
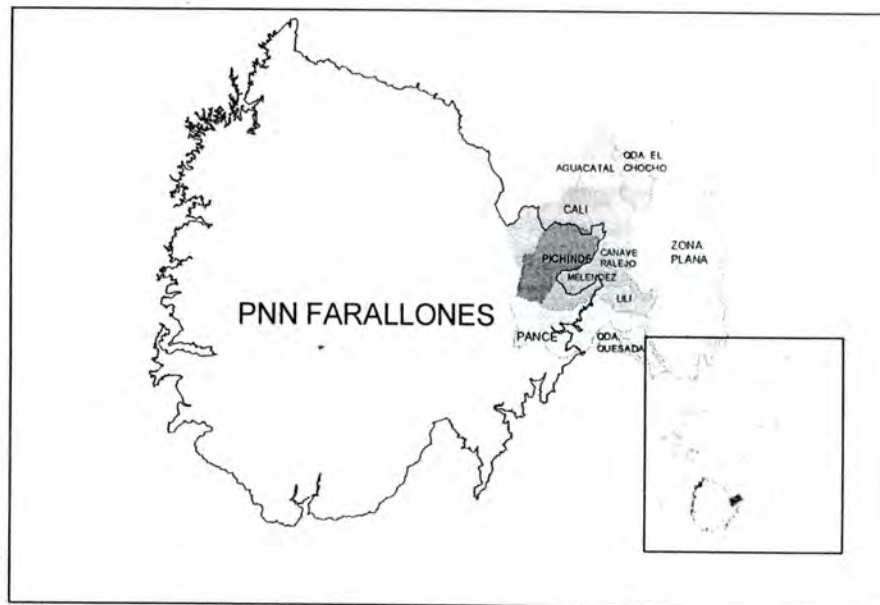
 <p>República de Colombia</p>	<p>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales Dirección Territorial Sur Occidente</p>	 <p>EMBAJADA REAL DE LOS PAISES BAJOS Programa de Fortalecimiento Institucional UAESPNN</p>
--	--	--

Programa Estrategia para la Consolidación y Fortalecimiento del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Subprograma Sistemas de Información Geográfica

SISTEMA DE INFORMACION DE APOYO AL MANEJO DEL RECURSO HIDRICO PNN FARALLONES – CUENCA DEL RIO CALI



Lina Marisol Romero Carrasco
Ingeniera de Sistemas

Cali, Mayo de 2004

7.1.1.2	Temperatura	41
7.1.1.2.1	Fuente y periodicidad de los datos	41
7.1.1.2.2	Método de representación cartográfica y resultados	43
7.1.1.2.2.1	Determinación de la ecuación de la pendiente.....	43
7.1.1.2.2.2	Generación del Mapa de Temperatura (Isotermas).....	44
7.1.1.2.2.3	Generación de datos estadísticos.....	46
7.1.1.3	Evapotranspiración Real.....	46
7.1.1.3.1	Método de Cálculo de la ETR (Método Turc).....	46
7.1.1.3.2	Evapotranspiración real afectada por cultivo o especie vegetal y método de cálculo.....	46
7.1.1.3.3	Fuente y Periodicidad de los datos.....	47
7.1.1.3.4	Método de representación Cartográfica y Resultados.....	48
7.1.1.3.4.1	Obtención del mapa de ETR según Turc.....	48
7.1.1.3.4.2	Generación de los mapas de KC y de Evapotranspiración Real Afectada por Cultivo.....	50
7.1.1.3.4.3	Generación de datos estadísticos.....	53
7.1.1.4	Escorrentía	53
7.1.1.4.1	Fuente y Periodicidad de los datos.....	53
7.1.1.4.2	Método de cálculo de la escorrentía superficial	55
7.1.1.4.3	Método de representación cartográfica y resultados	58
7.1.1.4.3.1	Reclasificación del mapa de uso actual o cobertura vegetal	58
7.1.1.4.3.2	Generación de los mapas CN(Curva Número) y S (Máxima Retención).....	61
7.1.1.4.3.3	Generación del mapa de Escorrentía	65
7.1.1.4.3.4	Generación de datos estadísticos.....	67
7.1.1.4.3.5	Variaciones de Método Curva Número Utilizadas	67
7.1.1.5	Agua Almacenada en el Suelo (ΔS)	68
7.1.1.5.1	Método de Representación Cartográfica y resultados.....	68
7.1.1.5.2	Generación del Mapa ΔS	68
7.1.1.5.3	Generación de datos estadísticos	70
7.1.2	ESCENARIO BUENOS PROCESOS DE CONSERVACION	71
7.1.2.1	Evapotranspiración Real.....	73
7.1.2.1.1	Método de representación Cartográfica y Resultados.....	74
7.1.2.1.2	Generación de datos estadísticos	77
7.1.2.2	Escorrentía	78
7.1.2.2.1	Método de representación cartográfica y resultados.....	78
7.1.2.2.1.1	Reclasificación del mapa de uso del suelo en escenario de buenos procesos de conservación.....	79

7.1.2.2.1.2	Generación de los mapas CN(Curva Número) y S (Máxima Retención).....	81
7.1.2.2.1.3	Generación del mapa de Escorrentía para el escenario de buenos procesos de conservación.....	84
7.1.2.2.1.4	Generación de datos estadísticos.....	86
7.1.2.3	Agua Almacenada en el Suelo (ΔS)	86
7.1.2.3.1	Método de Representación Cartográfica y resultados.....	86
7.1.2.3.2	Generación de datos estadísticos	88
7.1.3	ESCENARIO DE DEFORESTACION.....	89
7.1.3.1	Evapotranspiración Real.....	91
7.1.3.1.1	Método de representación Cartográfica y Resultados.....	91
7.1.3.1.2	Generación de datos estadísticos.....	95
7.1.3.2	Escorrentía.....	96
7.1.3.2.1	Método de representación cartográfica y resultados.....	96
7.1.3.2.1.1	Reclasificación del mapa de uso del suelo en escenario deforestado	97
7.1.3.2.1.2	Generación de los mapas CN(Curva Número) y S (Máxima Retención).....	99
7.1.3.2.1.3	Generación del mapa de Escorrentía para el escenario de deforestación	102
7.1.3.2.2	Generación de datos estadísticos	104
7.1.3.3	Agua Almacenada en el Suelo (ΔS)	104
7.1.3.3.1	Método de Representación Cartográfica y resultados.....	104
7.1.3.4	Generación de datos estadísticos	106
7.1.4	ANALISIS DE RESULTADOS EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.....	107
7.1.5	RECOMENDACIONES AL SISTEMA DE BALANCE HIDRICO POR DIVERSOS ACTORES	109
7.2	COMPONENTE DEMANDA - CONCESIONES.....	111
8.	PROYECCIONES.....	121
9.	BIBLIOGRAFIA	124

1. INTRODUCCION

De los años de gestión del subprograma de Sistemas de Información Geográfico en el marco del Programa de Fortalecimiento Institucional, se han venido desarrollando una serie de instrumentos encaminados por una parte a contar con un banco de datos espaciales que proporcionan un marco de caracterización de las áreas, los procesos y los actores que los integran, para la planeación y el ordenamiento tanto de espacios para la conservación (SIRAP), como de Areas protegidas (Planes de Manejo).

Por otra parte se cuenta ya con un conjunto de diseños conceptuales y aplicativos con bases de datos asociadas, los cuales forman parte de las estrategias planteadas en los planes de manejo de las áreas protegidas.

Es este contexto se ha desarrollado para el PNN Farallones el sistema de información para el manejo del recurso hídrico, el cual es una acción planteada en la estrategia de sostenibilidad financiera del parque, ya que debe ser un instrumento que permita dimensionar la importancia hídrica de una cuenca y potencializar la aplicación de recursos en su conservación

En este sentido la estrategia de sostenibilidad financiera del parque tiene como base el recurso hídrico en dos componentes:

- Programa de Administración de Aguas (Demanda)
- Balance hídrico

Estos procesos tienen como proyección a futuro la negociación de recursos financieros con actores institucionales en el tema de producción de agua y tienen como soporte técnico, de consultas y análisis un sistema de información.

En cuanto al desarrollo del sistema de información se ha tenido una articulación efectiva con el programa Parques del Pacífico a través de la Adm. Juliana Ceron quien ha brindado aportes metodológicos y conceptuales para el diseño y desarrollo del sistema.

2. OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la planificación del manejo del agua en el PNN Farallones, en particular ha valorar cual es la oferta de agua que ofrece el área de la cuenca dentro del parque y fuera del parque en diferentes escenarios de cobertura vegetal, donde la oferta que ofrece la primera es captada aguas abajo por instituciones que obtienen los beneficios económicos a través de la demanda regional; de tal manera que se puede establecer un valor al aporte del agua que ofrece el parque el cual se pueda reinvertir en procesos de conservación en la parte alta.

3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACION

El sistema lo conforman tres componentes

- i. Balance Hídrico
- ii. Concesiones, el cual incluye un componente para la caracterización de captaciones de agua en área del parque.
- iii. Nacimientos

La integración de estos componentes generan el balance Oferta – Demanda, al cual se le incorpora el tema de análisis económico para definir alternativas de conservación y focalización de recursos hacia determinadas acciones de conservación

Los escenarios planteados en el sistema son los siguientes

i. Escenarios De Vegetación:

Uso actual del Suelo
Escenario de reforestación o de conservación
Escenario deforestado

ii. Escenarios Espaciales

Area de la cuenca dentro del Parque
Area de la cuenca fuera del Parque

iii. Escenarios de Tiempo

Fase Actual: Periodo mensual anual - multianual
Segunda fase: Periodo mensual - anual para Periodo Lluvioso y Periodo Seco

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1. CUENCA

A continuación se presenta la definición de cuenca de acuerdo a la legislación colombiana:

Definición de cuenca. Entiéndese por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Una cuenca hidrográfica se delimita por la línea de divorcio de las aguas. Se entiende por línea de divorcio la cota o altura máxima que divide dos cuencas contiguas.

Cuando los límites de las aguas subterráneas de una cuenca no coincidan con la línea divisoria de aguas, sus límites serán extendidos subterráneamente más allá de la línea superficial de divorcio hasta incluir la de los acuíferos subterráneos cuyas aguas

confluyen hacia la cuenca deslindada.

4.2 BALANCE DE LA OFERTA HIDRICA

Siendo el agua una de las necesidades básicas de la vida y el eje en que gira el manejo de las cuencas hidrográficas, es fundamental conocer cual es su dinámica en la tierra y en que parte de ésta puede influir el hombre. Como el agua siempre se encuentra en constante movimiento, va a la atmósfera y regresa a la tierra repetidas veces, se dice que se mueve en un ciclo conocido como **ciclo hidrológico**.

El ciclo hidrológico es muy importante en el manejo de una cuenca, por cuanto representa su contabilidad hidrológica, es decir las pérdidas y las ganancias de agua, es decir las entradas y las salidas.

En una cuenca se puede calcular la contabilidad del agua, mediante un balance hídrico. Este representa el intercambio y transferencia de agua dentro de una cuenca en un tiempo determinado, y permite estimar los flujos de entradas y salidas (tabla 1) del sistema global que configura la composición por elementos del recurso.

Toda el agua de una cuenca se caracteriza a través del concepto de "Balance Hídrico" para facilitar el cálculo de la oferta hídrica de una cuenca, se puede agrupar en 4 variables:

- Precipitación o lluvia
- Evapotranspiración (evaporación + transpiración + interceptación)
- Almacenamiento (agua almacenada en el suelo + infiltración + precolación profunda)
- Escurrimiento (superficial, subsuperficial y subterránea)

ENTRADAS DE AGUA	SALIDAS DE AGUA
P : Aporte de agua en el periodo Considerado: precipitaciones, lluvia.	ETR: Evapotranspiración Real en el periodo considerado
	ΔS : Recursos acumulados al final del periodo considerado por humedad del suelo
	Q : Escurrimiento superficial en el Periodo considerado

Tabla: Variables del Balance Hídrico, entradas y salidas de agua en la cuenca.

De esta forma el Balance Hídrico se puede representar con la siguiente igualdad:

$$P = Q + E + \Delta S$$

A continuación se describen las variables que actualmente se han utilizan en el modelo de balance hídrico para el Parque Nacional Natural Farallones, de una manera simple para

ser depositadas en el aplicativo del SIG, como una ayuda al usuario que requiera de información adicional sobre las variables utilizadas.

4.3 VARIABLES HIDROCLIMÁTICAS

Estas variables son utilizadas con el fin de caracterizar el comportamiento climatológico de una cuenca, y su área de influencia, Esta parte estudia la precipitación, la evapotranspiración real, el almacenamiento de agua en el suelo y la escorrentía.

4.3.1 Precipitación

Se define como la caída de agua desde la atmósfera en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve, granizo o escarcha) a partir del fenómeno de condensación.

Medición de la precipitación

Se efectúa por medio de pluviómetros, pluviógrafos o de pluviómetros totalizadores. En la medición de la precipitación se tienen en cuenta las siguientes características:

- **Altura de la precipitación:** se mide con los instrumentos en milímetros, durante una tormenta, en un día, una semana, un mes, un año, etc., por medio de una regla graduada en milímetros.
- **Forma de la precipitación:** es decir, si es lluvia, nieve, granizo, neblina, rocío o escarcha. La forma correcta de determinar la precipitación es en forma líquida.
- **Intensidad:** se determina en milímetros / hora.
- **Duración:** se determina en minutos u horas.
- **Área abarcada por los aparatos de medición:** se calcula de acuerdo al área de influencia para cada aparato, con referencia al sistema de instalación de la red pluviométrica.
- **Frecuencia:** se debe tener en cuenta anotar la frecuencia con la que suceden las lluvias de cierta altura o intensidad.

La red pluviométrica de la cuenca, constituye la base fundamental para el cálculo exacto de su precipitación promedia en un tiempo determinado. Para calcular este dato existen tres sistemas, según el área de la cuenca. Ellos son:

- Método de promedio aritmético
- Método de los polígonos de Thiessen
- Método de las isohietas

4.3.2 Temperatura

Se define como el grado de calor que existe en la atmósfera. Los datos de temperatura usualmente se obtienen a partir de estaciones localizadas dentro de la cuenca de estudio, sin embargo, cuando estos datos son muy pocos o no existen es necesario aplicar un método indirecto para obtener las temperaturas y transformarlas posteriormente en isotermas para su aplicación en un SIG.

4.3.3 Evapotranspiración Real

La evapotranspiración es la combinación de los procesos de evaporación del agua y la transpiración que llevan a cabo las plantas.

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) desde de una superficie. El agua se evapora de una variedad de superficies, como lagos, ríos, pavimentos, tierras y vegetación húmeda.

La transpiración consiste en la vaporización de agua líquida contenida en los tejidos de la planta. Por lo General las plantas pierden su agua a través de los estomas, éstos son aperturas pequeñas en la hoja de la planta, a través del cual pasan los gases y el vapor de agua. El agua, junto con algunos nutrientes, es subida por las raíces y se transporta a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y los vapores son lanzados a la atmósfera, este proceso es controlado por la abertura del estoma. Casi toda el agua subida, es pérdida por transpiración y sólo un fragmento diminuto se usa dentro de la planta.

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente, por eso no es fácil distinguir las diferencias entre los dos procesos y por ello son difíciles de medir por separado. Sin embargo en la mayor parte de los casos lo que interesa es la cantidad total de agua que se pierde a la atmósfera ya sea por evaporación o transpiración, por ello se consideran conjuntamente bajo concepto mixto de Evapotranspiración.

La evapotranspiración real afectada por cultivo o especie vegetal se refiere al consumo hídrico de cada especie, según su ciclo vegetativo. Se calcula a partir de la evapotranspiración de referencia (ETR), multiplicándola por el coeficiente de cultivo KC (Necesidad de agua del cultivo) que depende de la especie vegetal.

4.3.4 Escorrentía

Es la cantidad de agua después de una lluvia, que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando ocurren lluvias más intensas o frecuentes, el agua llega hasta la superficie, produciéndose por un lado, la infiltración y por otro lado, la saturación del suelo y la escorrentía. Cuando ocurre, ésta fluye a los cauces, incrementado su volumen a

medida que llega agua de las partes más lejanas, y comienza a decrecer el caudal suavemente al poco tiempo de terminada la lluvia.

Esta agua sobrante de las lluvias que no alcanza a entrar al suelo, corre, sobre la superficie de la tierra a velocidades variables dependiendo de varios factores, ocasionando los mayores problemas en el manejo de las cuencas. Los factores que influyen en la escorrentía son:

- La superficie del suelo
- La capacidad de infiltración al suelo
- La intensidad de las lluvias
- El porcentaje de humedad del suelo
- La pendiente y el microrrelieve

Todos estos factores mencionados no actúan independientes entre sí, ya que la escorrentía es una resultante de la acción simultánea entre ellos.

4.3.5 Almacenamiento de agua en el suelo

Desde el punto de vista hidrológico, el suelo desempeña el papel de una serie de cedazos, que permiten la infiltración del agua en él, y en donde una parte se retiene, dando lugar al almacenamiento de agua por retención capilar; la otra parte percola hacia niveles inferiores dando origen al *almacenamiento no capilar o temporal*.

En el primer caso, el agua de retención capilar es aprovechada por las plantas, pero parte se pierde por evaporación; en el segundo caso, el movimiento del agua es hacia abajo por gravedad a través de poros bastante grandes, cuyo diámetro es mayor a 0.05mm y el agua es aprovechada por las corrientes laterales o aguas freáticas.

En este orden de ideas se dan la infiltración, la percolación y se originan las aguas freáticas.

Infiltración

La infiltración es el proceso mediante el cual el agua ingresa a través del suelo. La infiltración está sujeta al estado del horizonte superficial del suelo, cuyas condiciones determinan si las precipitaciones se convierten o no en escorrentía.

Cuando la precipitación es más rápida que la capacidad de absorción al suelo, se presenta escurrimiento sobre la superficie, el cual llega rápidamente a los cursos de agua y abre surcos y cárcavas, en las tierras que no tienen cubierta protectora.

Generalmente, el escurrimiento en terrenos no protegidos, es perjudicial y antieconómico; mientras que el agua infiltrada se convierte en agua freática que alimenta los pozos y suministros en casi todo el caudal de los cursos de agua en épocas de verano, y también sustenta parte de la vegetación.

Percolación

Se denomina percolación al movimiento de agua a través del suelo hacia niveles inferiores. La capacidad de percolación, es la capacidad máxima a la cual es agua puede moverse a través del suelo.

La percolación directa forma el agua freática en los suelos permeables de poca profundidad, y también por ríos o quebradas de introducción fluente (caudales de corrientes de agua que en un punto de su cauce se pierden de la superficie, adentrándose al suelo por un hueco).

4.4 SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la Biodiversidad.

4.4.1 IMPORTANCIA DE LOS SIG.

Las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía y para analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

4.4.2 CUESTIONES A LAS QUE RESPONDE UN SIG.

- Localización ¿Qué hay en.....?
- Condición ¿Dónde sucede que.....?
- Tendencias ¿Qué ha cambiado.....?
- Rutas ¿Cuál es el camino óptimo.....?
- Pautas ¿Qué pautas existen.....?
- Modelos ¿Qué ocurriría si.....?



Estas cuestiones son de interés primordial en actividades relacionadas con la planificación. Los SIG nos ayudan en el estudio de la distribución y monitoreo de recursos, tanto naturales como humanos, así como en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente natural. De esta forma podemos contribuir en la

planificación de actividades destinadas a la preservación de los recursos naturales.

Toda la generación de nueva información que puede proveer un SIG depende significativamente de la información que posee la base de datos disponible. La calidad de esta base de datos y sus contenidos determinan la cantidad y calidad de los resultados obtenidos del SIG.

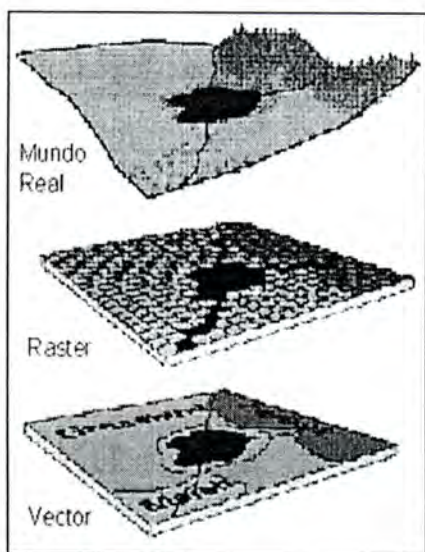
4.4.3 CONSTRUCCIÓN DE UN SIG.

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero en los SIG, además, hay que considerar las especiales características de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización.

Es indiscutible que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. Por ello el éxito y la eficacia de un SIG se miden por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera.

Los esfuerzos y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional no son pequeños, ni tampoco es una gran inversión. Es un esfuerzo permanente por ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para nuestro propósito.

4.4.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS SIG.



La información geográfica contiene una referencia geográfica explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación.

Los SIG funcionan con dos tipos diferentes de información geográfica: el modelo vector y el modelo raster.

El modelo raster ha evolucionado para modelar tales características continuas. Una imagen raster comprende una colección de celdas (píxel) de una grilla más como un mapa o una figura escaneada. Ambos modelos para almacenar datos geográficos tienen ventajas y desventajas únicas y los SIG modernos pueden manejar varios tipos.

