería deseable que por cada 4 o 5 estaciones del primer grupo exista una de referencia.

Tabla 1. Distribución de estaciones meteorológicas en una red básica.

GRUPO	TIPO ESTACIÓN	DISTANCIA (Km)	RADIO ACCIÓN PROMEDIO (Km)	SUGERENCIAS TÉCNICAS OMM
1-R	REFERENCIA	Entre 300 y 400	Entre 150 y 200	Una por cada 4 o 5 del primer grupo
1	SP - CP - AM	Entre 150 y 200	Entre 75 y 100	Aprox. una por cada 10 estaciones del 2 grupo
2	CO - ME	Entre 50 y 60	Entre 25 y 30	Aprox. 10 estaciones por cada una del primer grupo
3	PM - PG	Entre 25 y 30	Entre 12 y 15	La mitad de la distancia en áreas montañosas

Nota técnica No. 111 de la OMM. Adaptado L López. 2008

En las estaciones del segundo grupo se realiza un volumen de observaciones menor que en las del primer grupo. Se considera que los puntos de monitoreo de segundo orden deben distar unos de otros entre 50 Km y 60 Km, esto quiere decir que aproximadamente cada 10 estaciones del segundo grupo habría una del primer grupo. A este grupo pertenecerían las estaciones Climatológicas Ordinarias (CO) y la red de estaciones para fines especiales (ME)

En un tercer grupo se incluyen las estaciones pluviométricas (PM) y pluviográficas (PG), en las cuales solamente se hace la observación de fenómenos atmosféricos relacionados con la precipitación (lluvia y/o nieve). La distancia racional entre estas estaciones es de 25 a 30 Km en terreno plano y de la mitad de esta distancia en áreas montañosas. Las consideraciones sobre la distancia entre estaciones se aplican, terrenos planos. Para áreas de topografía quebrada o condiciones montañosas, varía mucho esta densidad.

- **Método de correlación espacial de Kagan**

En conexión con los intereses enseñados por la Comisión de Climatología de la OMM, en el problema de la distribución racional de redes, la oficina central del Observatorio de Geofísica ha estado recopilando experiencias sobre el asunto. Tener en mente el interés del proyecto es más importante que la figura de los puntos que, individualmente, conforman la red. El resultado de los cálculos hechos por R.Kagan muestra que la función de correlación de la precipitación es, sustancialmente, diferente en regiones fisiográficamente diferentes. La base del método de Kagan es la función de correlación $\rho(d)$, la cual es dependiente del espaciamiento entre estaciones y su forma depende de las características del área considerada y del tipo de precipitación. Que puede ser expresado matemáticamente de la siguiente manera.

$$\rho(d) = \rho(0) e^{-\frac{d}{d_0}}$$

Donde d – Distancia entre estaciones
 $\rho(0)$ – Coeficiente de correlación cruzada para una distancia $d=0$
 d_0 – Radio de correlación, o distancia a la cual el coeficiente es $\rho(0)/e$

Teóricamente $\rho(0)$ debería ser igual a la unidad; sin embargo, es menor debido a los errores aleatorios en la medición de la precipitación y a la diferencia microclimática que podría presentarse en el área de estudio. KAGAN (1966) estima la varianza de dichos errores de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\sigma_p^2 = [1 - \rho(0)] \sigma^2$$

Donde σ_p^2 – Varianza de la precipitación puntual

Los parámetros $\rho(0)$ y d_0 los usa KAGAN para determinar la bondad de la red meteorológica siguiendo los dos criterios siguientes: evaluación de la predicción de la lluvia promedio y valuación de la predicción de la interpolación espacial

- **Método de red mínima - OMM**

De acuerdo con la OMM (1994), el valor de los datos derivados de una red hidrometeorológica depende de la utilización que, finalmente, se les dé. Una red básica debiera suministrar, entonces, un nivel de información suficiente para ser aplicada en estudios sobre el comportamiento del clima en un lugar cualquiera dentro de la región en que opera la red. Para poder conseguir esto deben abarcarse por lo menos tres criterios:

- Disponer de un sistema para la transferencia de información.
- Existir un medio para estimar la cantidad de información y, así, evitar la incertidumbre
- Disponer del mayor número de datos antes de tomar las decisiones finales.