En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas x,y. La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto x,y. Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x,y. Las características poligonales, pueden

almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua.

4.4.5 COMPONENTES DE UN SIG.

Hardware.

Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación.

Software.

Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica, los componentes principales del software SIG son:

Sistema de manejo de base de datos.

Una interfase grafica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas
Herramientas para captura y manejo de información geográfica
Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Actualmente la mayoría de los proveedores de software SIG distribuyen productos fáciles de usar y pueden reconocer información geográfica estructurada en muchos formatos distintos.

Información.

El componente más importante para un SIG es la información. Se requieren de buenos datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma mas acertada posible. La consecución de buenos datos generalmente absorbe entre un 60 y 80 % del presupuesto de implementación del SIG, y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos. Mantener organizar y manejar los datos debe ser política de la organización.

Personal.

Las tecnologías SIG son de valor limitado sin los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial.

Métodos.

Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y

reglas de actividad definidas, que son los modelos y practicas operativas exclusivas en cada organización.

4.4.6 TECNOLOGÍAS RELACIONADAS.

Los sistemas de Información Geográfica comparten características con otros sistemas de información pero su habilidad de manipular y analizar datos geográficos los separa del resto. La siguiente seria una forma de clasificar los sistemas de información con los que se relaciona los SIG:

Mapeo de Escritorio.

Este se caracteriza por utilizar la figura del mapa para organizar la información utilizando capas e interactuar con el usuario, el fin es la creación de los mapas y estos a su vez son la base de datos, tienen capacidades limitadas de manejo de datos, de análisis y de personalización.

Herramientas CAD.

Se utilizan especialmente para crear diseños y planos de construcciones y obras de infraestructura, estos sistemas no requieren de componentes relacionales ni herramientas de análisis, Las herramientas CAD actualmente se han ampliado como soporte para mapas, pero tienen utilidad limitada para analizar y soportar bases de datos geográficos grandes.

Sensores Remotos.

Se define como el conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia sin contacto material con los mismos (Lasselin y Darteyre, 1991).

La percepción remota no agrupa solo las técnicas que permiten obtener dichas características y captación de datos desde el aire o espacio, sino también su posterior procesamiento en el ambiente de una determinada aplicación.

En otras palabras los Sensores Remotos se definen como la técnica de adquisición y posterior procesamiento digital de datos de la superficie terrestre desde Sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor.

Sistemas Manejadores de Bases de Datos (SMBD).

Los SMBD se especializan en el almacenamiento y manejo de todo tipo de información, incluyendo datos geográficos. Los SMBD están perfeccionados para almacenar y retirar datos, y muchos SIG se apoyan en ellos para este propósito. No tienen las herramientas comunes de análisis y de visualización de los SIG.

4.4.7 MODELOS DE ELEVACION DIGITAL (MDE)

El modelo digital de elevación describe la altimetría de una zona mediante un conjunto de cotas, y en la mayoría de los casos este modelo constituye la base para la construcción de otros.

Se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.



5. ENFOQUE Y METODOLOGIA

El enfoque de desarrollo del sistema de información se basa en la generación de estrategias de interacción tanto a nivel interinstitucional, como institucional; en este sentido se han desarrollado gestiones que han conducido a la conformación de dos equipos de trabajo, uno a nivel Interinstitucional y el otro a nivel Institucional, estos grupos han sido fundamentales ya que con ellos se han abordado las diferentes etapas del desarrollo del sistema, especialmente las referidas al análisis de requerimientos y la elaboración de los diseños.

ARTICULACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Para el diseño y desarrollo del SIG del Recurso Hídrico se ha reactivado un equipo de trabajo a nivel Interinstitucional, el cual se denominó "Comité de Valoración Ambiental", conformado por algunas entidades del SINA regional como CVC, IDEAM, PLANEACION DEPARTAMENTAL, CIAT, DTSS - PNN FARALLONES. Este comité ha orientado el desarrollo del SIG específicamente en el componente de balance hídrico, y su importancia radica en que las entidades que lo conforman cumplen dos condiciones, la primera se relaciona con la experiencia en el tema de balances de oferta y demanda aplicando diversas metodologías ya probadas y segundo poseen la información tanto alfanumérica como cartográfica que se requerirá para el desarrollo y operación del SIG

Entidades e Integrantes del Comité de valoración Ambiental:

ENTIDAD	INTEGRANTES
CVC	Alfredo Zúñiga – Subdirección de Planeación
IDEAM	Eliana Castro – Coordinadora Operativa
PLANEACION DEPARTAMENTAL	Bernardo Veloza - Planeación
CIAT	Humberto Becerra – Comunidades y Cuencas
DTSO - PNN FARALLONES	Luis Fernando Gómez – Jefe Programa PNN farallones Pedro Burgo – Metodología Balance de agua Juliana Ceron – Programa Administración de aguas Lina Marisol Romero – SIG Subprograma 4ª - DTSO

Adicionalmente se han tenido como invitados especiales a:

CONDESAN - CIAT	Pedro Burgos
EPSA	Germán Zabala

Este comité fue conformado por el Dr. Luis Fernando Gómez – Jefe del programa PNN Farallones hace un par de años y con su apoyo se reactivo.

Se han desarrollado alrededor de ocho sesiones de trabajo con el comité en las cuales se concertó y definió los objetivos de trabajo y se han dado los aportes y recomendaciones para el diseño e implementación del balance hídrico.

ARTICULACIÓN INSTITUCIONAL

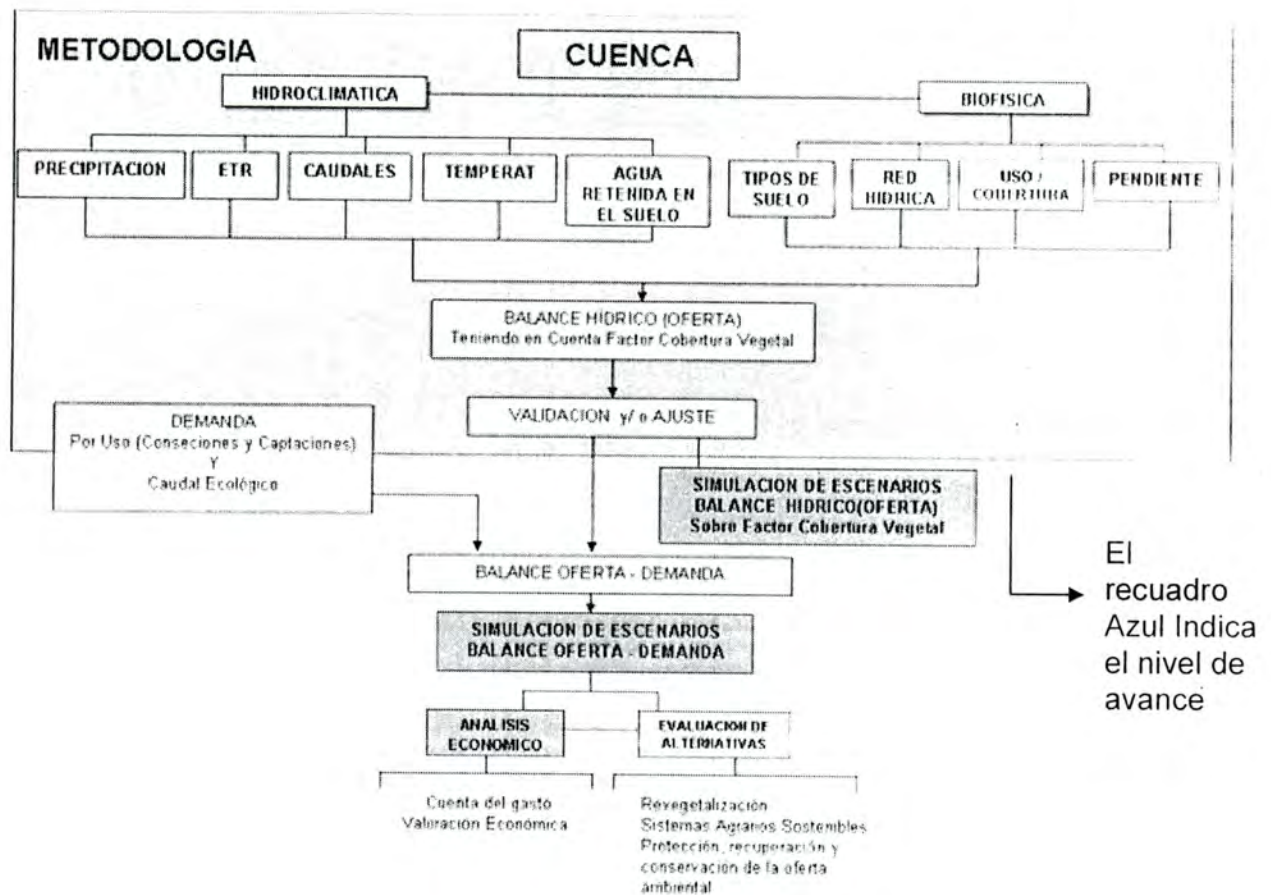
A nivel Institucional se ha conformado un equipo de trabajo que también apoya el diseño, desarrollo y operación del SIG para el manejo del Recurso Hídrico. Este equipo esta conformado por los grupos de Sostenibilidad Financiera, jurídica y DTSO – PNN Farallones, y su papel específico ha sido el de apoyar el componente de demanda (Concesiones) del sistema.

Dependencias e Integrantes del Comité Institucional para el diseño y operación del SIG de agua:

DEPENDENCIA	INTEGRANTES
Sostenibilidad Financiera	Maria Claudia Garcia
Jurídica	Vanesa Velez
DTSO – PNN Farallones	Luis Fernando Gómez – Jefe Programa PNN farallones Juliana Ceron – Programa Administración de aguas Lina Marisol Romero – SIG Subprograma 4ª - DTSO Marice Salazar.

METODOLOGIA

El siguiente esquema muestra la metodología a partir de la cual se ha desarrollado el sistema de información para el manejo del recurso hídrico, partir del cual se modelan escenarios que permitan por un lado realizar un análisis económico y por otro evaluar alternativas de acciones de conservación.



6 AREA DE ESTUDIO

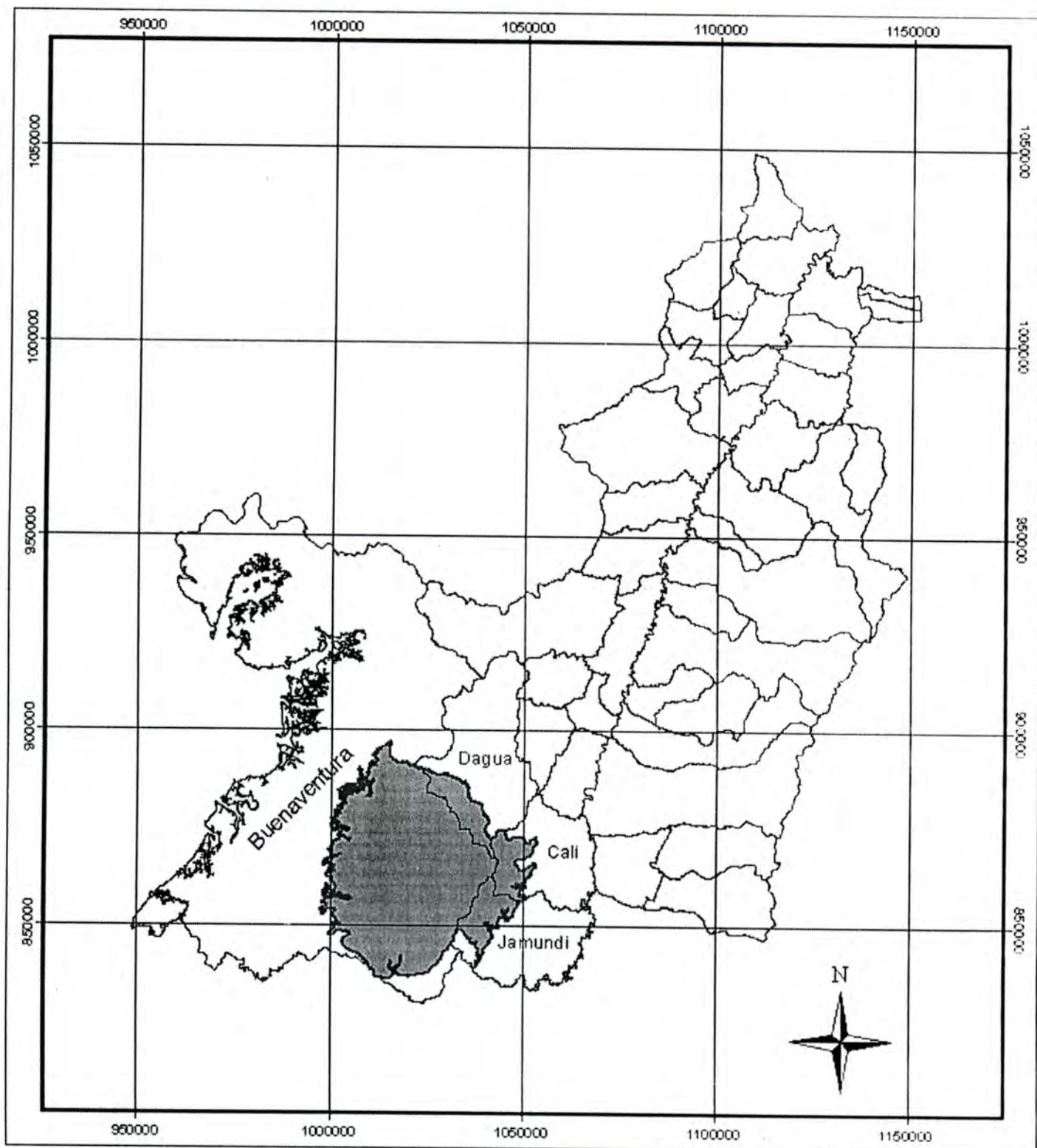
El área de estudio corresponde a la cuenca del río Cali, la cual se encuentra localizada en el departamento del Valle del Cauca, zona alta y media del municipio de Santiago de Cali, ubicada en la vertiente oriental de la cordillera occidental, en la margen izquierda del río Cauca. Donde la zona alta de la cuenca corresponde al PNN Farallones

La cuenca del río Cali, incorpora las microcuencas de los ríos Felidia y Pichinde, desde su nacimiento y con cierre en la bocatoma del acueducto San Antonio.

La cuenca posee una orientación O – E, con mayor tiempo de exposición solar.

El total del área de la cuenca es de 11,920.2845 Ha, donde 62.61% corresponde al PNN Farallones, es decir 7,463.6706 Ha.

A continuación se presentan los mapas de localización del PNN Farallones y de la cuenca del río Cali.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES

PARQUE NACIONAL NATURAL FARALLONES
 Area: 205,266 Ha

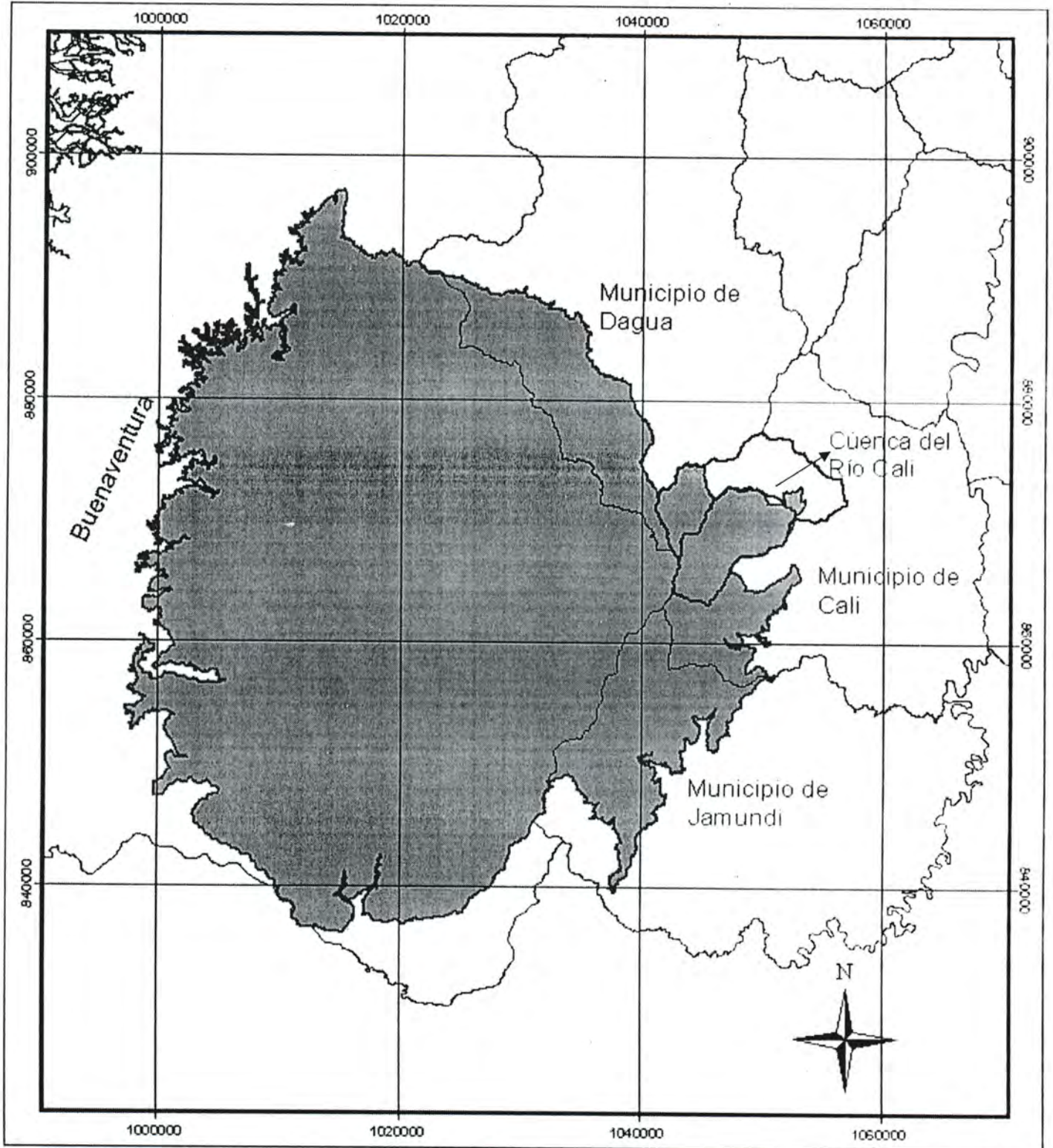
Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elabora: Lina Marisol Romero - SIG

900 0 900 1800 Meters

Escala 1:1400.000

CONVENCIONES

- Lindero. del PNN Farallones
- PNN Farallones
- Departamento del Valle del Cauca



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES





LOCALIZACION CUENCA DEL RIO CALI
 Area: 11,920 Ha, DE LAS CUALES EL 62.61%
 CORRESPONDEN AL PNN FARALLONES

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elabora: Lina Marisol Romero - SIG

900 0 900 1800 Meters

Escala 1:450.000

CONVENCIONES

-  Lindero Cuenca del Cali
-  Lindero PNN Farallones
-  PNN Farallones
-  Departamento del Valle

Los corregimientos en los cuales esta localizada la cuenca del río Cali, con su área total, área representativa en la cuenca y en el área del PNN Farallones, se presentan en la siguiente tabla y el mapa puede ser apreciado más adelante:

Corregimiento	Area Total (Ha)	Area en la Cuenca (Ha)	Area dentro del PNN Farallones (Ha)	Relación entre el area dentro del PNN y el area total (%)
EL SALADITO	1022.6114	319.8166	0.0000	0.00
FELIDIA	2675.7068	2675.7068	1357.1361	50.72
LA LEONERA	1706.4972	1706.4972	718.1663	42.08
LOS ANDES	6680.7760	5536.6559	4342.2859	65.00
PICHINDE	1488.4228	1488.4228	1065.9802	71.62
ZU CALI	12182.1267	193.1851	0.0000	0.00

En cuanto a la distribución de la red hídrica de la cuenca del Río Cali, el 59.32% de la red (Tomando como punto de cierre la Bocatoma y como parámetro de medida la longitud de los drenajes), se encuentra dentro del área del PNN Farallones:

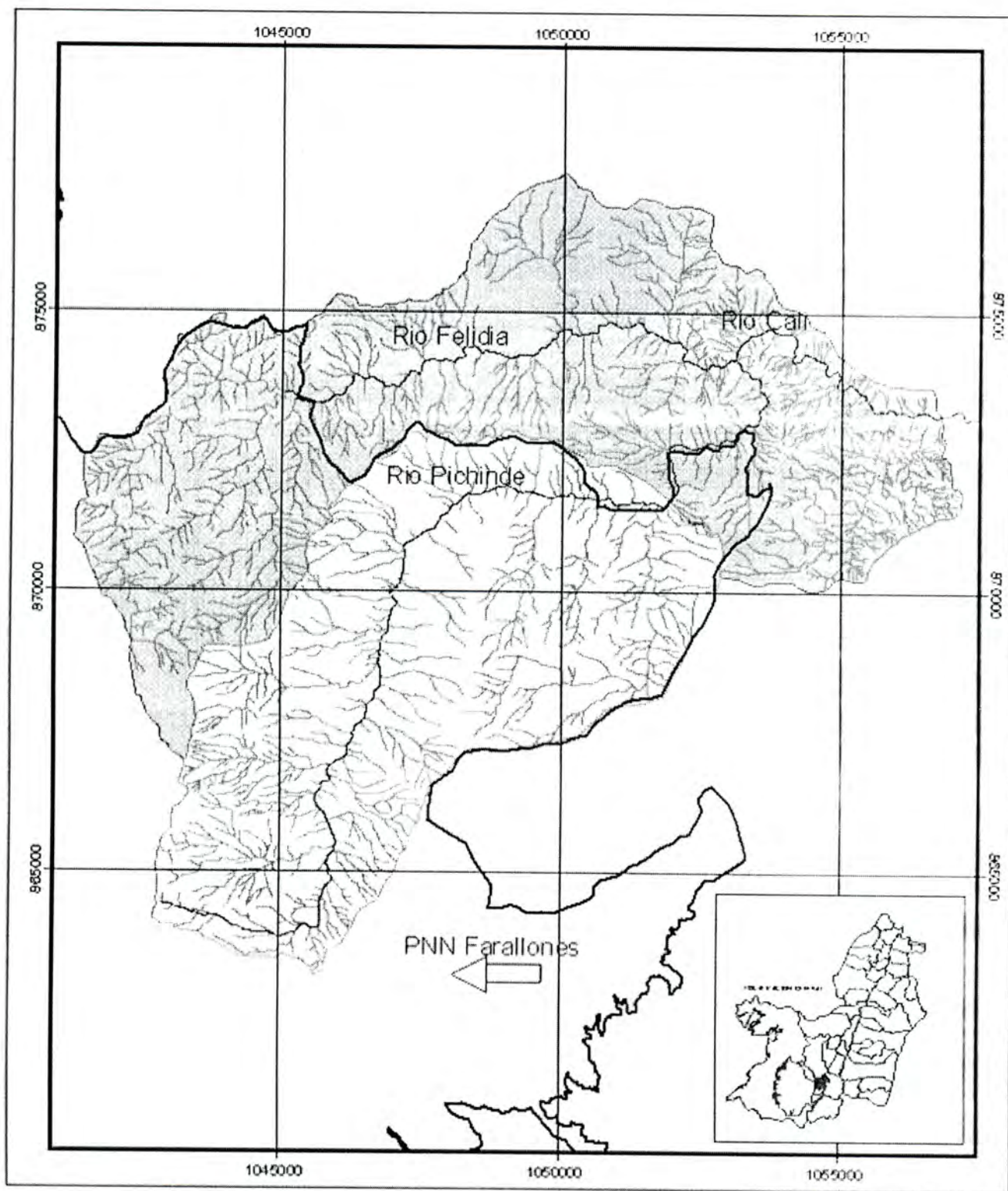
En cuanto a la longitud de los ríos principales y su porcentaje representativo en el parque se tiene:

NOMBRE	L. Km Total	L Dentro Parque	%
RIO PICHINDE	21.16	16.52	78.07
RIO FELIDIA	10.55	0.52	4.93

(Nota: La Longitud se refiere a la longitud del drenaje en el polígono de cuenca, desde su nacimiento hasta el cierre del mismo)

Con relación a los drenajes tipo quebradas la distribución es la siguiente:

Nombre	L Km	Nombre	L Km
QDA. LA MINA	10.96	QDA. EL CARBONERO	1.51
QDA. PICHINDECITO	4.47	QDA. EL CEDRAL	1.45
QDA. EL CABUYAL	4.03	QDA. EL BOSQUE	1.41
QDA. EL SOCORRO	3.64	QDA. EL CEDRO	1.39
QDA. FELIDIA	3.23	QDA. EL GUABAY	1.39
QDA. LA HONDA	3.18	QDA. EL LLANTO	1.36
QDA. LA TULIA	3.11	QDA. LA MARINA	1.29
QDA. EL ROBLE	3.83	QDA. MIRAVALLE	1.24
QDA. LA ESPERANZA	2.72	QDA. HIGUERON	1.24
QDA. LA ESTRELLA	2.68	QDA. LOS DUQUES	1.21
QDA. LAS NIEVES	2.58	QDA. EL PATO	1.20
QDA. YANACONAS	2.43	QDA. AGUA BONITA	1.12
QDA. SANTA ANA	1.77	QDA. HONDA	1.08
QDA. LOS CARPATOS	1.70	QDA. MARISCAL	0.92
QDA. LAS PALMAS	1.68	QDA. AGUASUCIA	0.60
QDA. LOS ANDES	1.60	QDA. SANTA ROSA	0.35



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
NACIONALES NATURALES
PNN FARALLONES

CUENCA DEL RIO CAU
COBERTURA HIDRICA

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Edición: Lina Markol Romero - SIC

2 0 2 Kilómetros

Escala 1:100 000

CONVENCIONES

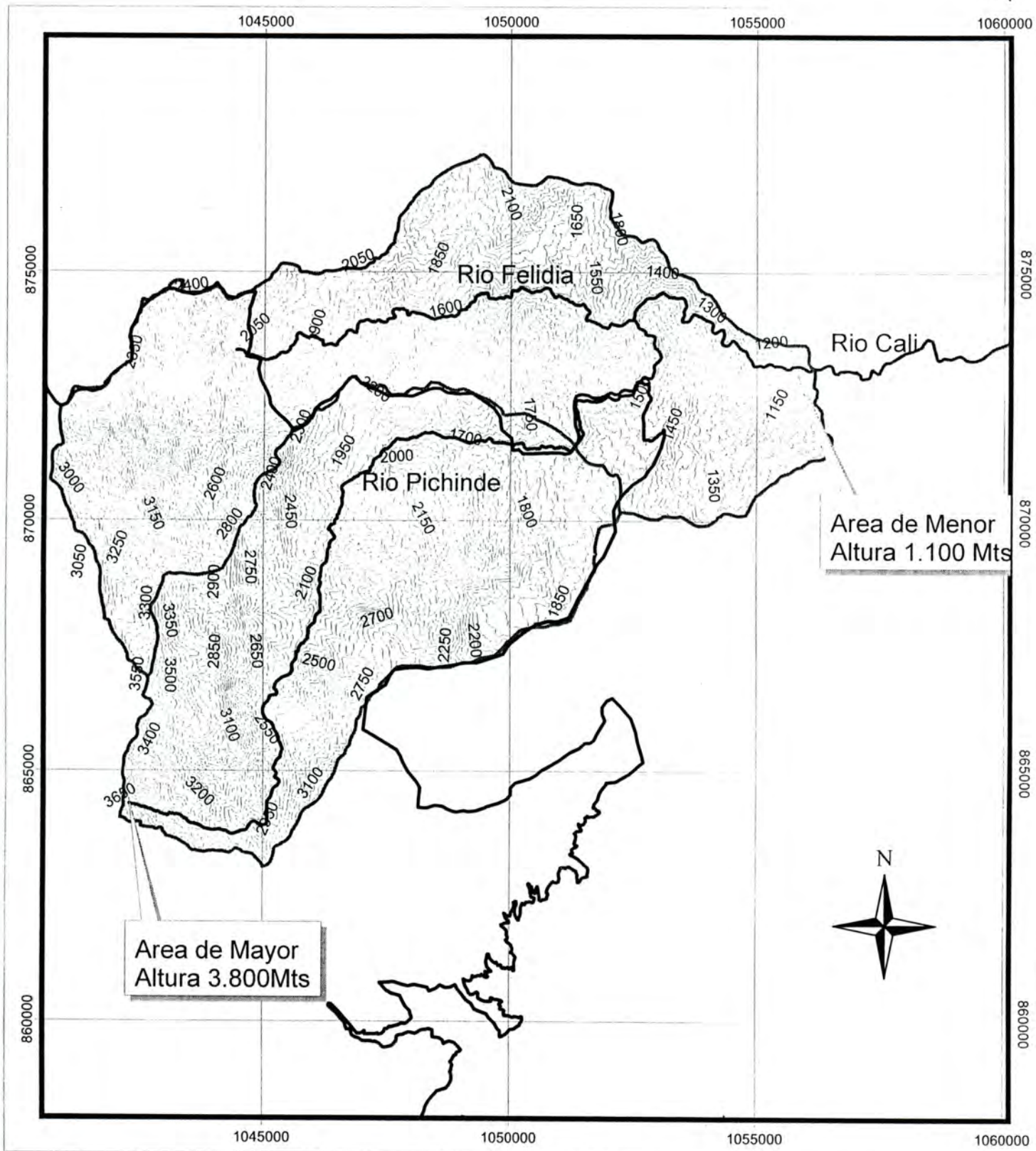
Límite Parque Farallones	Cuenca CAU Pichinde
Rios	CALI
Quebradas	PICHINDE
No	

La cuenca del río Cali, es una cuenca de alta montaña, donde la máxima altura se registra a los 3.800 mts y la mínima a los 1.100 mts. Las curvas de nivel se presentan cada 50 mts.

En cuanto a la pendiente la relación que presenta por áreas es la siguiente, donde predomina el tipo fuertemente quebrado, seguido del escarpado:

Pendiente	Area %
Escarpado: 50 – 75	39.78
Fuertemente escarpado: > 75	12.57
Fuertemente inclinado: 12-25	2.46
Fuertemente quebrado: 25 – 50	45.18

A continuación se presentan los mapas de curvas de nivel, pendientes y modelo de elevación digital y de sombras (Los tres últimos contruidos a partir del mapa de curvas).



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES

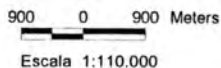
CUENCA DEL RIO CALI

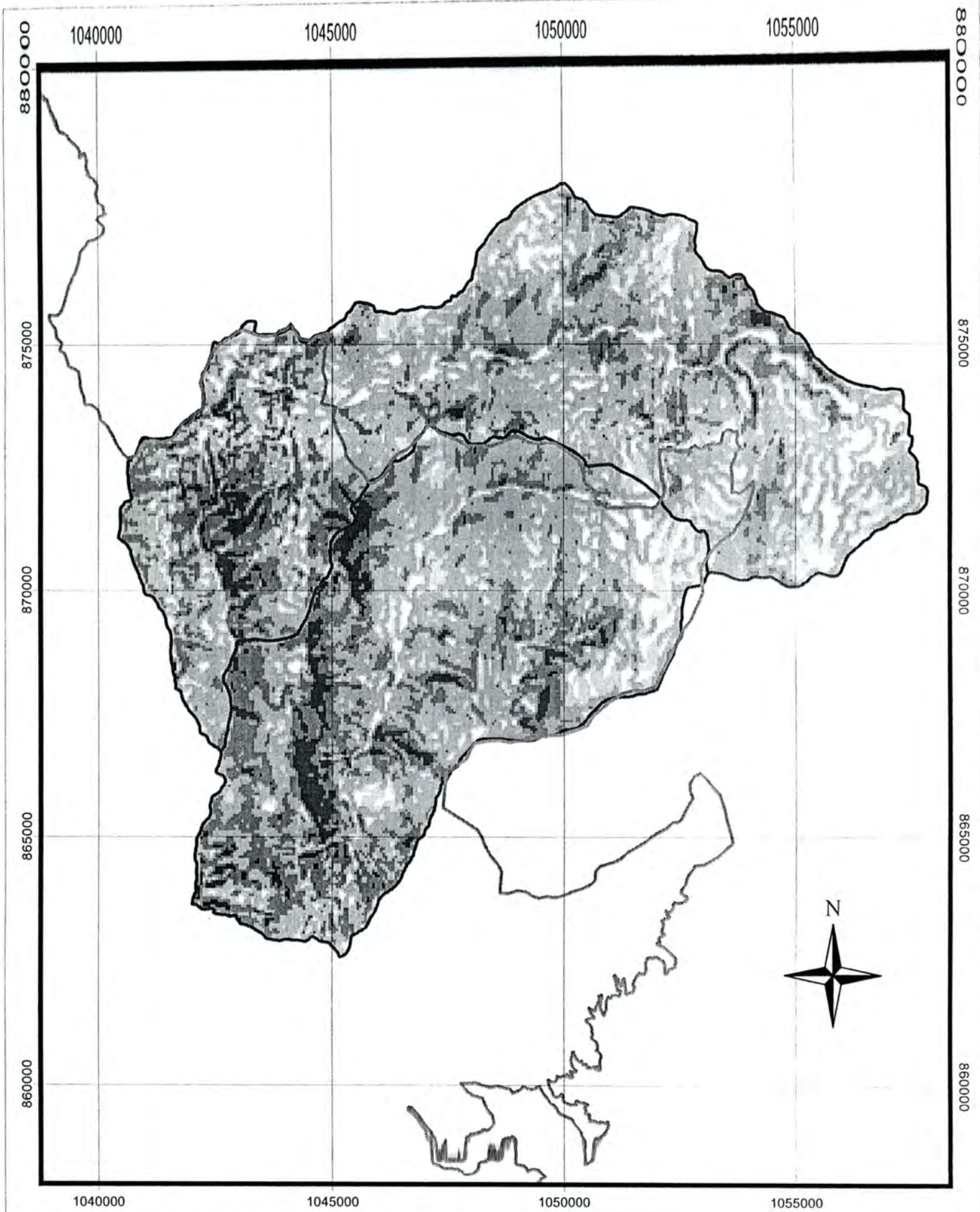
CURVAS DE NIVEL

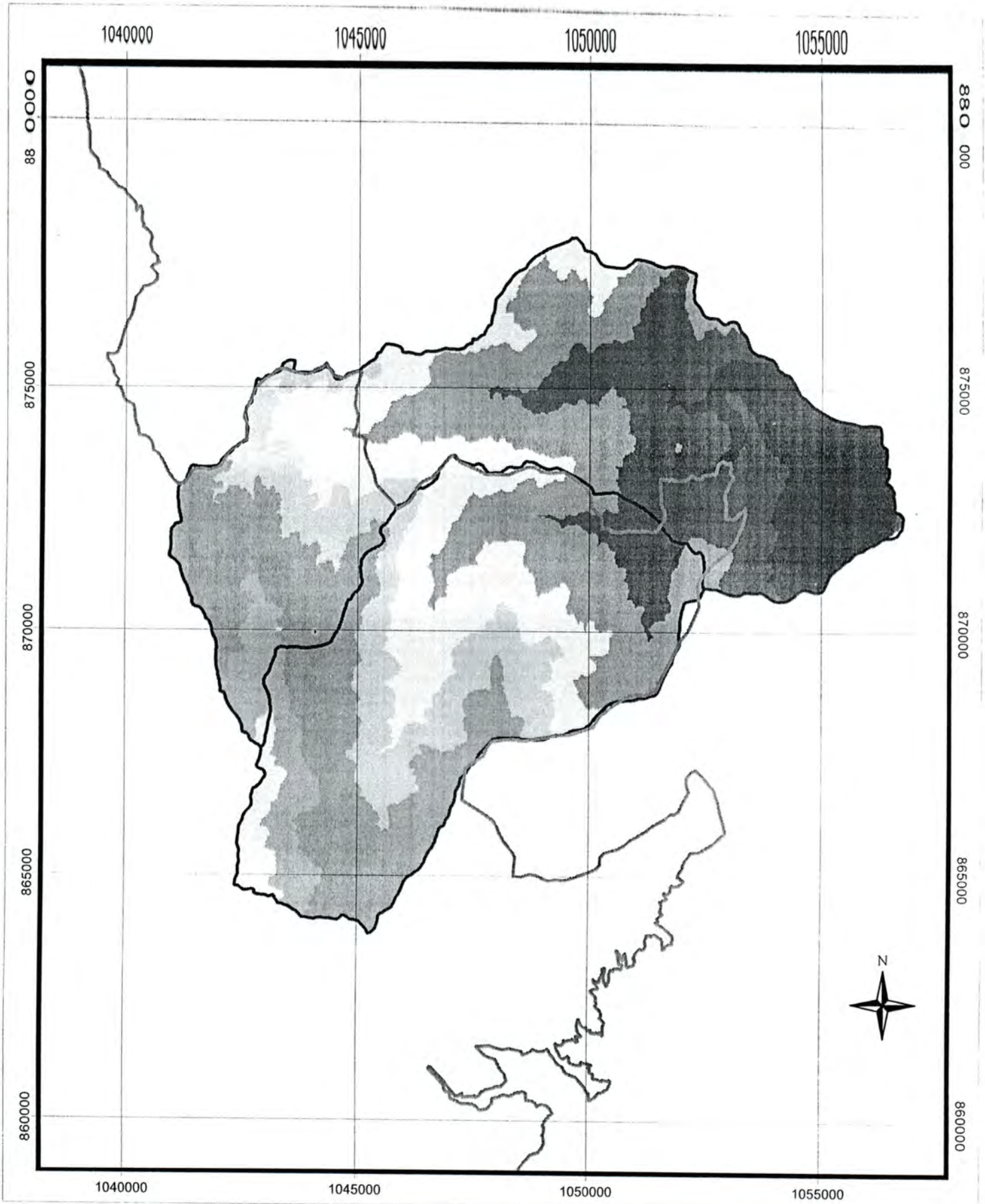
CONVENCIONES

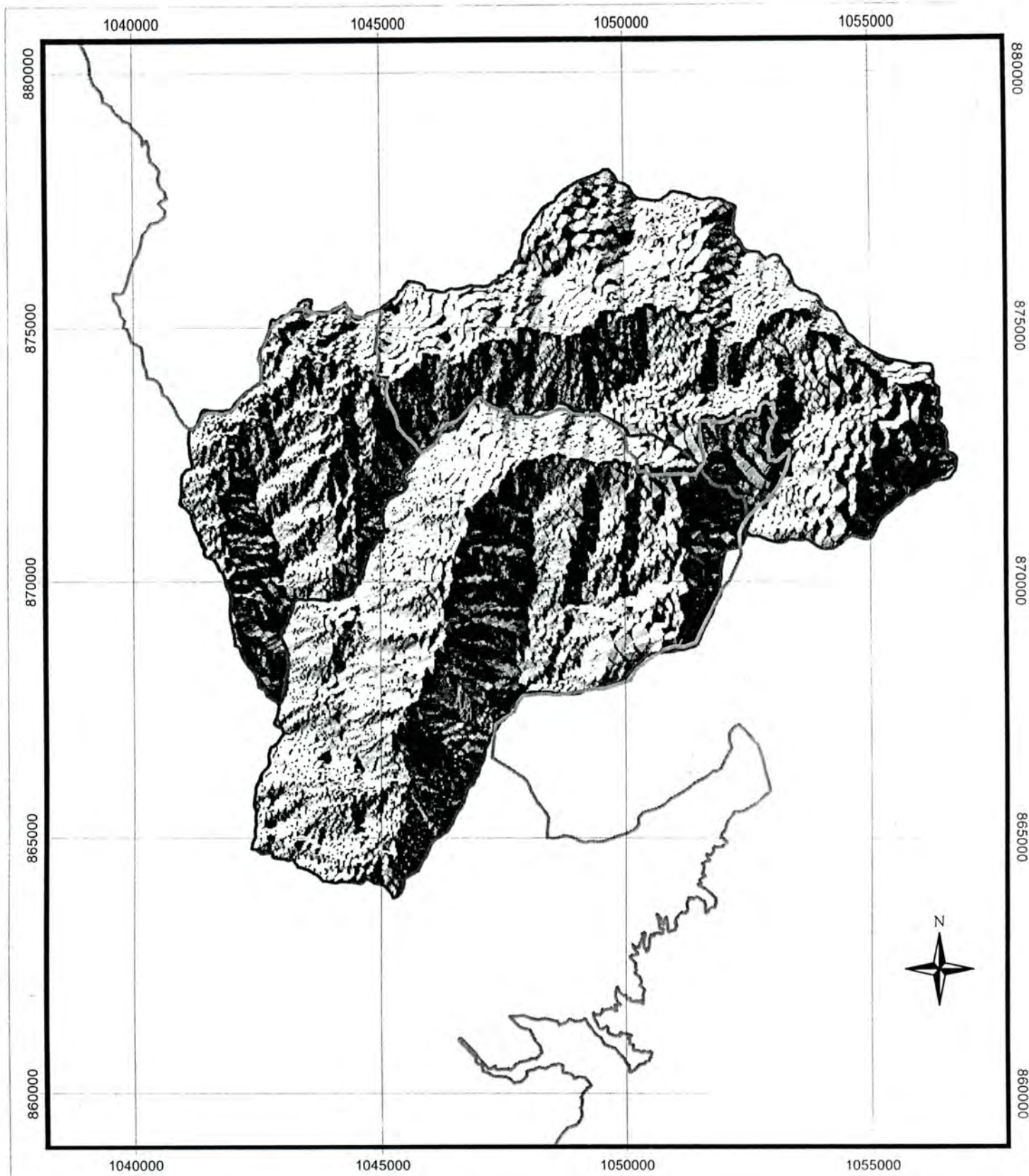
- Lindero PNN Farallones
- Cuenca Cali
- Rios