En la nota técnica 168, refiriéndose a los recursos hídricos, la OMM muestra que la primera etapa en la creación de una red básica eficiente es el establecimiento de una red mínima. Esta red mínima *tiene asociada una densidad mínima*, que para el caso de la red climatológica se encuentra clasificada de acuerdo con el tipo

de datos que son recopilados. Se pretende que el concepto de *densidad para una red mínima* sirva como orientación general en caso de carecer de una guía específica. En la tabla 2 se presentan los valores correspondientes a la densidad mínima de estaciones pluviométricas. Estos valores no se aplican a grandes desiertos ni extensiones considerables de hielo y se debe tener en cuenta que siguen ciertos principios de instalación y uso, con el fin de atender las necesidades más inmediatas. Los pluviómetros deben estar distribuidos de la manera más uniforme posible, teniendo en cuenta la necesidad de información y el personal de observadores disponible (OMM – No. 168). En regiones montañosas, debe darse una atención especial a la distribución vertical tratando de cubrir al máximo las franjas hipsométricas y utilizando pluviómetros totalizadores.

Tabla 2. Densidad mínima recomendada (OMM), para estaciones pluviométricas

UNIDAD FISIAGRÁFICA	DENSIDAD MÍNIMA POR ESTACIÓN (Superficie en Km ² por estación)	
	Sin registro (PM)	Con registro (PG)
Zonas costeras	900	9.000
Zonas montañosas	250	2.500
Llanuras interiores	575	5.750
Zonas escarpadas /ondulantes	575	5.750
Pequeñas islas	25	250
Zonas urbanas		10 a 20
Zonas polares y áridas	10.000	100.000

Fuente: Guía de prácticas hidrológicas, adquisición y proceso de datos, OMM – No. 168

Una estación de evaporación consiste en un tanque de diseño convencional estándar, donde se toman los datos diarios de evaporación. En la tabla 3 figuran las recomendaciones para una red mínima de estaciones de evaporación en zonas de fisiografía uniforme (OMM – No. 168).

Tabla 3. Densidad mínima recomendada para estaciones de evaporación

UNIDAD FISIAGRÁFICA	DENSIDAD MÍNIMA (Superficie en Km ² por estación)
Zonas costeras	50.000
Zonas montañosas	50.000
Llanuras interiores	50.000
Zonas escarpadas /ondulantes	50.000
Pequeñas islas	50.000
Zonas polares áridas	100.000

Fuente. Nota técnica 168 – OMM

- **Criterios de la “Red de Referencia Preliminar” - IDEAM**

El objetivo que se planteó el IDEAM con este estudio preliminar (1996), fue el poder determinar un número inicial de estaciones (RRP) que representara las diferentes regiones naturales del país. Estas estaciones fueron seleccionadas de acuerdo con un conjunto de criterios relacionados con: su elevación, longitud y calidad de las series disponibles; con su representatividad geográfica y climatológica; con la calidad del instrumental utilizado y la disponibilidad de los datos. Los criterios establecidos para la determinación de la red básica de referencia fueron: La densidad por franjas hipsométricas, cada 1000 metros de elevación sobre el nivel medio del mar y sobre los altiplanos; la distribución de las estaciones a barlovento y sotavento de las cordilleras y en los valles de los grandes ríos; la extensión y validez de las series de datos; la calidad de la información suministrada por las estaciones; el tipo de estación y el estado y calidad del instrumental; número de veces que la información se utilizó en estudios e investigaciones por su calidad; el cumplimiento de las

normas de instalación (área despejada, plana, baja cobertura, etc.); cumplimiento en horarios de observación y calidad en la transcripción de datos,

Bajo ese concepto metodológico fueron sugeridas para la red de Cundinamarca 1,40 estaciones de referencia por cada 1000 Km² y para el departamento de Boyacá 1,72 estaciones por cada 1000 Km², datos muy cercanos a los propuestos en la guía de prácticas hidrológicas OMM-168 para pluviómetros con registro (PG).

- **Consideraciones sobre una red mínima funcional**

Se considera una *red mínima funcional* aquella cuya capacidad físico-técnica permite medir y/o registrar de manera consistente y continua las variaciones que presentan las distintas variables meteorológicas, así como la ocurrencia de fenómenos atmosféricos en un área determinada. Tomando como base los conceptos de red básica y red mínima expuestos en párrafos anteriores y considerando la diversidad de condiciones atmosféricas que pueden afectar un territorio en el tiempo, es posible plantear una distribución aproximada de las estaciones que deben conformar una red climatológica *mínima y funcional* para el suministro de información. Los tipos de estaciones meteorológicas tenidas en cuenta en una red básica son: Sinópticas, Agro-meteorológicas, Climatológicas y Pluviométricas. Considerando la nota técnica 111-OMM e incluyendo normas y anotaciones incluidas en otras publicaciones se construyó la tabla 4, donde aparecen los valores medios mínimos tomados como distancia entre estaciones y como radio de acción (cobertura) de estas.

Tabla 4. Valores medios para una red mínima funcional

TIPO	DISTANCIA MEDIA (Km)	RADIO DE ACCIÓN (Km)
Climatológica Principal (CP) y Agrometeorológica (AM)	150	75
Climatológica Ordinaria (CO)	50	25
Pluviométrica (PM – PG)	25	13

Fuente: Nota técnica No. 111 - OMM, 1970

De acuerdo con Lowry W. P. (1973) “la combinación de la pendiente y la dirección de la vertiente definen el aspecto físico y climatológico de un lugar”. Es claro entonces que, la orografía tiene una incidencia importante sobre el comportamiento de las variables meteorológicas. Considerando la diversidad orográfica de Cundinamarca, se puede concluir que la densidad de la red meteorológica debe estar por encima del triple de los mínimos sugeridos por la OMM ya que estos fueron calculados para terrenos llanos o sin afectación por parte de accidentes orográficos.

3- REDISEÑO DE LA RED METEOROLÓGICA

La definición de red meteorológica que presenta la OMM, incluye una “conveniente distribución”, condición que no se cumple en la región donde tiene su jurisdicción la CAR (Cundinamarca, principalmente). Una de las razones por las que la red meteorológica que opera en el país no tiene una distribución y un cubrimiento que permita hacerla eficiente es la de no responder a un proceso de planificación conjunta.

Generalidades sobre la red meteorológica de Cundinamarca

Con el fin de realizar el monitoreo permanente de las condiciones atmosféricas y cumplir con la demanda de información, tanto el IDEAM como La CAR cuentan con una red de estaciones (tabla 5) distribuidas en el territorio cundinamarqués. Estos institutos, además de velar por la operación de la red, se ocupan del acopio de los datos, con los que alimentan el banco nacional de información.

Tabla 5. Estaciones activas de la red CAR – IDEAM

RED	CP	CO	PG	PM	AU	ME	AM	SP	RS	TOT
IDEAM	2	21	8	57	15	16	1	2	1	123
CAR	26	12	42	43	19					142

Fuente: elaboración propia

- **Criterios de diseño para la nueva red**

Al decidir sobre la metodología con la que se llevó a cabo el rediseño de la red meteorológica se tuvieron en cuenta las notas técnicas de la OMM sobre el emplazamiento de estaciones y las características de una red mínima, las consideraciones expuestas en el marco de referencia y los conceptos utilizados por Gandin y Kagan en sus teorías de diseño de redes. Partiendo del análisis de las estaciones que conforman la red (distribución y operación) y teniendo en cuenta las teorías y los criterios mencionados se llegó a lo que, finalmente, se consideró como la *metodología a seguir en el rediseño de la red IDEAM-CAR*. Fueron tenidas en cuenta, además, las características físicas de la zona de estudio y aspectos particulares de la red como:

- Número de estaciones y ubicación de las mismas
- Categoría de las estaciones (parámetros observados)
- Características morfológicas del terreno (montaña, valle, etc.)
- Extensión y consistencia de la serie de datos
- Calidad de la información (sondeo sobre calidad de los datos)
- Estado del instrumental según concepto técnico del IDEAM
- Operación de la red según concepto de inspectores
-