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG









MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES

**CUENCA DEL RIO CALI
 MODELO DE SOMBRAS**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

900 0 900 Meters

Escala 1:110.000

Msobras

- 23 - 46
- 47 - 69
- 70 - 93
- 94 - 116

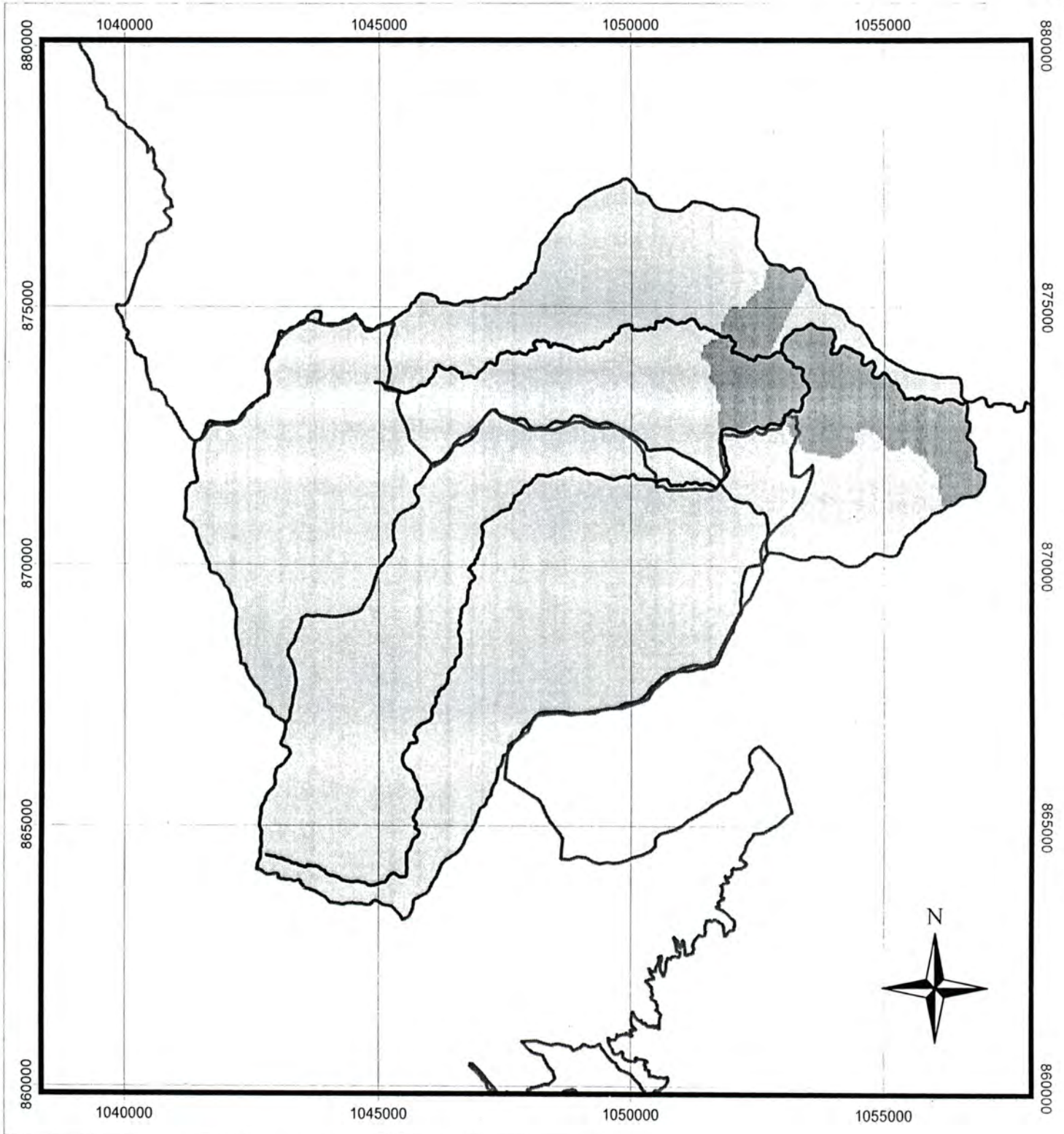
CONVENCIONES

- 117 - 139
- 140 - 163
- 164 - 186
- 187 - 209
- 210 - 233
- No Data
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde

A partir del cuadro sobre grupo hidrológico de suelos, del mapa de asociaciones para la cuenca del río Cali, del estudio de suelos del Valles del cauca (Fuente CVC) donde se plantea información sobre la estructura y textura de las asociaciones de suelo se genero el mapa de grupo hidrológico que se presenta más adelante, en el cual se aprecia que predomina el grupo C seguido del B y con ausencia del grupo A.

Grupo hidrológico del suelo	Potencial de escorrentía	Infiltración cuando la tierra está húmeda	Suelos típicos
A	Escaso – bajo	Alta	Arenas y grava excesivamente drenadas
B	Moderado	Moderada	Texturas medias
C	Medio	Lenta	Textura fina o suelos con una capa que impide el drenaje hacia abajo
D	Elevado – Alto	Muy lenta	Suelos de arcillas hinchadas o compactas o suelos poco profundos sobre capas impermeables




Cuadro sobre grupo hidrológico de suelos



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

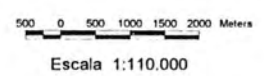
CONVENCIONES




**MAPA DE CLASIFICACION
 HIDROLOGICA DEL SUELO**

Clasi_hdr	Código
 B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentia	2
 C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	3
 D - Alto Potencial de Escorrentia	4



Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

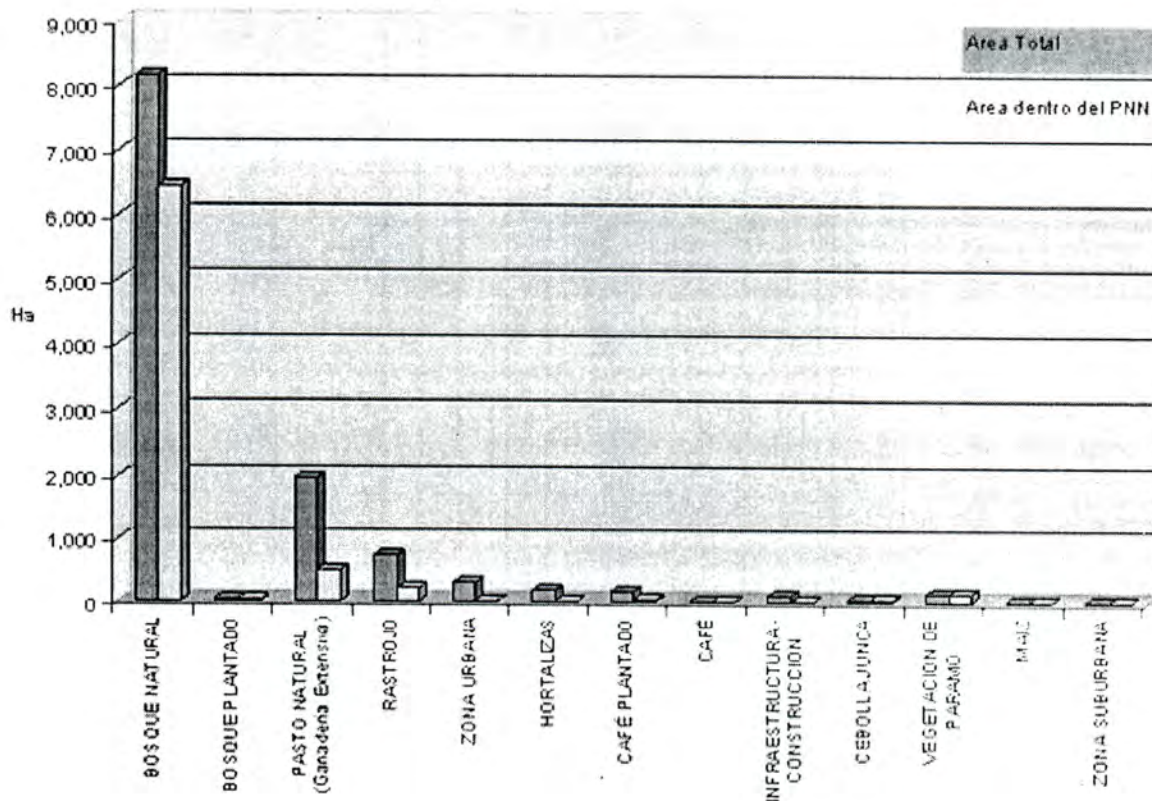


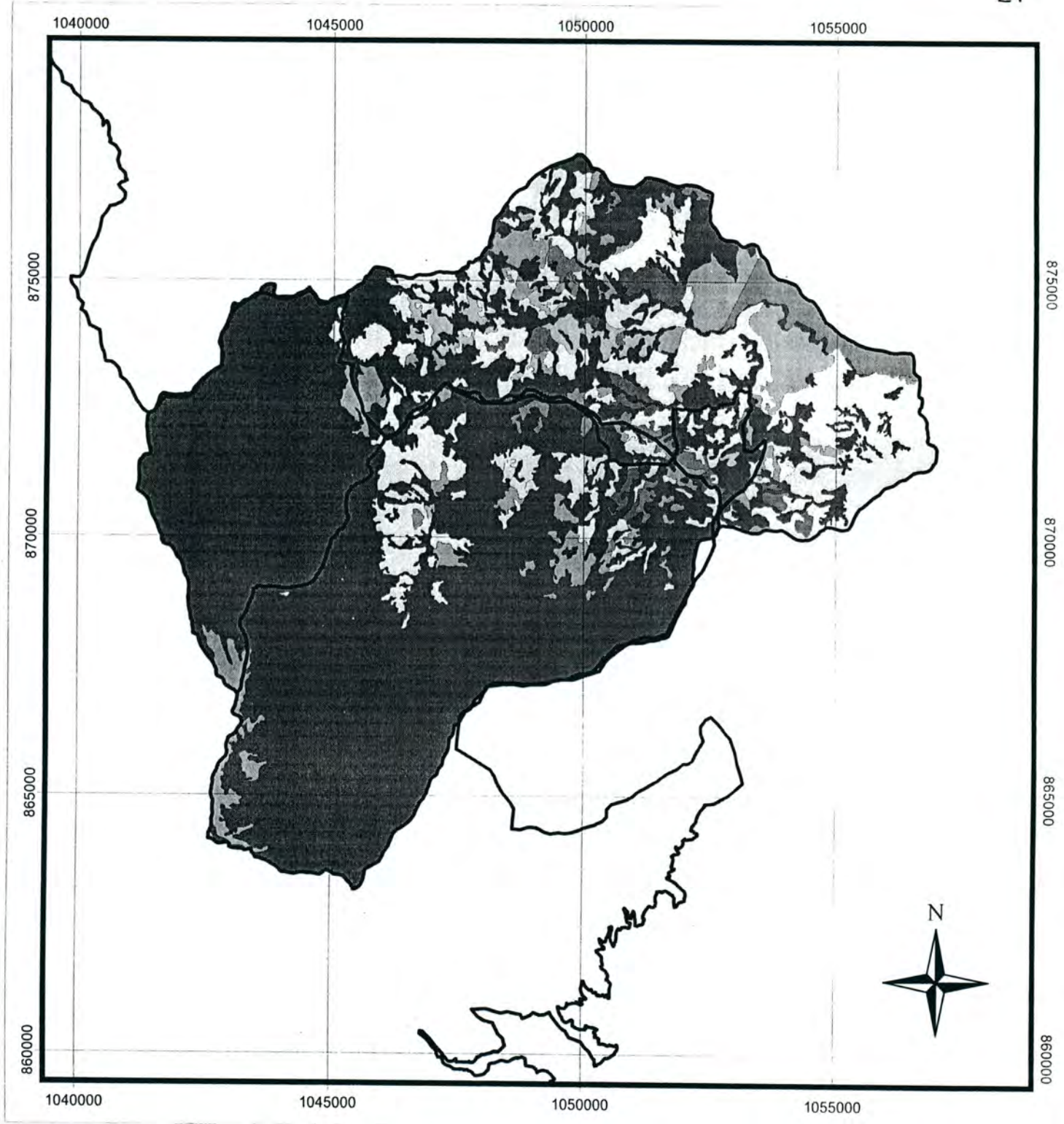
-  RioCaliPichinde
-  Lindero PNN Farallones
-  Cuenca Cali Pichinde

El mapa de Uso actual del suelo (Cobertura) se obtuvo a partir de fuente CVC, y presenta la siguiente distribución tanto para el total de la cuenca como para el área dentro del PNN Farallones.

Cobertura - Uso	Área Total Ha	Porcentaje	Área dentro del Parque Ha	Porcentaje
BOSQUE NATURAL	8,175.1757	68.58%	6,453.2098	86.46%
BOSQUE PLANTADO	51.9636	0.44%	38.7128	0.52%
PASTO NATURAL (Ganadería Extensiva)	1,980.0472	16.61%	513.0179	6.87%
RASTROJO	743.9516	6.24%	215.3415	2.89%
ZONA URBANA	301.4319	2.53%	16.1730	0.22%
HORTALIZAS	182.9869	1.54%	3.3890	0.05%
CAFÉ PLANTADO	172.3960	1.45%	33.7713	0.45%
CAFÉ	12.2202	0.10%	3.4060	0.05%
INFRAESTRUCTURA - CONSTRUCCION DISPERA	103.9399	0.87%	5.5073	0.07%
CEBOLLA JUNCA	39.5489	0.33%	39.5489	0.53%
VEGETACION DE PARAMO	141.5929	1.19%	141.5929	1.90%
MAIZ	11.5763	0.10%	0.0000	0.00%
ZONA SUBURBANA	3.4531	0.03%	0.0000	0.00%
TOTAL	11,920.2842	100.00%	7,463.6704	100.00%

DISTRIBUCION DEL USO - COBERTURA

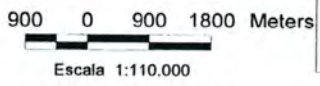




MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO -
 COBERTURA VEGETAL**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

- | | | |
|-----------------------------|------------------------|--|
| Uso-Cobertura | | |
| BOSQUE NATURAL | VEGETACION DE PARAMO | |
| BOSQUE PLANTADO | ZONA SUBURBANA | |
| CAFE | ZONA URBANA | |
| CAFE PLANTADO | Lindero PNN Farallones | |
| CEBOLLA JUNCA | Cuenca Cali | |
| CONSTRUCCION DISPERSA | | |
| HORTALIZAS | | |
| INFRAESTRUCTURA | | |
| MAIZ | | |
| PASTO NATURAL-GANADERIA EXT | | |
| RASTROJOS | | |

7. RESULTADOS POR COMPONENTE

El avance de los tres componentes del sistema de información para el manejo del recurso hídrico se mide en porcentaje de avance de acuerdo a un indicador que se definió desde el nivel nacional y que hace relación a las etapas o ruta de desarrollo de un SIG.

La siguiente tabla muestra el grado de avance de los tres componentes del sistema:

Sistema	Avance %	Resultado Funcional Concreto (Aplicativo)
1. Balance Hídrico	60	Aplicativo HTML APR de ArcView con las coberturas
2. Concesiones	53	Aplicativo Access para caracterización de captaciones
3. Nacimientos	20	El avance corresponde a la gestión realizada con FINVIVIR para el intercambio de información, ya que esta fundación ha desarrollado un Aplicativo ArcGis en este tema.

El indicador de la ruta de desarrollo de un SIG sobre el cual se miden los niveles de avance es el siguiente:

Etapas	Peso Relativo %
1) Modelo Conceptual	20
2) Modelo Entidad-Relación	15
3) Acopio de Información	10
4) Aplicativos automatizados	10
5) Alimentación de Información	10
6) Transferencia Tecnológica	20
7) Ajuste Prototipos	15
TOTAL	100

7.1 COMPONENTE BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO CALI

Como se describió en el capítulo de marco conceptual, el balance hídrico representa el intercambio y transferencia de agua dentro de una cuenca en un tiempo determinado y se describe mediante la siguiente ecuación:

$$P = Q + E + \Delta S$$

Donde:

- P: Precipitación
- E: Evapotranspiración
- ΔS : Retención de humedad en el suelo
- Q: Escorrentía superficial

A continuación se presentaran los resultados del balance hídrico en tres escenarios de uso del suelo: Uso actual, buenos procesos de conservación y escenario de deforestación.

Para los tres escenarios se modelaron las variables Escorrentía, Evapotranspiración real afectada por cobertura y Retención de humedad del suelo; mientras que la variable precipitación se modelo solo para el escenario de uso actual y se mantuvo constante para los otros escenarios, en este sentido los resultados del modelo deben verse como tendencias en el comportamiento de Q, E y ΔS en la regulación de la precipitación a partir de diversos usos del suelo.

7.1.1 ESCENARIO USO ACTUAL DEL SUELO

A continuación se presenta el método de cálculo y resultados de cada variable del modelo, donde el mapa y distribución de uso actual del suelo requerido para el cálculo de alguna de ellas se presento en el capítulo anterior

7.1.1.1 Precipitación

Unidad de medida: Milímetros.

7.1.1.1 Fuente y periodicidad de los datos

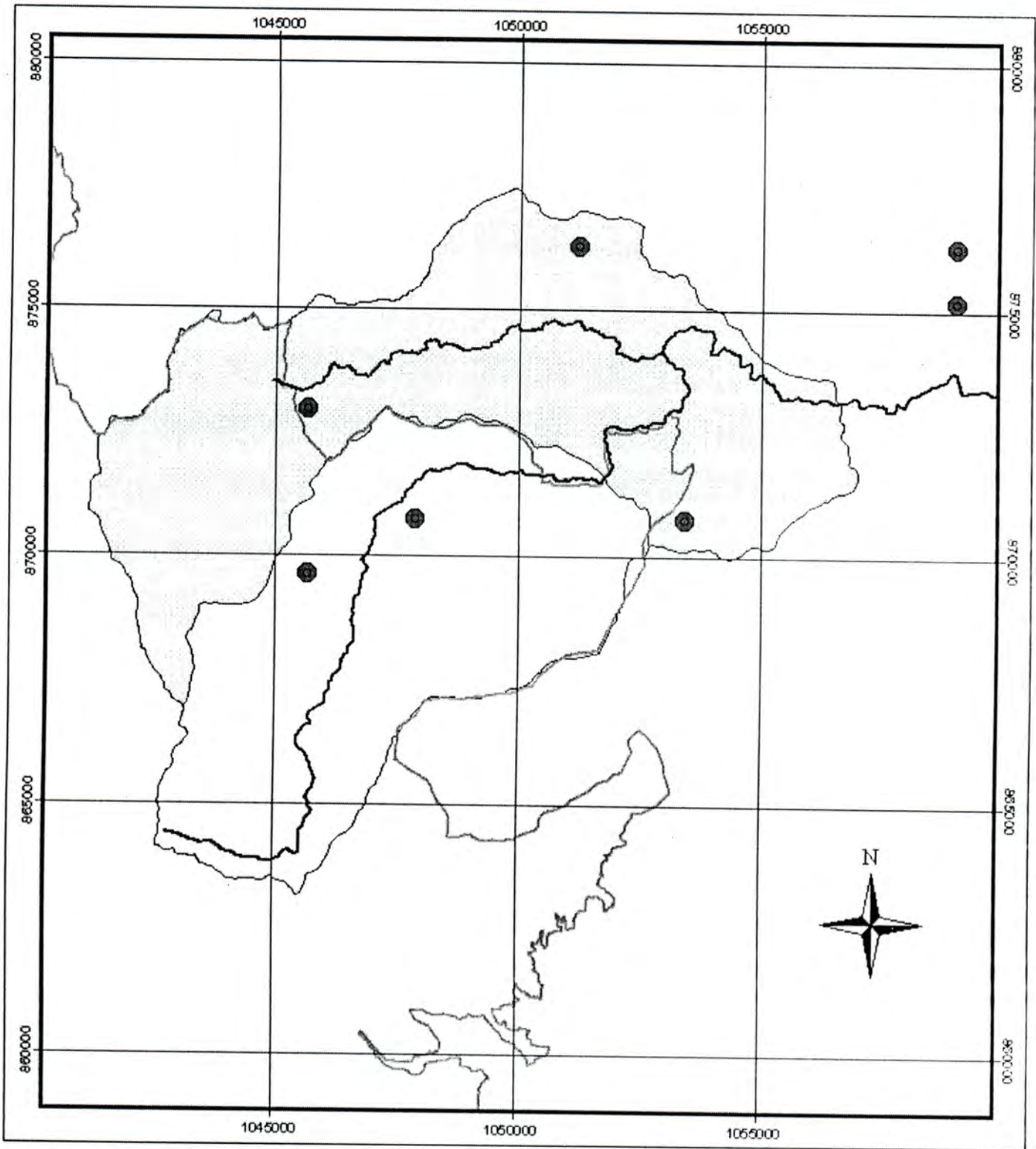
Los datos de la precipitación para el caso de la cuenca del río Cali se obtuvieron de la CVC a partir de la información de las estaciones Pluviométricas y Climáticas que se citan a continuación


Estación	Categoría	Latitud Decimal	Longitud Decimal	Altura (mts)	PROMEDIOS MENSUALES MULTIANUALES (Periodo 1982 -- 2002)												Promedio Anual Multianual
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JULc	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Aguacatal	PG	3.48	-76.62	1649	65.67	75.33	96.95	174.52	141.67	89.86	66.95	54.57	107.29	133.10	125.05	74.04	100.42
Brasilia	PG	3.43	-76.65	1864	81.19	106.71	136.33	181.38	175.43	112.67	56.43	68.00	117.29	139.95	137.86	91.05	117.02
Colegio San Luis	PG	3.47	-76.55	1053	82.57	77.62	113.71	155.33	130.00	72.90	39.00	34.05	94.86	132.05	125.48	83.38	95.08
La Teresita	CO	3.45	-76.67	1950	113.29	134.24	149.48	212.95	208.98	139.12	78.83	85.93	148.90	189.08	176.24	113.57	145.88
Montebello	PM	3.48	-76.55	1260	86.24	80.29	116.05	170.48	149.57	87.95	49.00	47.43	110.57	133.19	139.00	75.86	103.80
Peñas Blancas	PG	3.42	-76.67	2158	148.38	166.86	199.81	260.81	265.05	169.48	94.67	77.00	168.95	218.33	195.86	133.48	174.89
Villa Aracelly	PG	3.52	-76.62	2040	72.62	83.10	134.62	166.14	157.29	93.33	60.38	54.33	120.24	151.99	148.62	114.29	113.08
Yanaconas	PM	3.43	-76.60	1730	122.48	118.71	147.00	214.48	204.05	129.10	64.48	63.76	134.57	196.14	168.05	126.95	140.81

La información proporcionada por la CVC correspondió a los promedios mensuales de cada estación desde que iniciaron operación; y el periodo de tiempo homogéneo seleccionado para todas las estaciones, con el fin de generar los promedios mensuales multianuales y mensual anual multianual fue de 21 años desde 1982 al 2002.