De lo expresado por la OMM en las notas técnicas revisadas, una *red meteorológica mínima y funcional* debe tener la capacidad físico-técnica para medir y/o registrar de manera consistente y continua las variaciones de los elementos meteorológicos. Las características topográficas del terreno sobre el que se encuentra operando la red, en su mayoría sobre el conjunto orográfico de la cordillera, determinaron el ajuste hecho a la metodología de Gandin la cual fue pensada más para latitudes medias y altas que para latitudes próximas al Ecuador (nota técnica No. 111 - OMM). Como resultado (tabla 6), la densidad de red en la zona de estudio debe crecer entre 4 y 6 veces por encima de la propuesta de la OMM para terrenos llanos.

Tabla 6. Valores medios de cobertura para una red mínima ajustada

GRUPO	TIPO	Terreno sin accidentes orográficos - OMM		Terreno montañoso Jurisdicción CAR	
		DISTANCIA MEDIA (Km)	RADIO DE ACCIÓN (Km)	DISTANCIA MEDIA (Km)	RADIO DE ACCIÓN (Km)
1	Climatológica Principal y Agrometeorológica (CP - AM)	150	75	20-30	10-15
2	Climatológica Ordinaria (CO - AU)	50	25	12	6
	Meteorológica especial (ME)	25	13	6	3
3	Pluviométrica (PM - PG)	25	13	6	3

Fuente. Nota técnica 111-OMM. Adaptado L. López, 2008

Es importante anotar que, en las estaciones del primer grupo (AM y CP), tanto la distancia entre ellas como su radio de acción obedecen más al tipo de instrumental y el número de variables observadas que a la

posibilidad de tener una mayor cobertura sobre el comportamiento de los parámetros. El hecho de tener aparatos registradores en estas estaciones, permite monitorear el funcionamiento de varias estaciones del segundo y tercer grupo ubicadas a su alrededor, en un radio de hasta 30 kilómetros. De otro lado, aunque las estaciones sinópticas (SP y SS) no aparecen en la tabla, estas son consideradas como del primer grupo al establecer la cobertura de la red, teniendo en cuenta sus funciones climatológicas. Aunque las estaciones automáticas (AU) por su volumen de información y posibilidad de constituirse en una muy buena fuente de información debieran ubicarse en el grupo 1 (como si se tratara de una CP), en el estudio se consideran como del grupo 2 teniendo en cuenta que, la serie de datos en la mayoría de estas estaciones es muy corta y que, además, no cuentan con un buen seguimiento debido al costo y poca disponibilidad de asistencia técnica.

Es muy importante recordar lo que la OMM recomienda en su nota técnica N° 111, la creación de una red de referencia, la cual deberá estar conformada por estaciones con una muy sólida y extensa serie de datos y excelente instrumental, además de una buena operación (observadores capacitados).

3.1 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para poder conocer la realidad sobre la distribución y eficiencia de la red meteorológica operada por el IDEAM y la CAR en jurisdicción de la Corporación, se elaboraron una serie de mapas de ubicación y cobertura, aplicando las directrices de la OMM y los conceptos ya planteados. Estos mapas son:

- Cobertura de la red de estaciones pluviométricas y climatológicas del IDEAM y de La CAR
- Cobertura de la red conjunta CAR – IDEAM para el monitoreo de la precipitación
- Cobertura de la red climatológica conjunta CAR – IDEAM
- Red propuesta para el monitoreo de la precipitación CAR – IDEAM
- Red climatológica propuesta CAR – IDEAM

3.2- ANÁLISIS DE LA RED METEOROLÓGICA IDEAM-CAR

Del total de estaciones operadas por el IDEAM en jurisdicción de la Corporación, son muy pocas (solo 20) las que cuentan con equipos registradores para el seguimiento continuo de parámetros como la temperatura, la humedad, la radiación y el viento. De las estaciones que opera La CAR, como ya se anotó en párrafos anteriores, solo el 32% corresponde a las categorías CP y AU, con las cuales es posible hacer un seguimiento continuo a parámetros como el viento, la temperatura, la radiación, la lluvia y la humedad del aire

- **Distribución de la red actual**

La CAR y el IDEAM, para dar respuesta a su necesidad de información, fueron implementando sus redes meteorológicas de manera fraccionada e independiente, por lo que hoy en día es posible encontrar áreas donde la densidad de las estaciones es muy grande y otras donde no hay puntos de observación suficientes para monitorear el comportamiento de los distintos parámetros climatológicos. Considerando la fisiografía y la diversidad climática de Cundinamarca, se dio la necesidad de planificar el redimensionamiento de la red meteorológica, con el fin de optimizar el uso del instrumental y mejorar el suministro de información.