La información de precipitación para los meses faltantes se obtuvieron con la media aritmética de ese año.

A continuación se presenta el mapa de localización de las estaciones de precipitación:





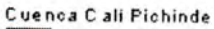
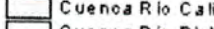
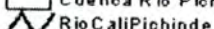


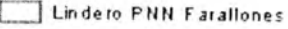
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES


CUENCAS DE LOS RIOS CALI Y PICHINDE

MAPA DE ESTACIONES DE PRECIPITACION
 (Período 1982 - 2002)

Fuente: CVC, UAESPNN, IDAC
 Elaboro: Liza Marisol Romero - SIG

CONVENCIONES

<p>  Cuenca Cali Pichinde  Cuenca Río Cali  Cuenca Río Pichinde  Río Cali Pichinde </p>	<p>  Estacion  Lindero PNN Farallones </p>
--	---



Escala 1:110.000

7.1.1.1.2 Método de representación cartográfica y resultados

Para la cuenca del río Cali se selecciono el método de isoyetas, y el método utilizado fue Regresión Lineal para ajuste por altitud e interpolación.

Como mapas insumo para el cálculo se requirió:

- Modelo Digital de elevación de la cuenca
- Mapa de localización de estaciones de precipitación
- Datos de las estaciones de precipitación

A continuación se describe el proceso de cálculo:

7.1.1.1.2.1 Relación entre Precipitación media anual multianual (mm) con la altura (mts), generando una regresión lineal.

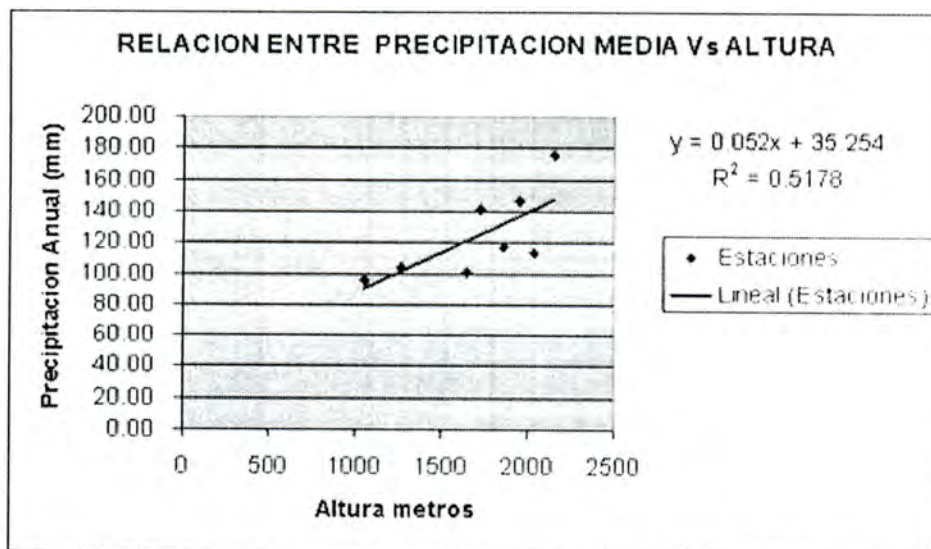
La relación entre la precipitación y la altura se puede apreciar mediante una regresión lineal, la cual puede hallarse utilizando la herramienta Excell como se describe a continuación:

ESTACION	Altura (mts)	Precipitación Promedio Anual Multianual (mm) (1982 – 2002)
Aguacatal	1649	100.42
Brasilia	1864	117.02
Colegio San Luis	1053	95.08
La Teresita	1950	145.88
Montebello	1260	103.80
Peñas Blancas	2158	174.89
Villa Aracelly	2040	113.08
Yanaconas	1730	140.81

Tabla de valores de altura y precipitación promedio de las ocho estaciones localizadas en las cuencas Cali – Pichinde.

A partir de la tabla de valores descrita anteriormente se elabora en excell un gráfico (Dispersión – Comparando pares de valores), relacionando la altura donde están localizadas las estaciones de precipitación (ubicando el dato en el eje X) con la precipitación media anual multianual en mm de cada una de las estaciones (en el eje Y). Una vez obtenido el gráfico se halla la línea de tendencia o regresión tipo lineal con el fin de obtener la ecuación que determina la pendiente. Para ello desde Excel se da click derecho a cualquiera de los puntos (Estaciones) representados en el gráfico y se selecciona la opción agregar línea de tendencia – tipo lineal y en opciones se marcan los recuadros que indican agregar la ecuación y el valor de R cuadrado en el gráfico.

Siguiendo el procedimiento anterior se obtuvo el siguiente gráfico:



El gráfico indica una correlación positiva entre la altura y la precipitación media, a mayor altura mayor precipitación, y viceversa, a medida que decrece la precipitación la altura también.

La ecuación $y = 0.052x + 35.254$, indica que en términos de promedios la precipitación incrementa 5.2 mm cada 100mts. (dónde **0.052** es la pendiente, o sea el incremento de la precipitación en mm cada **x** metros)

7.1.1.1.2.2 Obtención del valor de Variabilidad y mapa respectivo

El valor de variabilidad corresponde a la diferencia entre el valor real de precipitación, es decir, el tomado por la estación y el valor simulado, ósea el calculado a partir de la ecuación de pendiente hallada en la etapa anterior.

La ecuación para determinar el valor de variabilidad es la siguiente:

$$\text{Valor Variabilidad} = \text{Valor Precipitación Estación} - \text{Altura} \cdot 0.052$$

Estación	Altura (mts)	Precipitación Promedio Anual Multianual (mm) de la estación. (Precipitación real)	Prec_Sim: Precipitación Promedio Anual Multianual (mm) simulada por altitud. Teniendo en cuenta la Ecuación = $0.052 \cdot \text{Altura}$	Val_Vari Variabilidad (mm) Diferencia entre la precipitación Real (la de la Estación) y la Simulada
Aguacatal	1649	100.42	85.75	14.67
Brasilia	1864	117.02	96.93	20.09
Colegio San Luis	1053	95.08	54.76	40.32
La Teresita	1950	145.88	101.40	44.48
Montebello	1260	103.80	65.52	38.28
Peñas Blancas	2158	174.89	112.22	62.67
Villa Aracelly	2040	113.08	106.08	7.00
Yanaconas	1730	140.81	89.96	50.85

Tabla de valores de altura y precipitación promedio, precipitación simulada y variabilidad de las ocho estaciones localizadas en la cuenca Cali

Para la generación del mapa del valor de la variabilidad se utiliza el método de interpolación, el cual es un método basado en la estadística y matemática por medio del cual se trata de simular o predecir valores que se desconocen en un área geográfica a partir de algunos puntos conocidos.

Para la interpolación del valor de la variabilidad se utilizaron tres métodos matemáticos diferentes, con el fin de seleccionar el de mejor ajuste.

Los métodos considerados fueron:

- KRIGING: Tipo Ordinary Kriging, método esférico, Lag Interval 800
- SPLINE : Tipo Tensión, Peso 0.1 y No de puntos 6
- SPLINE: Tipo regularized, Peso 0.1 y No de Puntos 4

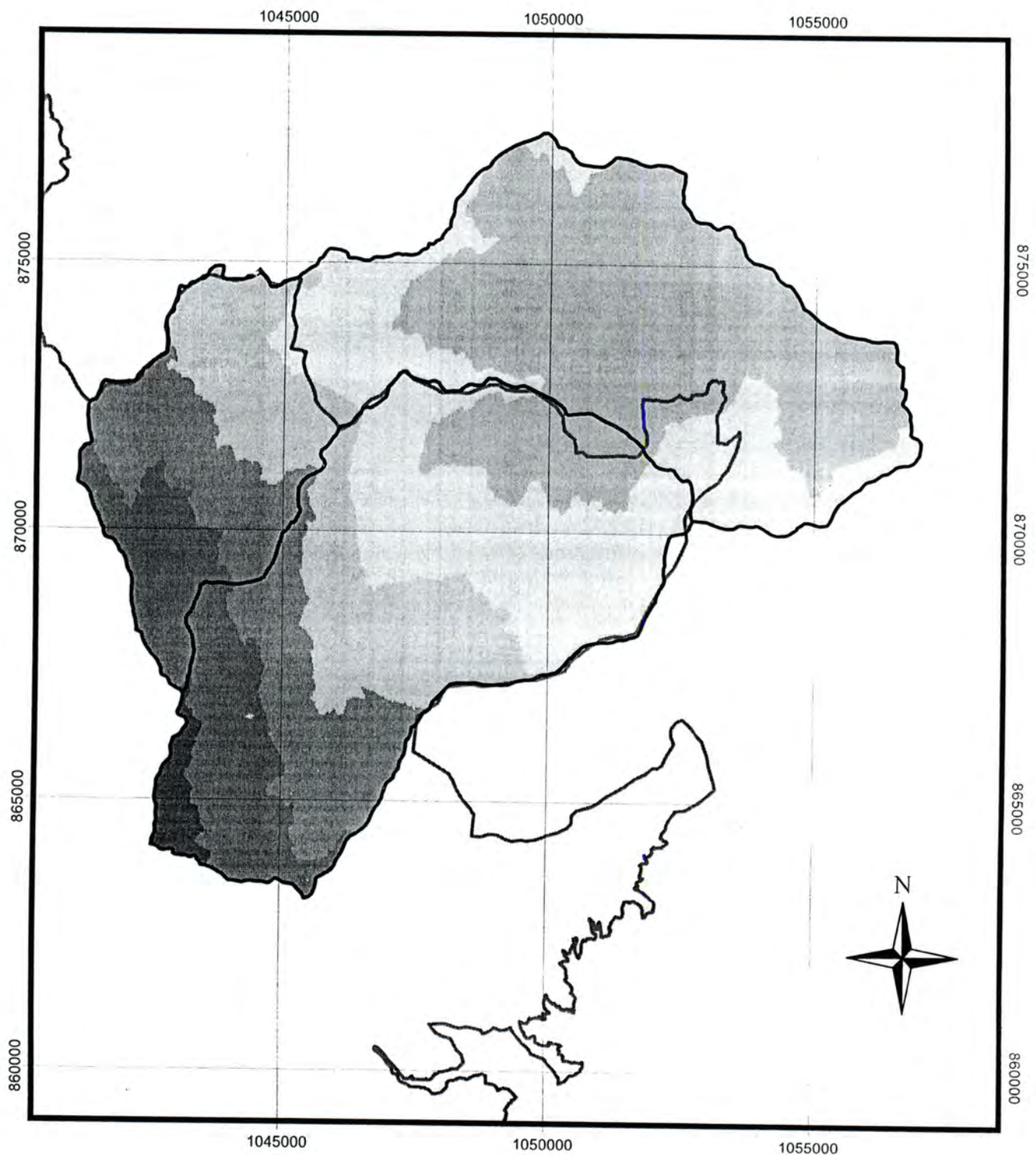
El método seleccionado porque presentó el mayor nivel de confiabilidad fue el **SPLINE Tipo Tensión, Peso 0.1 y No de puntos 6**

7.1.1.1.2.3 Generación del mapa de isoyetas partir de la interpolación de la variabilidad y considerando la elevación

El proceso para generar el mapa de isoyetas consistió en realizar la siguiente operación matemática a partir de los valores hallados en numerales anteriores:

Mapa Isoyetas = Mapa de variabilidad interpolado por el método Spline Tensión 6 + (MDE*0.052)

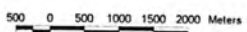
A continuación se presenta el mapa generado:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES

CUENCAS DEL RIO CALI
 MAPA DE ISOYETAS MENSUAL ANUAL MULTIANUAL (Periodo 1982 - 2002)
 METODO SPLINE TIPO TENSION PUNTOS 6

Mapa Isoyetas = Mapa afinado de variabilidad interpolado método SPLINE T6 + (MDE*0.052)
 Promedio :161.667 mm



Escala 1:110.000

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

CONVENCIONES

Prec_spl_t_6 (mm)

	80 - 120
	120 - 160
	160 - 200
	200 - 240

	240 - 280
	280 - 320
	No Data
	Cuenca Cali - Pichinde
	Lindero PNN Farallones

7.1.1.1.2.4 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de Isoyetas se obtiene para la cuenca los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Área	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuenca Cali	161.667	302.261	92.5879
Area del PNN Farallones	188.716	302.261	102.804
Area Fuera del PNN	116.299	234.879	92.5879

La confiabilidad de los datos es del **95.20%**, este valor se obtuvo comparando los datos de las estaciones (datos reales) con los datos arrojados por el modelo (SIG) en los mismos puntos de localización de las estaciones.

También es necesario considerar que debido a que la estación localizada a mayor altura es la de Peñas Blancas ubicada a los 2.158 mts, no se cuentan con datos reales de precipitación a partir de esta altura y hasta los 3.800 mts con los cuales se pueda comparar la información arrojada por el modelo,

7.1.1.2 Temperatura

Unidad de medida: Grados Centígrados

7.1.1.2.1 Fuente y periodicidad de los datos

Los datos de temperatura para el caso de la cuenca del río Cali se obtuvo de la CVC a partir de la información de la estación la Teresita.

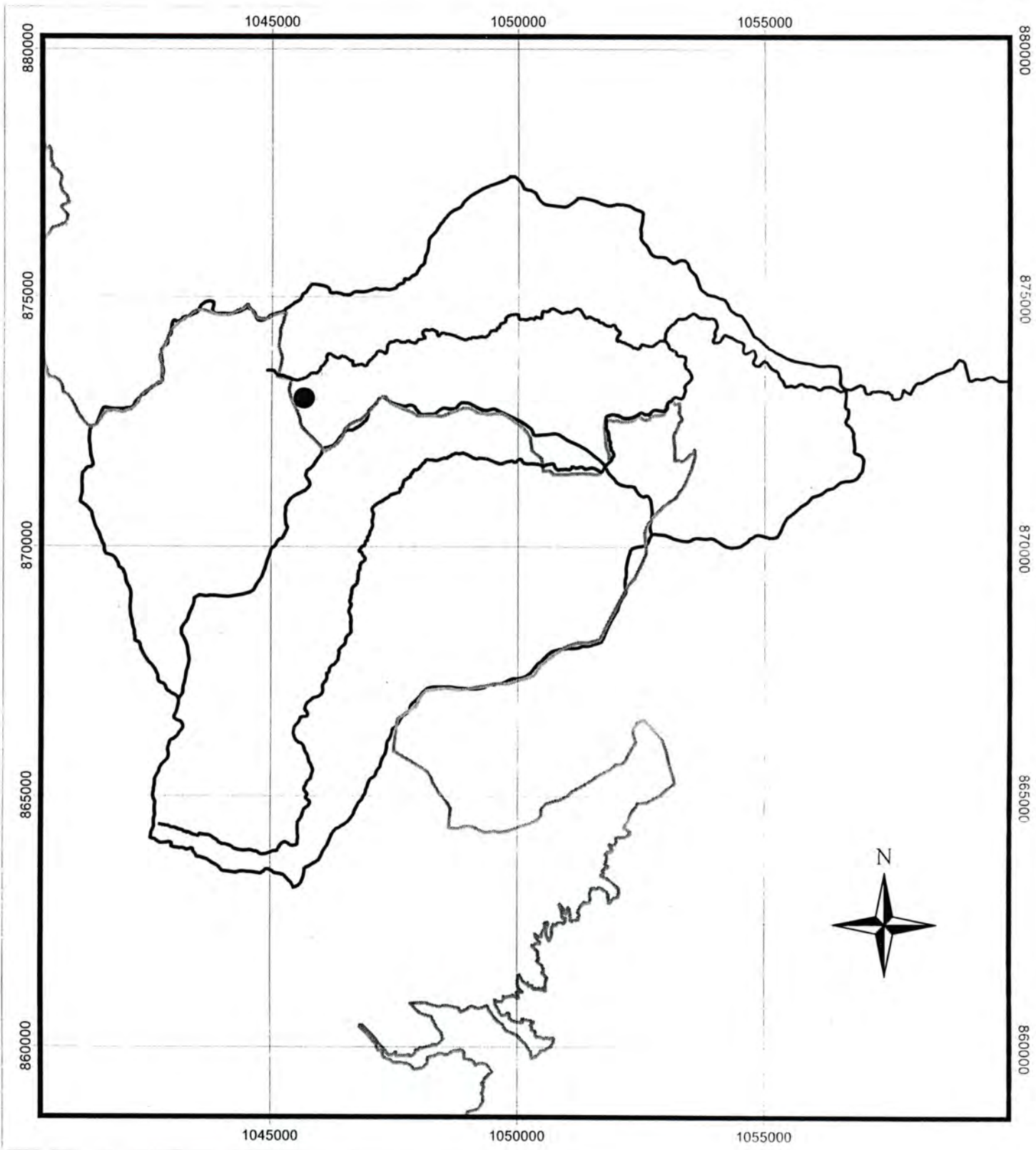
Estación	Categoría	Latitud Decimal	Longitud Decimal	Altura (mts)	TEMPERATURA PROMEDIO MENSUALES MULTIANUALES (Periodo 1989 – 2002)												Promedio Anual Multianual
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
La Teresita	CO	3.45	-76.67	1950	16.52	16.46	16.69	16.75	16.93	16.87	16.81	16.88	16.54	16.31	16.21	16.35	16.61

La información proporcionada por la CVC correspondió los promedios mensuales de temperatura de la estación Teresita desde que inicio operación; y el periodo seleccionado, con el fin de generar los promedios mensuales multianuales y anual multianual fue de 14 años desde 1989 al 2002.

La información de temperatura para los meses faltantes se obtuvieron con la media aritmética del mes multianual.

Para el Valle del Cauca se realizó estudio que determina que la temperatura varía (1) grado centígrado cada 150 mts., este dato fue considerado para la generación del mapa.

A continuación se presenta el mapa la estación de temperatura:

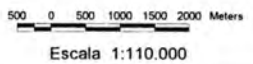


MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES

CUENCAS DEL RIO CALI

MAPA DE LOCALIZACION DE LA ESTACION DE TEMPERATURA
 CON DATOS DE TEMPERATURA ANUAL MULTIANUAL (Periodo 1989 - 2002)

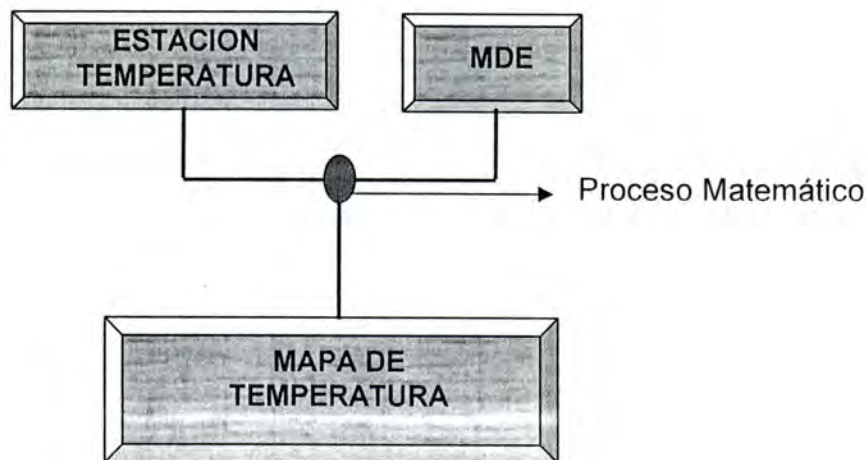
Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

- | | | | |
|--|------------------------|--|---------------------|
| | Rio Cali - Pichinde | | Cuencacalipichinde |
| | Estacion Temperatura | | Cuenca Rio Cali |
| | Lindero PNN Farallones | | Cuenca Rio Pichinde |

7.1.1.2.2 Método de representación cartográfica y resultados



La forma de representación cartográfica de la temperatura media, ya sea a nivel anual o mensual es a través de isotermas considerando la elevación.

Debido a que solo se cuenta con:

- . Una estación con datos de temperatura (Promedio anual multianual), y
- La información del estudio para el Valle del Cauca que señala que la variación de la temperatura es de 1 grado centígrado cada 150 mts.

El método cartográfico consiste en determinar ecuación de la pendiente con los datos anteriores, y aplicarla a modelo de elevación digital.

En otras palabras, a partir del único punto conocido de promedio anual multianual (16.61) que es la estación teresita ubicada a los 1950mts de altura se aumenta un grado centígrado la temperatura cada que disminuya la altitud en 150 mts y viceversa disminuir 1 grado a medida que aumente la altitud 150 mts, para lo cual se utiliza el MDE.

A continuación se detalla el procedimiento cartográfico con la utilización de herramientas SIG para la generación del mapa de Isotermas de la cuenca y para las áreas dentro y fuera del parque

7.1.1.2.2.1 Determinación de la ecuación de la pendiente.

ESTACION	Altura (mts)	Temperatura Promedio Anual Multianual (mm) (1989 – 2002)	variación
La Teresita	1950	16.61	1 Grado Centígrado cada 150 mts.

Tabla de valores de altura y temperatura promedio de la estación Teresita.

A partir de la tabla de valores descrita anteriormente y con la ecuación para determinar la pendiente

$$m(A_o - A_i) = T_o - T_i$$

donde,

m = Pendiente

T_o = Temperatura en el punto o

T_i = Temperatura en el punto i

A_o = Altura en el punto o

A_i = Altura en el punto i

Reemplazando en la ecuación por los valores conocidos tenemos:

$$-1/150(A_o - 1950) = (T_o - 16.61)$$

$$(-1/150A_o) + 29.61 = T_o$$

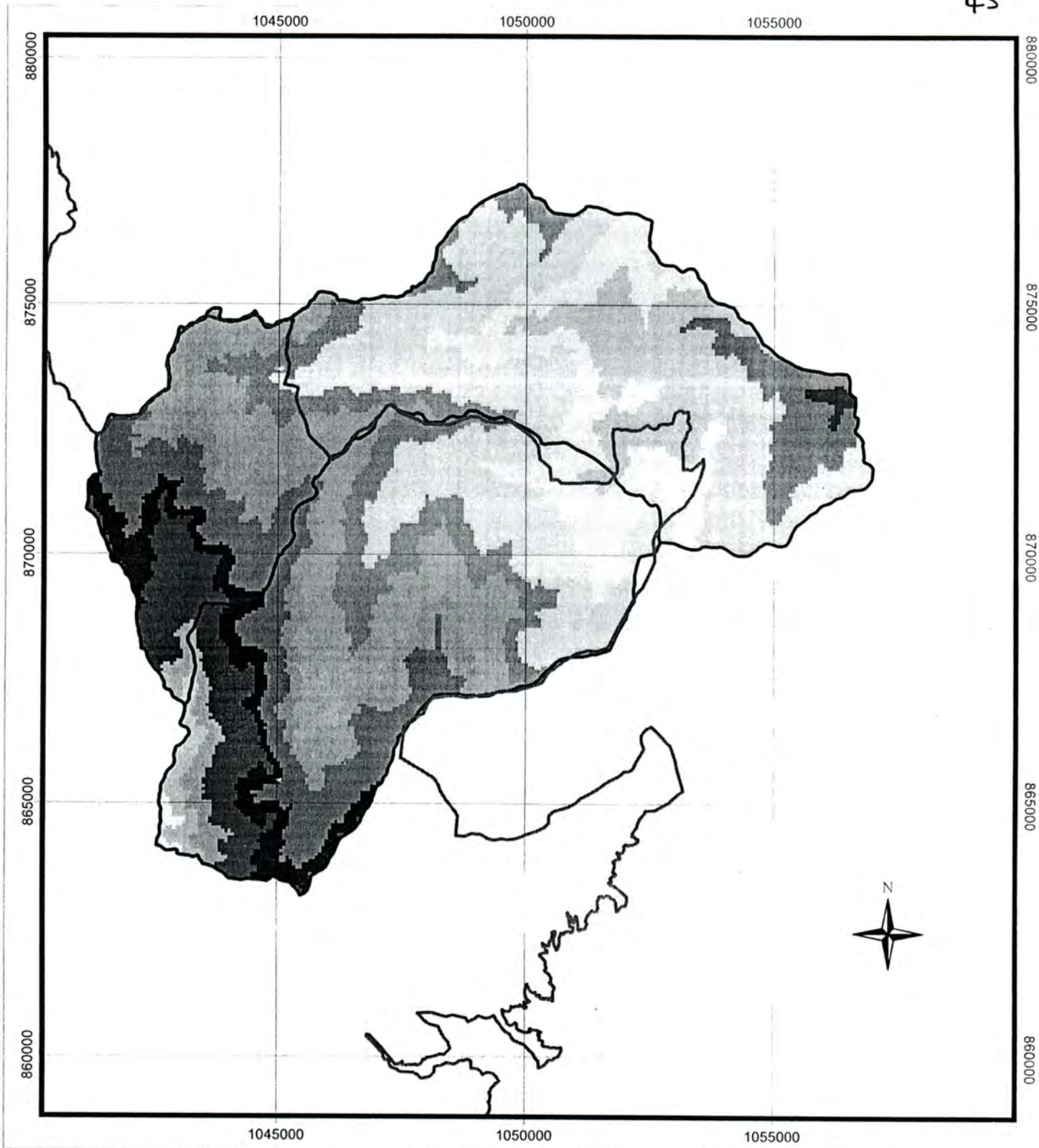
El anterior proceso también se puede realizar desde un gráfico en excell (Dispersión – Comparando pares de valores), simulando valores de temperatura a diferentes alturas teniendo en cuenta la información de variación de un grado centígrado cada 150mts.

7.1.1.2.2 Generación del Mapa de Temperatura (Isotermas)

A partir de la ecuación de la pendiente y utilizando herramienta de software SIG, se reemplaza la variable altura A_o por el modelo digital de elevación y se efectúa el cálculo de la ecuación a nivel cartográfico:

$$(-1/150A_o) + 29.61 = T_o,$$

donde A_o es el MDE.



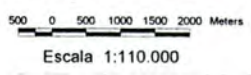
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES

CUENCA DEL RIO CALI

MAPA DE ISOTERMAS ANUAL MULTIANUAL
 (Periodo 1989 - 2002)

Promedio: 15.0383 Grados Centigrados

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



Temperatura (Grad Cent)

- 4 - 5
- 5 - 6
- 6 - 7
- 7 - 8
- 8 - 9
- 9 - 10
- 10 - 11
- 11 - 12
- 12 - 13
- 13 - 14
- 14 - 15
- 15 - 16
- 16 - 17
- 17 - 18
- 18 - 19
- 19 - 20
- 20 - 21
- 21 - 22
- 22 - 23
- No Data

CONVENCIONES

- Lindero PNN Farallones
- Cuenca Cali Pichinde

7.1.1.2.2.3 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de Temperatura (Isotermas) se obtiene para la cuenca los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio °C	Máximo °C	Mínimo °C
Cuenca Cali	15.0383	22.2767	4.2766
Area del PNN Farallones	13.0161	20.2767	4.2766
Area Fuera del PNN	18.4416	22.2767	10.6509

La confiabilidad de los datos es del **92.59%**, este valor se obtuvo comparando los datos de la única estación con información de temperatura (dato real) con el dato arrojado por el modelo (SIG) en el mismo punto de localización de la estación.

7.1.1.3 Evapotranspiración Real

La definición de esta variable hidrológica se puede apreciar en el capítulo de marco conceptual.

Unidad de medida: Milímetros (mm)

7.1.1.3.1 Método de Cálculo de la ETR (Método Turc)

Para el cálculo de la ETR se utiliza la fórmula de TURC, puesto que se adecua a cuencas con poca información, está en función de la precipitación y un parámetro heliotérmico en función de la temperatura media de la región estudiada.

La fórmula de TURC ajustada permite obtener estimaciones mensuales- anuales que correspondan a un orden de magnitud de la precipitación y a la variación de la temperatura durante el año y de esta manera deducir un valor promedio anual lo más aproximado a la realidad. La fórmula entonces es la siguiente:

$$ETR = P / ((0.9 + P^2 / (L/12)^2)^{1/2})$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real anual en mm

P = Precipitación anual en mm

L = Parámetro heliotérmico expresado como:

$$L = 25 + 25T + 0.05T$$

T = Temperatura media anual en °C

7.1.1.3.2 Evapotranspiración real afectada por cultivo o especie vegetal y método de cálculo

Es el consumo hídrico de cada especie, según su ciclo vegetativo. Se calcula a partir de la evapotranspiración de referencia (ETR), multiplicándola por el coeficiente de cultivo KC

(Necesidad de agua del cultivo) que depende de la especie vegetal y de su relación ponderada de área

Para la obtención de la ETR afectada (ETRa) por la cobertura vegetal se multiplica el resultado de ETR obtenida del método Turc por el coeficiente de cultivo (kc) que depende de cada especie vegetal o uso del suelo y de su relación ponderada de área

Por lo tanto:

$$ETRa = kc * ETR * \% \text{ Ponderado de Área}$$

Donde:

ETRa: Evapotranspiración Real afectada (mm)

Kc: Coeficiente de cultivo (decimal)

ETR: Evapotranspiración Real (mm)

Los valores de KC utilizados en el desarrollo del presente modelo son:

Uso del Suelo	KC
Bosque Natural	0.75
Bosque Plantado	0.75
Vegetación de páramo	1.00
Rastrojo Balo	0.60
Rastrojo alto	0.60
Café	0.60
Pasto natural	1.00
Pajonales	1.00
Hortalizas	0.90

Fuente: Efecto de la cobertura vegetal en la respuesta hidrológica de cuencas hidrográficas. Montoya Ramírez Hernán, Díaz Granados Mario. CVC.

7.1.1.3.3 Fuente y Periodicidad de los datos

Debido a que la Evapotranspiración según TURC esta en función de la precipitación y la temperatura; la fuente y periodicidad de estos datos ya han sido descritos en otros numerales de este documento, sin embargo para resumir, los datos de precipitación se obtuvieron de ocho estaciones Pluviométricas y Climáticas de CVC: Aguacatal, Brasilia, Colegio San Luis, La Teresita, Montebello, Peñas Blancas, Villa Aracelly, Yanaconas

La información proporcionada por la CVC correspondió a los promedios mensuales de cada estación desde que iniciaron operación; y el periodo de tiempo homogéneo seleccionado para todas las estaciones, con el fin de generar los promedios mensuales multianuales y mensual anual multianual fue de 21 años desde 1982 al 2002.

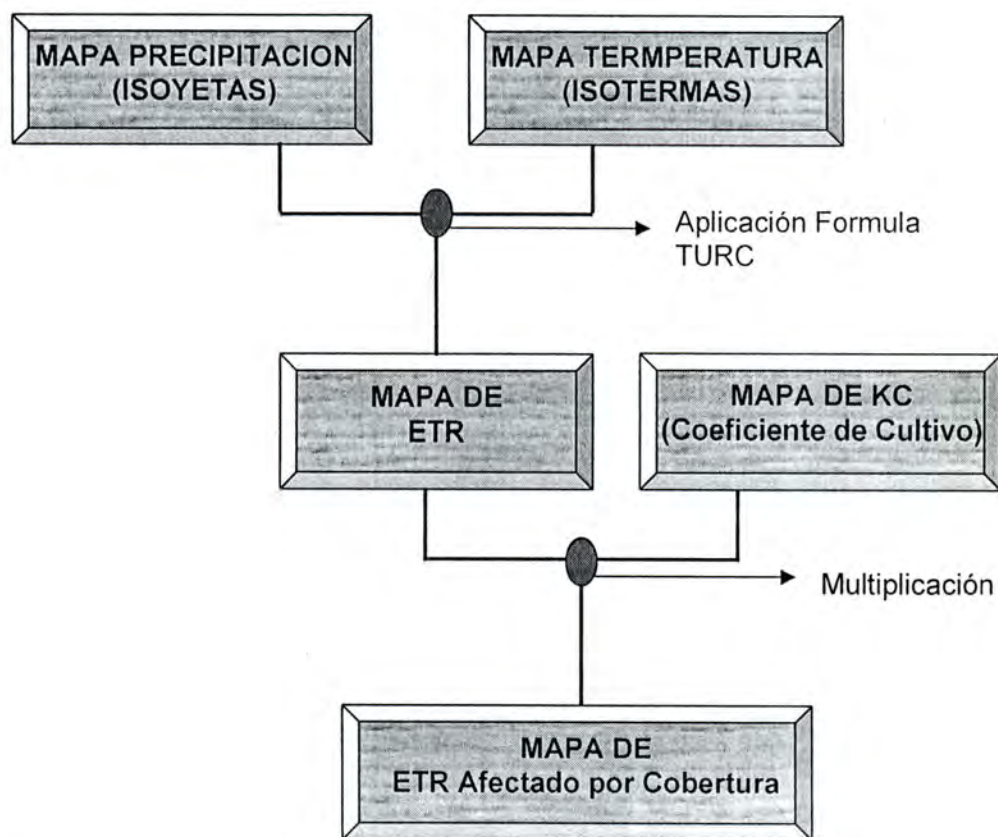
La información de precipitación para los meses faltantes se obtuvo con la media aritmética de ese año.

Los datos de temperatura para el caso de la cuenca del río Cali se obtuvo de la CVC a partir de la información de la estación la Teresita. La información proporcionada por la

CVC correspondió los promedios mensuales de temperatura de la estación Teresita desde que inicio operación; y el periodo seleccionado, con el fin de generar los promedios mensuales multianuales y mensual anual fue de 14 años desde 1989 al 2002.

La información de temperatura para los meses faltantes se obtuvo con la media aritmética del mes multianual.

7.1.1.3.4 Método de representación Cartográfica y Resultados

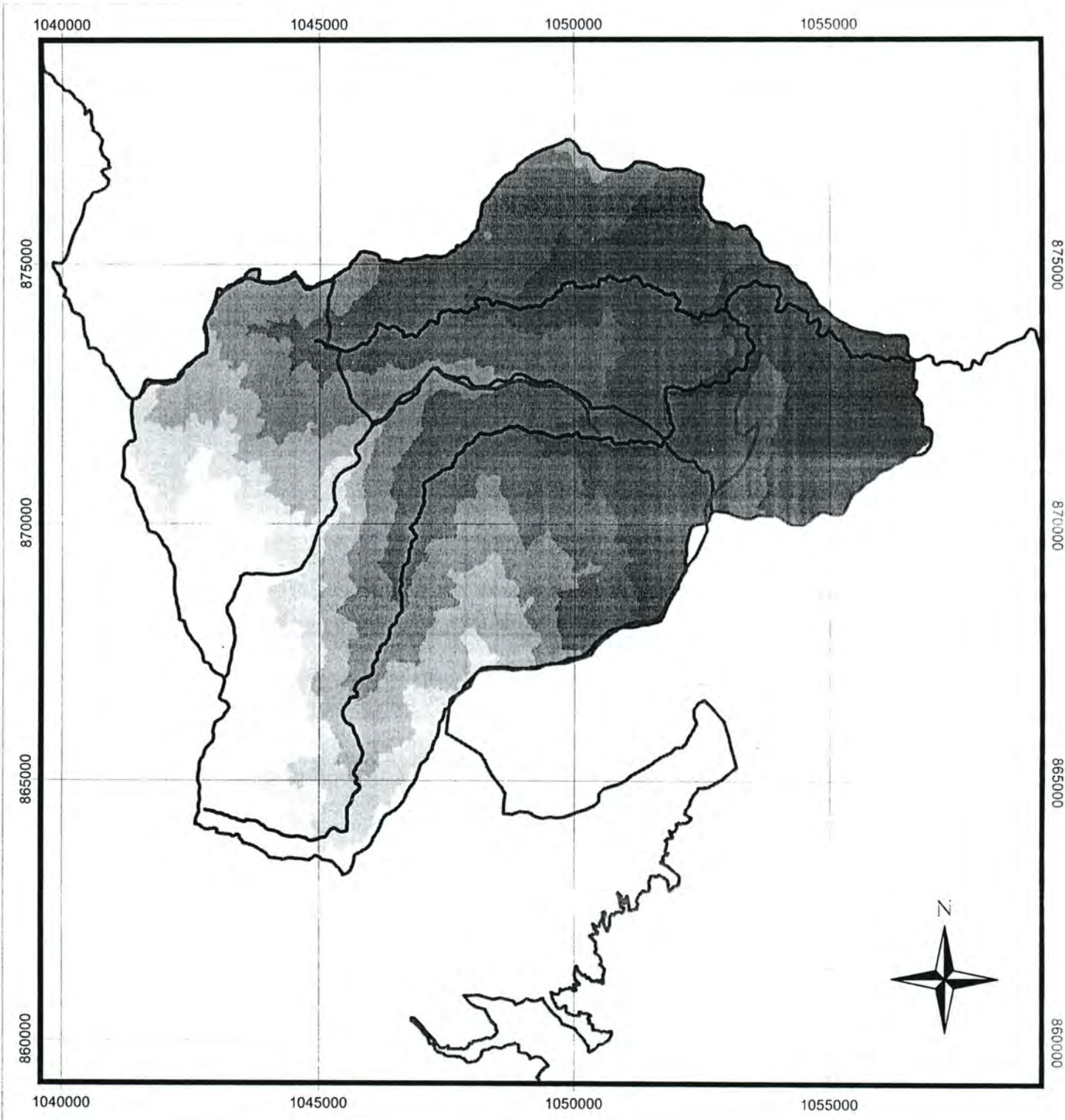


7.1.1.3.4.1 Obtención del mapa de ETR según Turc

La representación cartográfica de la ETR según TURC, se obtuvo a partir de:

- Obtención del mapa de isoyetas (Descrito en otro numeral de este documento)
- Obtención del mapa de temperatura Isotermas (Descrito en otro numeral de este documento)
- Aplicación de la formula de TURC, utilizando software de SIG, reemplazando las variables de precipitación y temperatura por los mapas respectivos

Para finalmente obtener el siguiente mapa de ETR por método Turc:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION REAL
 PROMEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL
 (Periodo 1982 - 2002)
 METODO TURC - SIN AJUSTE DE Kc
 Promedio de ETR= 32.2561 mm**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elabora: Lina Marisol Romero - SIG

500 0 500 1000 1500 2000 Meters

Escala 1:110.000

ETR (mm)

- 11.004 - 14.722
- 14.722 - 18.439
- 18.439 - 22.156
- 22.156 - 25.873

CONVENCIONES

- 25.873 - 29.591
- 29.591 - 33.308
- 33.308 - 37.025
- 37.025 - 40.743
- 40.743 - 44.46

No Data

- RioCaliPichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuenca Cali

7.1.1.3.4.2 Generación de los mapas de KC y de Evapotranspiración Real Afectada por Cultivo

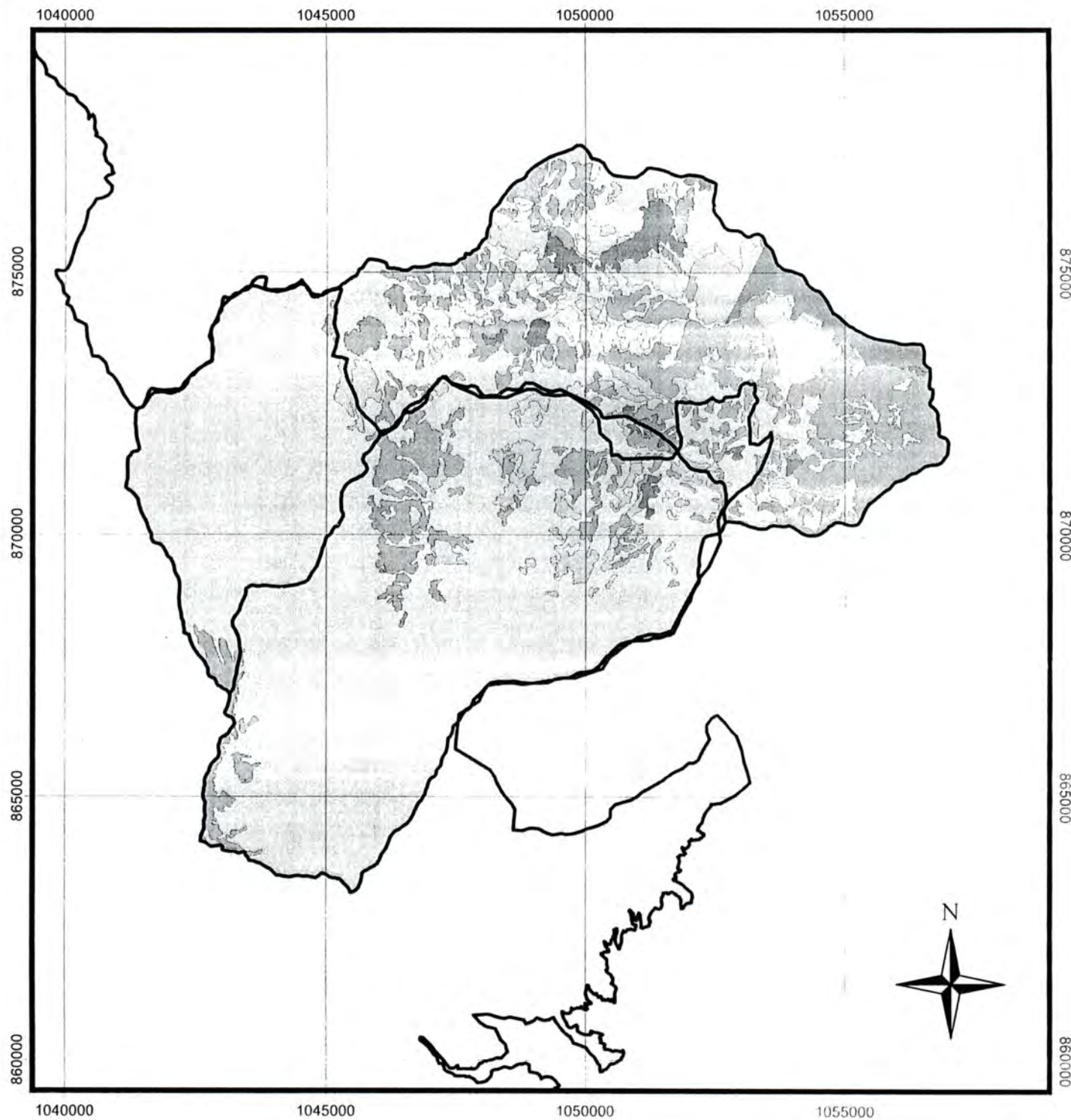
Para la generación del mapa de KC (Coeficiente de necesidades de agua en los cultivos), se utilizó el mapa de uso actual del suelo agrupando las coberturas de Construcción dispersa, Infraestructura, Zona Urbana, Zona SubUrbana en una sola denominada Zona Urbana y/o infraestructura; posteriormente y a través de estudios de CVC y el asesor Pedro Burgos de CIAT, se asignaron los coeficientes que se presentan a continuación a cada una de las coberturas

Uso del Suelo	KC
Bosque Natural	0.75
Bosque Plantado	0.75
Vegetación de páramo	1.00
Rastrojo Balo	0.60
Rastrojo alto	0.60
Café Y Café Plantado	0.60
Construcción dispersa, Infraestructura, Zona Urbana, Zona SubUrbana	0.25
Pasto natural	1.00
Pajonales	1.00
Hortalizas	0.90

Fuente: Efecto de la cobertura vegetal en la respuesta hidrológica de cuencas hidrográficas. Montoya Ramírez Hernán, Mario Díaz Granados. CVC.
Asesor CIAT: Pedro Burgos.