La distribución de las estaciones operadas por las dos instituciones no garantiza el cubrimiento necesario para soportar los estudios e investigaciones sobre el comportamiento y variabilidad de las condiciones climáticas. Por esto, se hizo necesario realizar un diagnóstico sobre la operación de las estaciones que conforman la red y, a la vez, una identificación general del estado del instrumental y la calidad de la información.

3.3- PROPUESTA DE AJUSTE A LA RED METEOROLÓGICA IDEAM - CAR

En Cundinamarca, se encuentra instalada una buena cantidad de estaciones meteorológicas pertenecientes a varias redes de observación. El hecho de que las estaciones sean operadas por distintas instituciones, no ha permitido orientar los esfuerzos hacia una distribución de la red que permita cubrir de manera integral el espacio geográfico a cargo de la Corporación. La red meteorológica conjunta ha tenido un crecimiento sostenido y continuo, aunque no bien planificado; en la actualidad se encuentran en operación 265 estaciones, 142 de la CAR y 123 del IDEAM, las cuales cubren entre el 60 y 65% del área geográfica considerada como jurisdicción de la Corporación.

Con respecto al diseño y/o ajuste de una red meteorológica, el documento WMO –N° 265 TP 149 de L.S. Gandin, aunque no se refiere a las condiciones geográficas ni atmosféricas de las latitudes tropicales, establece grados de correlación y aceptabilidad entre las estaciones, tiempo de las series y áreas de representatividad. Con base en el documento de Gandin, en las demás teorías OMM (red mínima, red básica, red de referencia etc.) y en criterios profesionales, se estableció la metodología mediante la cual se llevó a cabo la propuesta para el rediseño de la red meteorológica conjunta IDEAM-CAR en jurisdicción de la Corporación. Una vez realizado el inventario de estaciones meteorológicas de la red, se procedió a completar y ajustar las coordenadas, nombres y categorías haciendo uso tanto de catálogos mapas e informes suministrados por las dos entidades, como de la opinión de expertos de las dos entidades. Con esta información se construyeron los mapas de ubicación de estaciones y luego, aplicando los métodos y teorías de apoyo, se trazaron los perímetros de representatividad (envolventes) para determinar, finalmente, la cobertura de la red (mapa anexo).

Los mapas diseñados fueron generados bajo la plataforma Arc-GIS 9.2. En primer lugar, la georreferenciación de las estaciones (ubicación sobre los mapas) fue producida a partir de los registros de coordenadas tabulados en los catálogos por las dos instituciones; en segundo lugar, los límites y área de cobertura de cada uno de los puntos de observación se construyeron usando la herramienta de geo-procesamiento "buffer" de la interface del Arc toolbox, respetando el radio de influencia que se especificó en la metodología.

4- CONCLUSIONES

En los mapas elaborados como parte del análisis es posible identificar las extensas áreas desprovistas de información meteorológica. Para lograr una cobertura ideal de la red operada por el IDEAM y La CAR en jurisdicción de la Corporación es necesario el traslado (reubicación) de 34 estaciones y la instalación de siete nuevos puntos de monitoreo climatológico. Las estaciones a trasladar tienen la siguiente distribución: tres climatológicas principales (operadas por la CAR), una meteorológica especial (operada por IDEAM) y cuatro automáticas (operadas por la CAR); adicionalmente, se propone la instalación de tres estaciones CP y una CO. En materia de pluviometría, la propuesta se resume al traslado de ocho pluviógrafos (cinco operados por la CAR y tres por el IDEAM) y se plantea la instalación de tres pluviómetros nuevos. (Mapa anexo)

Debido a la mala distribución de la red CAR-IDEAM, también es posible observar exceso (alta densidad) de estaciones en algunos sectores de la jurisdicción, situación que da como resultado un mal aprovechamiento del instrumental y, como es de suponer, la duplicidad de información. Adicionalmente, es notoria la falta de estaciones meteorológicas de primer orden (CP y AM) dotadas de registradores que permitan brindar una mejor cobertura y que ofrezcan la posibilidad de servir como referentes para el monitoreo de estaciones de menor categoría como las CO, ME y PM.