A partir de lo anterior se obtuvo el siguiente mapa de KC que se presenta más adelante.

Para la generación del mapa de ETRa (Evapotranspiración Real afectado por cultivo) se multiplica el mapa generado de ETR por el método TURC por el mapa de coeficientes por cultivo KC:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE KC
 NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elabora: Lina Marisol Romero - SIG

500 0 500 1000 1500 2000 Meters

Escala 1:110.000

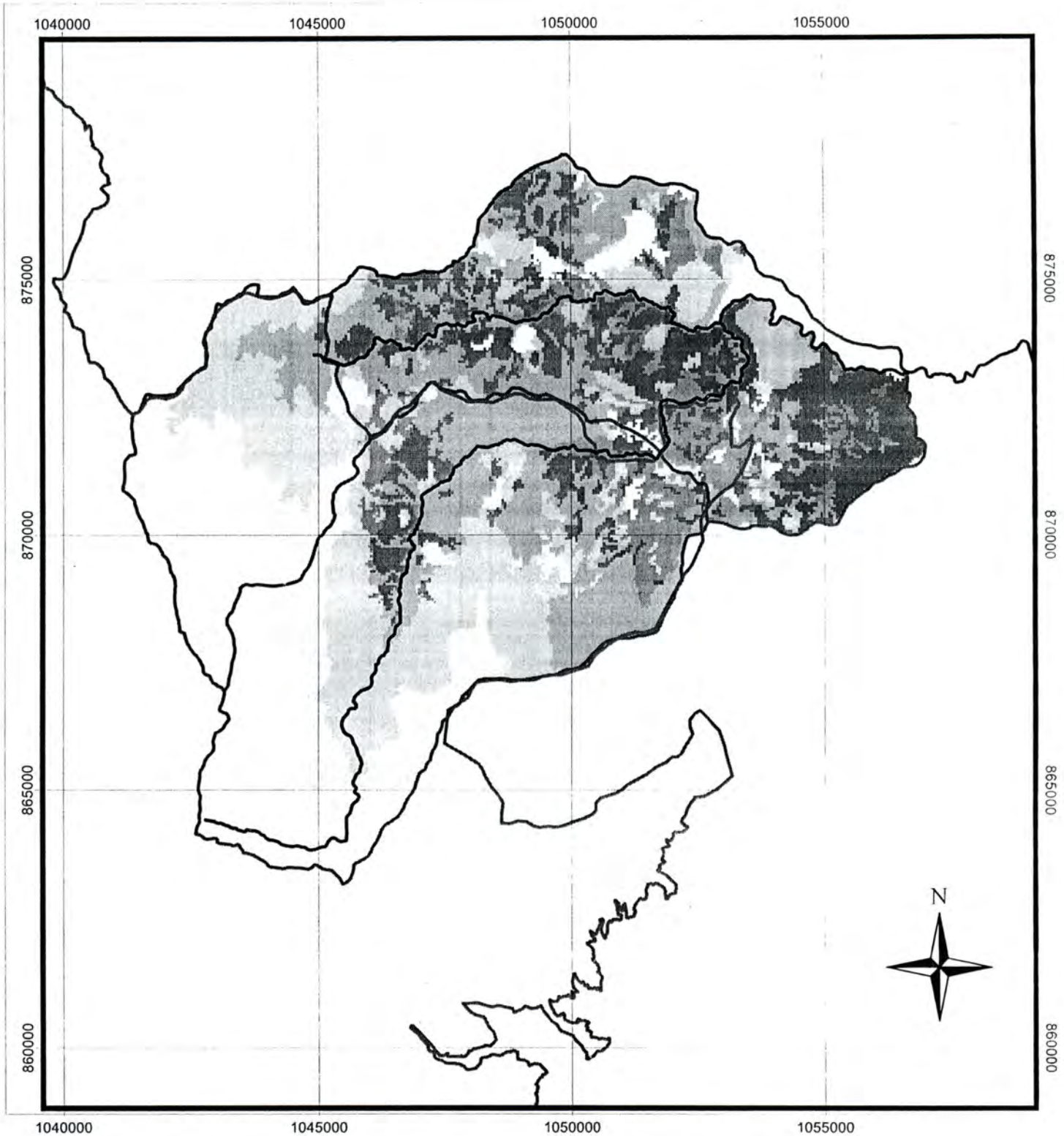
CONVENCIONES

KC

- 0.25
- 0.55

- 0.6
- 0.75
- 0.9
- 1

- Lindero PNN Farallones
- Cuenca Cali



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION REAL
 PROMEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL
 (Periodo 1982 - 2002)
 METODO TURC - CON AJUSTE DE KC
 Promedio de ETR= 24.7437 mm**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

500 0 500 1000 1500 2000 Meters

Escala 1:110.000

CONVENCIONES

Etr_kc1

- 8.253 - 12.275
- 12.275 - 16.296
- 16.296 - 20.318
- 20.318 - 24.34

- 24.34 - 28.361
- 28.361 - 32.383
- 32.383 - 36.405
- 36.405 - 40.426
- 40.426 - 44.448

No Data

- Rio Cali Pichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuenca Cali

7.1.1.3.4.3 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de ETR afectado por cultivo se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Área	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuencas Cali	24.7437	44.4477	8.25319
Área dentro del PNN Farallones	21.9124	41.5269	8.25319
Área Fuera del PNN	29.5631	44.4477	8.8915

7.1.1.4 Escorrentía

Unidad de Medida: Para caudal: m³/seg, Para escorrentía: mm

7.1.1.4.1 Fuente y Periodicidad de los datos

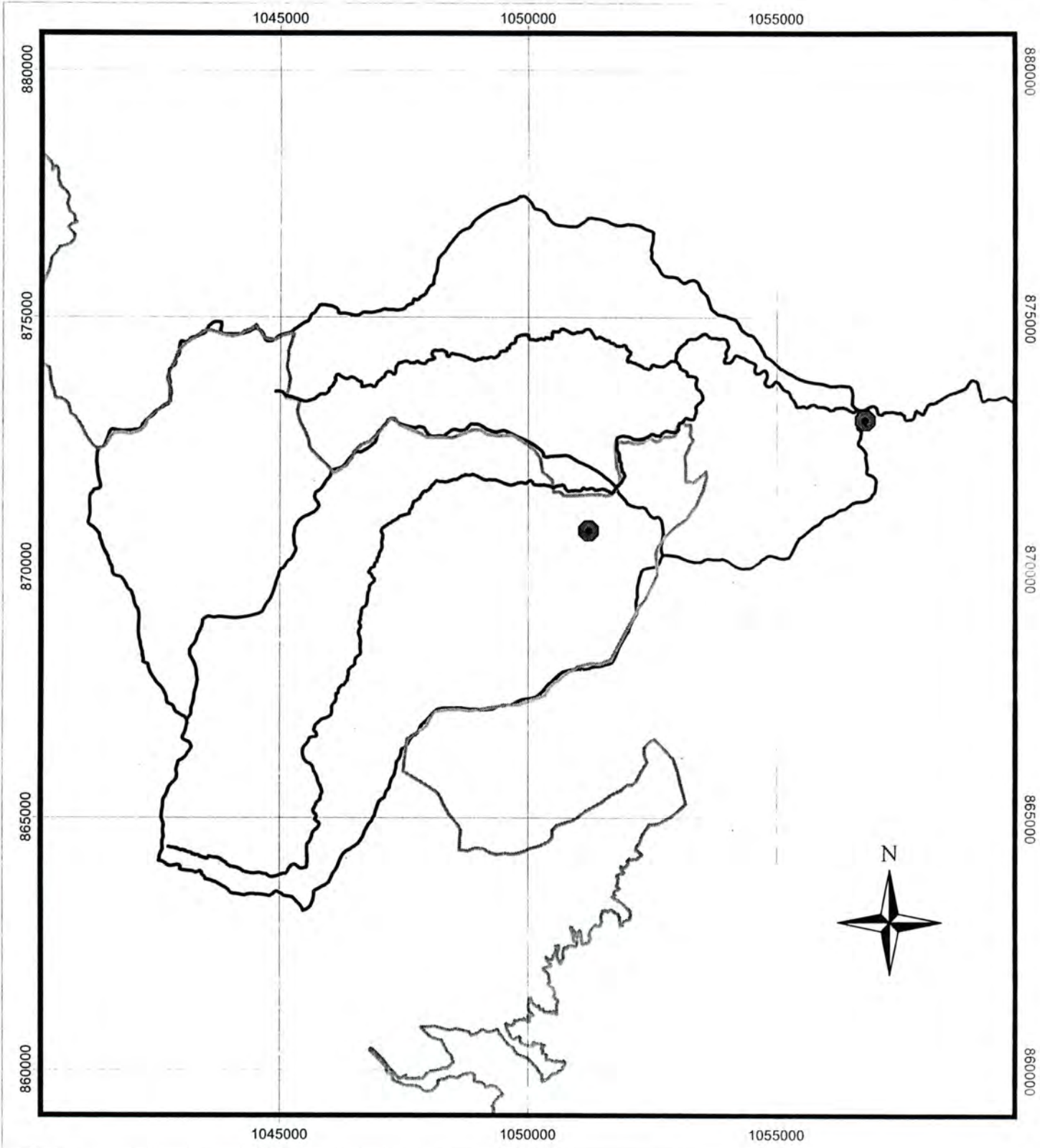
La variable escorrentía fue modelada a partir de la metodología curva número establecido por el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU, la cual simula los datos de escorrentía a partir de información de precipitación, suelo y la cobertura vegetal.

Los datos simulados fueron comparados con el promedio mensual – anual de estaciones de caudal, los cuales para el caso de la cuenca del río Cali se obtuvieron de la CVC a partir de la información de las estaciones limnimétricas Pichinde y Bocatoma

Estación	Latitud Decimal	Longitud Decimal	Altura	PROMEDIOS MENSUALES MULTIANUALES m ³ /seg. Periodo de 1982 al 2002												Prom Mensual Annual
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Bocatoma	3.45	-76.57	997	3.56	3.45	3.69	4.88	5.85	4.91	2.64	1.53	2.24	3.52	4.62	3.91	3.73
Pichinde	3.43	-76.62	1540	2.15	2.21	2.30	3.11	3.48	2.66	1.66	1.39	1.51	2.64	2.48	2.26	2.32

La información proporcionada por la CVC correspondió los promedios mensuales de caudal de cada estación desde que iniciaron operación; y el periodo seleccionado, con el fin de generar los promedios mensuales multianuales y mensual anual multianual de forma homogénea fue de 21 años desde 1982 al 2002.

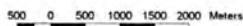
La información de caudal para los meses faltantes se obtuvo con la media aritmética del mes multianual.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES

CUENCA DEL RIO CALI
 MAPA DE LOCALIZACION DE ESTACIONES DE CAUDAL
 DATOS DE CAUDAL MEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL (Periodo 1982 - 2002)
 Promedio mensual anual Estación Bocatoma: 3.73 m³/s

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



Escala 1:110.000

CONVENCIONES

- Estacion Caudal
- Rio Cali - Pichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde
- Cuenca Rio Cali
- Cuenca Rio Pichinde

7.1.1.4.2 Método de cálculo de la escorrentía superficial

El cálculo de esta variable en su estado actual y su posible modelación en diversos escenarios de uso del suelo, se estableció con el método de Curva Número del SCS (Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos), el cual permite modelar la variable escorrentía cambiando el estado y uso de la cobertura vegetal.

La metodología establece que el escurrimiento es determinado por:

- Uso del suelo y/o Cobertura vegetal y sus practicas de manejo
- Grupo Hidrológico de suelos
- Precipitación

Se calcula mediante la ecuación:

$$Q = (P - 0.2*S)^2 / (P + 0.8*S)$$

Donde:

Q: Escorrentía en mm

P: Precipitación diaria en mm

S: Máxima retención en la cuenca en mm

La principal limitación de la ecuación, la constituye la estimación de S, pero en general permite una buena aproximación de Q para cuencas sin datos o para modelamientos por uso del suelo. El valor de S es igual a la capacidad útil de almacenamiento del suelo.

El SCS, luego de analizar gran cantidad de hidrogramas, definió un procedimiento para estimar S en función de la Curva Número (CN), mediante la siguiente ecuación:

$$S = [(2540/CN) - 25.4] * 10$$

El Procedimiento a seguir en una cuenca para definir el Valor de CN es el siguiente:

- i. Definir el grupo hidrológico de suelos clasificándolos en A, B, C ó D de acuerdo a la siguiente tabla:

Grupo hidrológico del suelo	Potencial de escorrentía	Infiltración cuando la tierra está húmeda	Suelos típicos
A	Escaso – bajo	Alta	Arenas y grava excesivamente drenadas
B	Moderado	Moderada	Texturas medias
C	Medio	Lenta	Textura fina o suelos con una capa que impide el drenaje hacia abajo
D	Elevado – Alto	Muy lenta	Suelos de arcillas hinchadas o compactas o suelos poco profundos sobre capas impermeables

Grupo Hidrológico de suelos (de USDA-SCS, 1964)

- ii. Establecer el uso actual del suelo, mediante mapa representativo.
- iii. Definir la clase de práctica o tratamiento sobre el uso del suelo y su condición hidrológica, esto se realiza mediante trabajo de campo, experiencia de los equipos del parque o con aerofotografías.
- iv. En la tabla que se presenta y de acuerdo con las condiciones anotadas anteriormente, se seleccionan los CN para los complejos suelo – cobertura.

Uso cobertura de la tierra	Tratamiento o práctica agrícola	Estado hidrológico	Grupo hidrológico de suelo			
			A	B	C	D
Rastrojo	En surcos rectos	-	77	86	91	94
Cultivos en Hileras	En surcos rectos	Malo	71	81	88	91
	En surcos rectos	Bueno	67	78	85	89
	En curvas de nivel	Malo	70	79	84	88
	En curvas de nivel	Bueno	65	75	82	86
	En terrazas	Malo	66	74	80	82
	En terrazas	Bueno	62	71	78	81
Cereales secundarios	En surcos rectos	Malo	65	76	84	88
	En surcos rectos	Bueno	63	75	83	87
	En curvas de nivel	Malo	63	74	82	85
	En curvas de nivel	Bueno	61	73	81	84
	En terrazas	Malo	61	72	79	82
	En terrazas	Bueno	59	70	78	81
Leguminosas sembradas densas o pradera en rotación	En surcos rectos	Malo	66	77	85	89
	En surcos rectos	Bueno	58	72	81	85
	En curvas de nivel	Malo	64	75	83	85
	En curvas de nivel	Bueno	55	69	78	83
	En terrazas	Malo	63	73	80	83
	En terrazas	Bueno	51	67	76	80
Pastos de pastoreo		Malo	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Bueno	39	61	74	80
	En curvas de nivel	Malo	47	67	81	88
	En curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	En curvas de nivel	Bueno	6	35	70	79
Pastos de corte – Pradera		Bueno	30	58	71	78
Bosques (explotación de parcelas)		Malo	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79

		Bueno	25	55	70	77
Patios		-	59	74	82	86
Caminos de tierra		-	72	82	87	89
Pavimentos			74	84	90	92

Estimación de los números de las curvas de escorrentía (de USDA-SCS, 1964)

El estado hidrológico de la cuenca se califica de bueno, regular o malo, y dentro de estas categorías se pueden efectuar evaluaciones subjetivas. En lo que respecta a las tierras arables, el estado hidrológico indicará si la rotación facilitará las infiltraciones y dará lugar a una buena capacidad de laboreo. Para los pastizales, la evaluación tiene en cuenta la densidad de la cubierta vegetal, clasificándose de "buena" una cubierta de más del 75% y de "mala" una cubierta de menos del 50%. En lo que respecta a los bosques, los criterios son la profundidad de los restos vegetales y del humus, y la compacidad del humus.

v.) Una vez definido los CN para los complejos suelo - cobertura, se calcula el valor de S y luego el valor de Q.

LIMITACIONES

- i) El valor de la precipitación para fórmula de Q, es diaria, sin embargo para efectos del presente balance se ingresó la precipitación media mensual - anual de 21 años.
- ii) El método de curva número es funcional para cuencas con pendientes menores al 7%, para cuencas con pendientes mayores se debe realizar el siguiente ajuste por pendiente:

$$CN_{aj} = [(CN_3 - CN_2)/3] * [1 - 2*EXP(-13.86 * slp)] + CN_2$$

Donde:

CN_{aj} : Es el Número de curva ajustado por pendiente

Slp: corresponde a la pendiente expresada en porcentaje

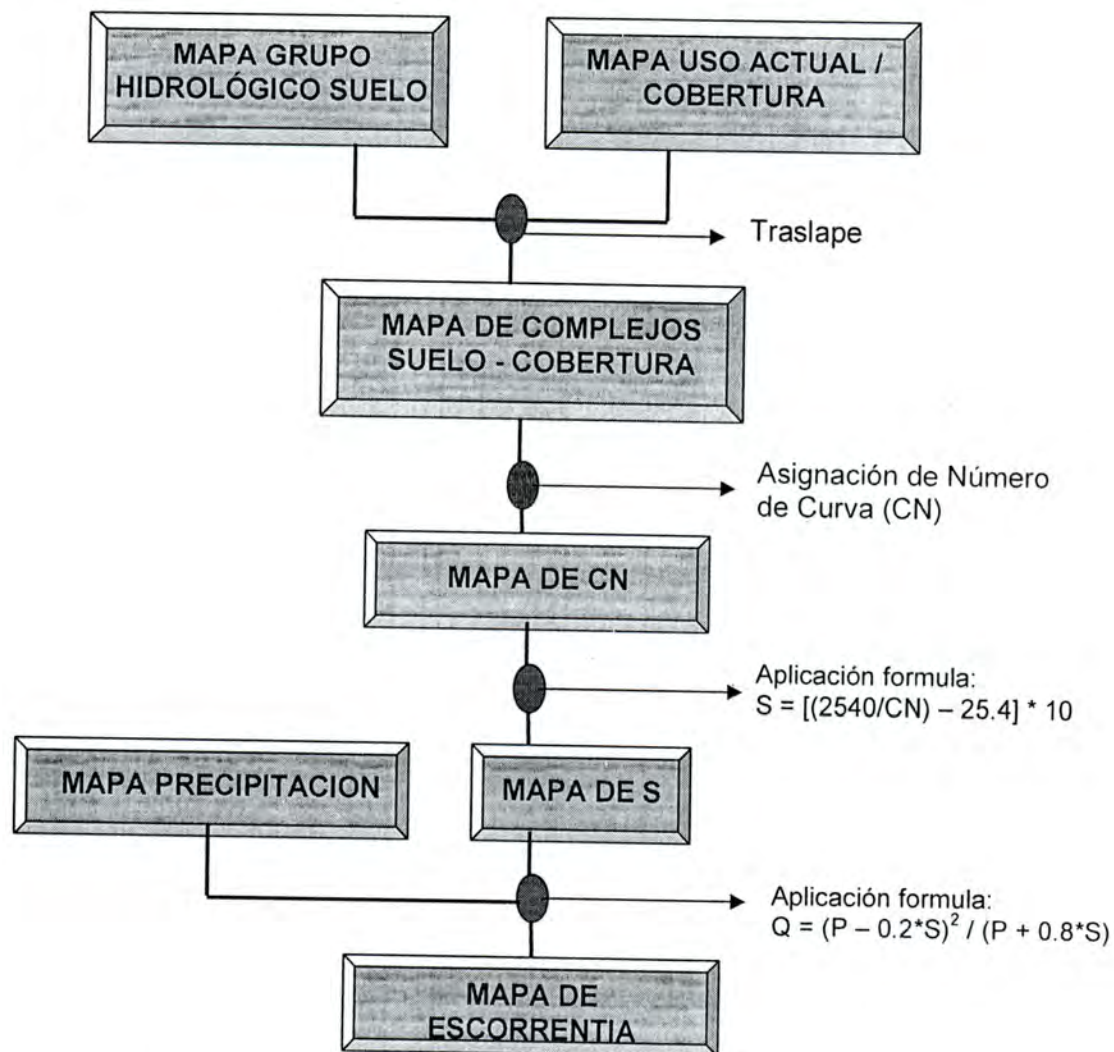
CN_2 = Corresponde al número de curva con condición antecedente 2, y es la misma que se ha denominado en el presente informe como simplemente CN y que se presentó en la anterior tabla

CN_3 = Corresponde al número de curva con condición antecedente 3, y para su determinación existe una tabla que correlaciona el valor de CN_2 con el de CN_3 , o puede hallarse simplemente mediante la aplicación de la siguiente fórmula

$$CN_3 = CN_2 * EXP[0.00673 * (100 - CN_2)]$$

Para el balance de la cuenca del río Cali se realizó ajuste por pendiente pero éste proceso elevó el valor de la escorrentía alejándolo del valor esperado por las mediciones de la estación Bocatoma del río Cali, como se describirá más adelante en el presente documento. Es posible que se deba a dos factores: 1) que el cálculo de la precipitación tuvo en cuenta la altura y 2) por el periodo de tiempo tomado (mensual-anual) ya que el método Curva número fue diseñado para precipitación diaria.