La red meteorológica operada por la CAR y el IDEAM en jurisdicción de la Corporación no obedece a una planificación conjunta, lo que da como resultado una mala distribución de las estaciones. Además, es

evidente, la escases de personal capacitado para la operación de las estaciones meteorológicas convencionales, así como la dificultad en la calibración y mantenimiento de las estaciones automáticas.

De acuerdo con las teorías sobre diseño de redes expuestas por la OMM el país y, de manera particular, Cundinamarca debe contar con una *red de referencia*, conformada por estaciones con buen emplazamiento, que sean representativas de las condiciones físicas del territorio, operadas por observadores capacitados, dotadas con instrumental de calidad, con una buena frecuencia de visitas técnicas, una alta posibilidad de permanencia en el lugar y con series de datos consistentes. El emplazamiento de las estaciones automáticas se ha venido haciendo sin tener en cuenta que este tipo de instrumental requiere de la cobertura de estaciones convencionales de primer orden que permitan monitorear el comportamiento de los sensores

BIBLIOGRAFIA

CAR. 2002. Atlas Ambiental CAR 2001. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Bogotá, ed. Litografía Arco S.A. 175 p.

CAR – INSTITUTO HUMBOLDT. 2005. Línea Base de la Biodiversidad en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. Serie: Indicadores de seguimiento y evaluación de la política de biodiversidad No. 5. Bogotá, ed. Grey Ltda., 107 p.

IDEAM. 1996. Definición de una Red de Referencia Preliminar de Estaciones Hidrometeorológicas con Fines de Investigación Básica y Aplicada.

IDEAM. 2001. Manual del Observador Meteorológico. Bogotá, IDEAM, 95 p.

IDEAM. 2005. Atlas Climatológico de Colombia. Bogotá, Imprenta Nacional. 218 p.

López Leonardo. 1988. Subdirección Meteorología. Manual sobre manejo, análisis y verificación de información meteorológica. Bogotá – Colombia.

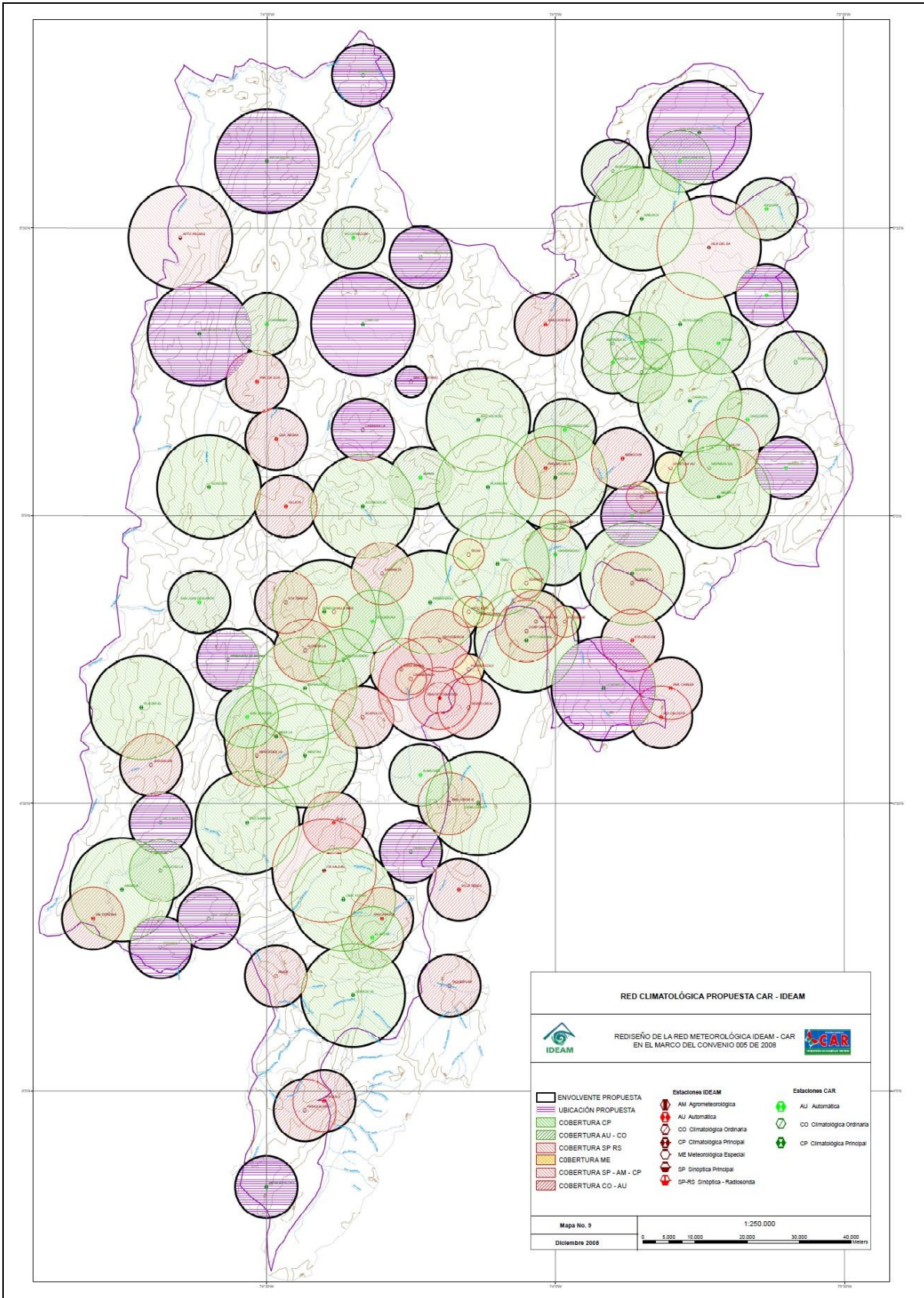
OMM. 1970. The planning of Meteorological Station Networks. Technical Note No. 111 by Gandín, L. S. WMO – No. 265 T. P. 149. Geneva (Switzerland).

OMM. 1967. Design of Optimum Networks for Aerological Observing Stations. World Weather Watch, planning report No. 21 by Gandín, L. S. and Alaka, M. A. Geneva (Switzerland).

OMM. 1994. Guía de Prácticas Hidrológicas. Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones. OMM, Ginebra (Suiza) 5ª. Edición.

OMM. 1996. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos. Guía OMM No. 8/1996. Ginebra (Suiza). 6ª. Edición.

OMM. 1996 Compendio de apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación del personal meteorológico de las clases III y IV. Vol. I - ISBN 92-63-30622-2



RED CLIMATOLÓGICA PROPUESTA CAR - IDEAM



REDISEÑO DE LA RED METEOROLÓGICA IDEAM - CAR
EN EL MARCO DEL CONVENIO 005 DE 2008



- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> □ ENVOLVENTE PROPUESTA ▨ UBICACIÓN PROPUESTA ▨ COBERTURA CP ▨ COBERTURA AU - CO ▨ COBERTURA SP RS ▨ COBERTURA ME ▨ COBERTURA SP - AM - CP ▨ COBERTURA CO - AU | <p>Estaciones IDEAM</p> <ul style="list-style-type: none"> AM Agrometeorológica AU Automática CO Climatológica Ordinaria CP Climatológica Principal ME Meteorológica Especial SP Sinóptica Principal SP-RS Sinóptica - Radiosonda | <p>Estaciones CAR</p> <ul style="list-style-type: none"> AU Automática CO Climatológica Ordinaria CP Climatológica Principal |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Mapa No. 9
1:250.000
0 5.000 10.000 20.000 35.000 45.000
Metros

Diciembre 2008