7.1.1.4.3 Método de representación cartográfica y resultados

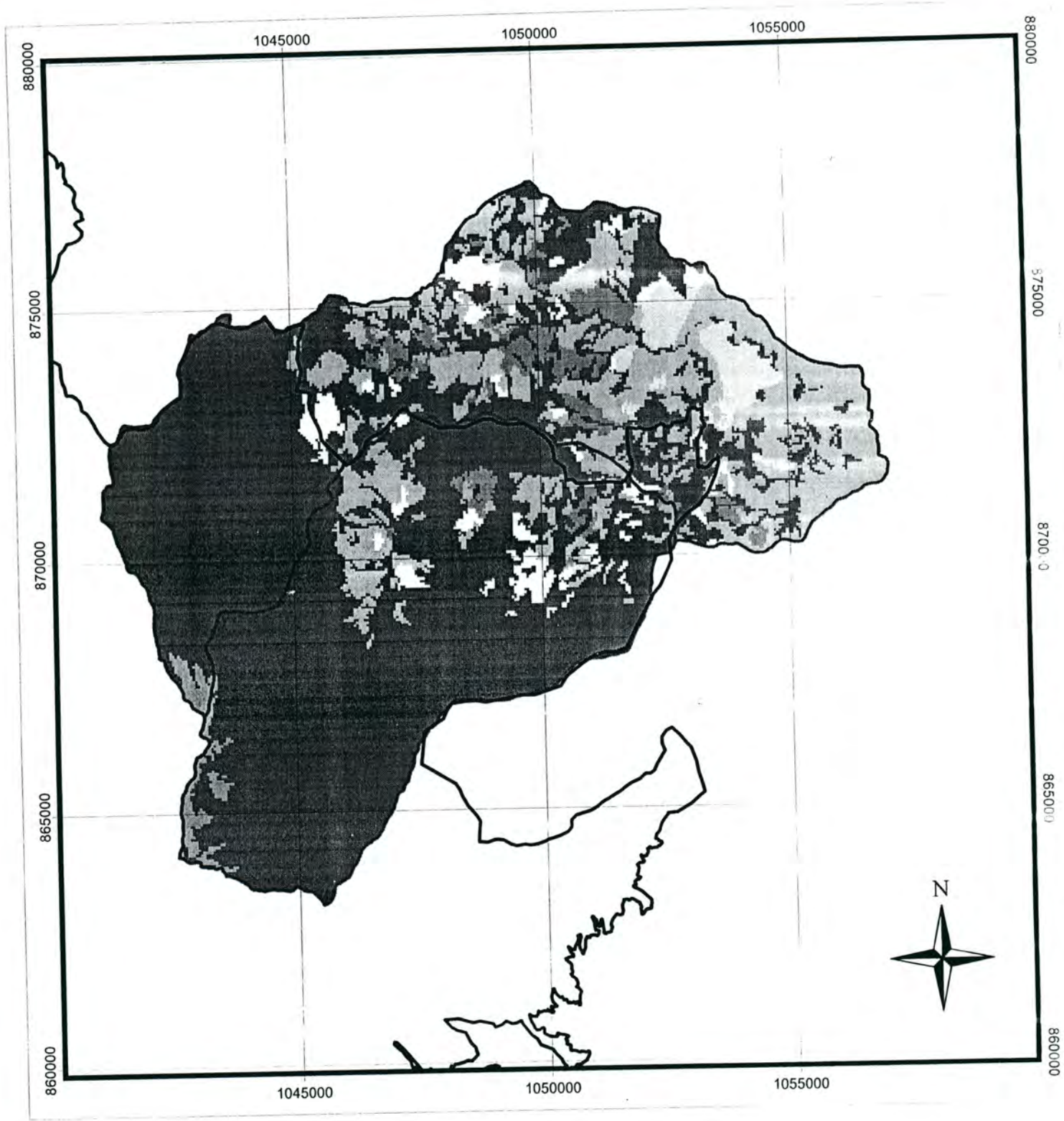


En el proceso de elaboración del mapa de escorrentía se utilizó el método curva número con seis (6) variaciones de parámetros, a continuación se describe el resultado que más se ajustó a los datos de las estaciones y al uso actual del suelo. Y en numeral anexo se describen las otras 5 variaciones generadas.

7.1.1.4.3.1 Reclasificación del mapa de uso actual o cobertura vegetal

El mapa de uso actual de suelo se reclasificó de acuerdo a los parámetros que se aprecian en el cuadro, y básicamente consiste en una reagrupación de usos, esto con el fin de utilizar la cobertura reclasificada para la obtención del mapa de curva número, haciendo semejanzas con los usos planteados en el cuadro "Estimación de los números de las curvas de escorrentía (de USDA-SCS, 1964)"

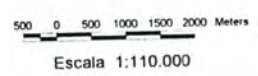
Cobertura - Uso	Reclasificación	Área Total Ha	Porcentaje	Área dentro del Parque Ha	Porcentaje
BOSQUE NATURAL	Bosque	8,227.14	69.02%	6,491.92	86.98%
BOSQUE PLANTADO					
PASTO NATURAL (Ganadería Extensiva)	PASTO NATURAL - Ganadería Extensiva. (Se asemeja a Pastos de pastoreo)	1,980.05	16.61%	513.0179	6.87%
VEGETACION DE PARAMO	Vegetación de Páramo (Se asemeja a Pastos de pastoreo)	141.5929	1.19%	141.5929	1.90%
RASTROJO	Rastrojo (Se asemeja a Pastos de pastoreo con condición hídrica regular)	743.9516	6.24%	215.3415	2.89%
HORTALIZAS	Agricultura (Cultivos en Hileras)	418.7283	3.52%	80.1152	1.08%
CEBOLLA JUNCA					
MAIZ					
CAFÉ PLANTADO					
CAFÉ					
ZONA URBANA	Infraestructura - Zona Urbana (Se asemeja a patios)	408.8249	3.43%	21.6803	0.29%
INFRAESTRUCTURA -					
CONSTRUCCION DISPERSA					
ZONA SUBURBANA					
TOTAL		11,920.28	100.00%	7,463.67	100.00%



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO -
 RECLASIFICADO**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



- Uso-Recla**
- Agricultura
 - Bosque
 - Rastrojo

CONVENCIONES

- Infraestructura-Zona Urbana
- Pasto Natural - Ganaderia Exte
- Vegetacion de Paramo
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde

7.1.1.4.3.2 Generación de los mapas CN(Curva Número) y S (Máxima Retención)

Para la generación del mapa de CN se traslapan (cruzan) los mapas de uso actual del suelo reclasificado y grupo hidrológico de suelo y teniendo como referente el cuadro "Estimación de los números de las curvas de escorrentía (de USDA-SCS, 1964)" se asigna a cada complejo uso-suelo el número de CN correspondiente.

Algunos de los criterios tenidos en cuenta para la asignación de los CN fueron:

- Para la asignación de los CN se tuvo en cuenta la tesis "Evaluación de diferentes métodos para determinar caudales máximos en las cuencas de los ríos Cali, Pichinde, Cañaveralejo, Melendez y Lili" por Jenny Astrid Mayorquin. Univalle – U. Nacional. 1997. Ya que el documento plantea la asignación de CN para la cuenca del Cali.
- Para todos los uso se asumió que tenían una buena condición hídrica, excepto para rastrojo, el cual se consideró como semejante a pastos de pastoreo con condición hídrica Regular.
- La vegetación de páramo se asumió como semejante al uso pastos de pastoreo, ya que la tabla del USDA-SCS no lo contempla como cobertura.

De acuerdo a lo anterior se obtuvo el siguiente cuadro de asignación de CN para cada complejo uso-suelo, y el mapa obtenido sobre CN se aprecia más adelante:

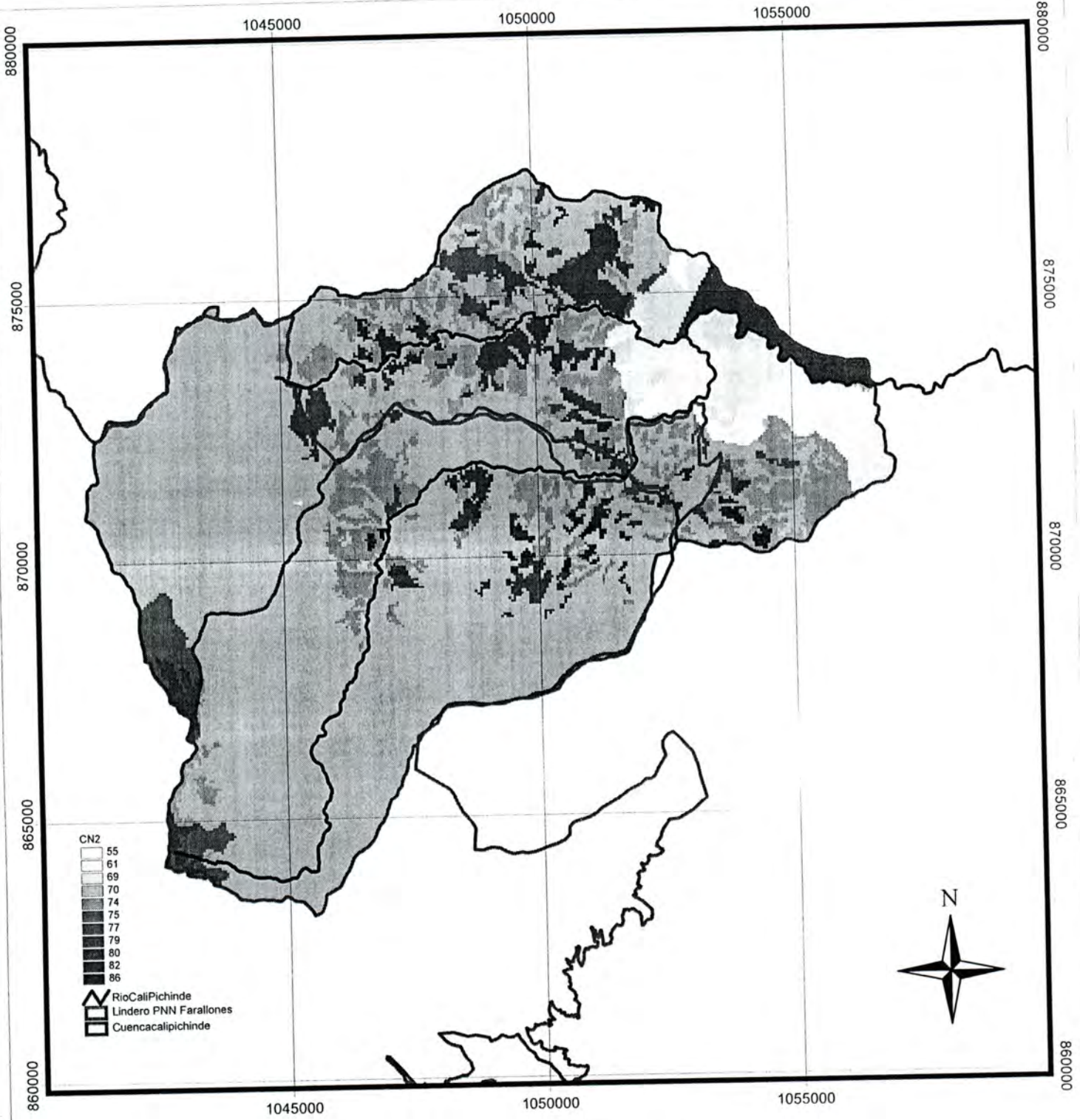
USO	SUELO	CN2 Asignado	CN3 Asignado
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Se asemeja a patios)	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	74	88
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Se asemeja a patios)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	82	92
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Se asemeja a patios)	D - Alto Potencial de Escorrentia	86	94
AGRICULTURA (Cultivos en Hileras)	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	75	88
AGRICULTURA (Cultivos en Hileras)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	82	92
RASTROJO (Se asemeja a Pastos de pastoreo con condición hídrica regular)	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	69	84
RASTROJO (Se asemeja a Pastos de pastoreo con condición hídrica regular)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	79	91
PASTO NATURAL - Ganadería Extensiva. (Se asemeja a Pastos de pastoreo)	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	61	78
PASTO NATURAL - Ganadería Extensiva. (Se asemeja a Pastos de pastoreo)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	74	88
VEGETACIÓN DE PÁRAMO (Se asemeja a Pastos de pastoreo)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	74	88
VEGETACIÓN DE PÁRAMO (Se asemeja a Pastos de pastoreo)	D - Alto Potencial de Escorrentia	80	91

USO	SUELO	CN2 Asignado	CN3 Asignado
Bosque	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	55	74
Bosque	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	70	85
Bosque	D - Alto Potencial de Escorrentia	77	89

A partir del mapa de curva número (CN) y la aplicación de la fórmula:

$$S = [(2540/CN) - 25.4] * 10$$

Se obtiene el mapa de máxima retención en la cuenca (S) expresado en mm.

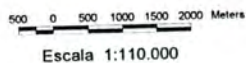


MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

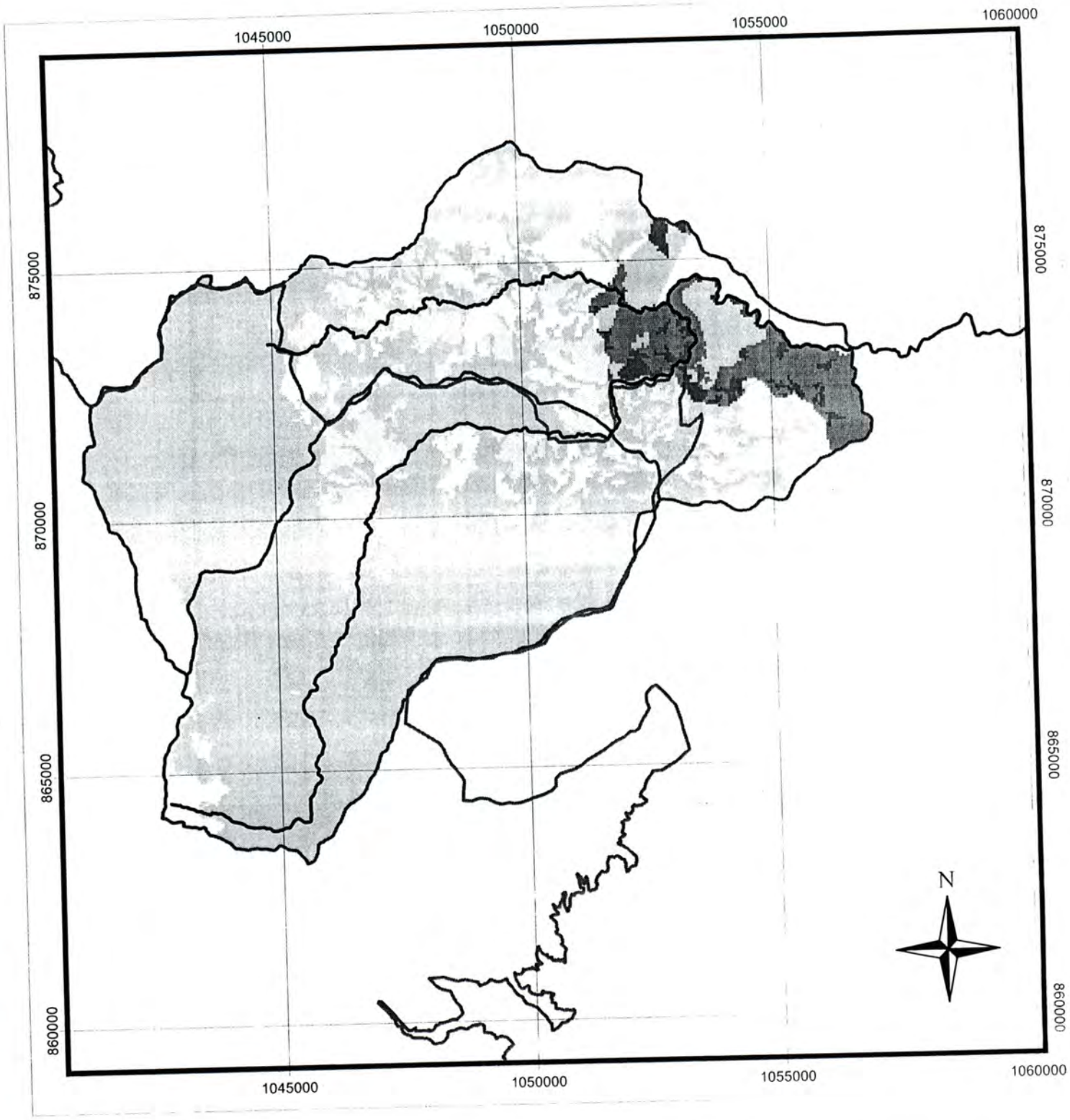


MAPA CURVA NUMERO
 SIN AJUSTE DE PENDIENTE
 PROMEDIO DE CN: 71.2549

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



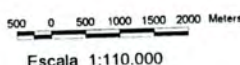
Codigo	Uso	Suelo	Cn2	Cn3
1002	Infraestructura-Zona Urbana	B	74	88
1003	Infraestructura-Zona Urbana	C	82	92
1004	Infraestructura-Zona Urbana	D	86	94
2002	Agricultura	B	75	88
2003	Agricultura	C	82	92
3002	Rastrojo	B	69	84
3003	Rastrojo	C	79	91
4002	Pasto Natural - Ganaderia E	B	61	78
4003	Pasto Natural - Ganaderia E	C	74	88
4103	Vegetacion de Paramo	C	74	88
4104	Vegetacion de Paramo	D	80	91
5002	Bosque	B	55	74
5003	Bosque	C	70	85
5004	Bosque	D	77	89



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

MAPA MAXIMA RETENCION EN LA CUENCA (S). METODO CURVA NUMERO SIN AJUSTE DE PENDIENTE
 Promedio de S = 100.523 mm

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

S - mm

- 36 - 55
- 55 - 74
- 74 - 93
- 93 - 112

- 112 - 130
- 130 - 149
- 149 - 168
- 168 - 187
- 187 - 206

- No Data
- RioCaliPichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde

7.1.1.4.3.3 Generación del mapa de Escorrentía

A partir del mapa de máxima retención (S) y la aplicación de la fórmula:

$$Q = (P - 0.2 \cdot S)^2 / (P + 0.8 \cdot S)$$

Se obtiene el mapa de escorrentía, expresado en mm, para periodo de tiempo mensual – anual.

El mapa da un promedio de **85.7635mm** Mensual – Anual, y correlacionando este valor con la estación Bocatoma la cual presenta **3.73m³/s** como promedio mensual –anual, que equivale de acuerdo a la fórmula de conversión a **82.2693 mm**, se aprecia un porcentaje de error del 4% y una confiabilidad del 96% la cual se considera aceptable para la modelación.

Fórmula de conversión (m³/s a Escorrentía en mm) para periodos mensuales.

$$Es = (Q / A) * 86.4 * \# \text{ días mes.}$$

Es : Escorrentía en mm

Q: Caudal medio en m³/s

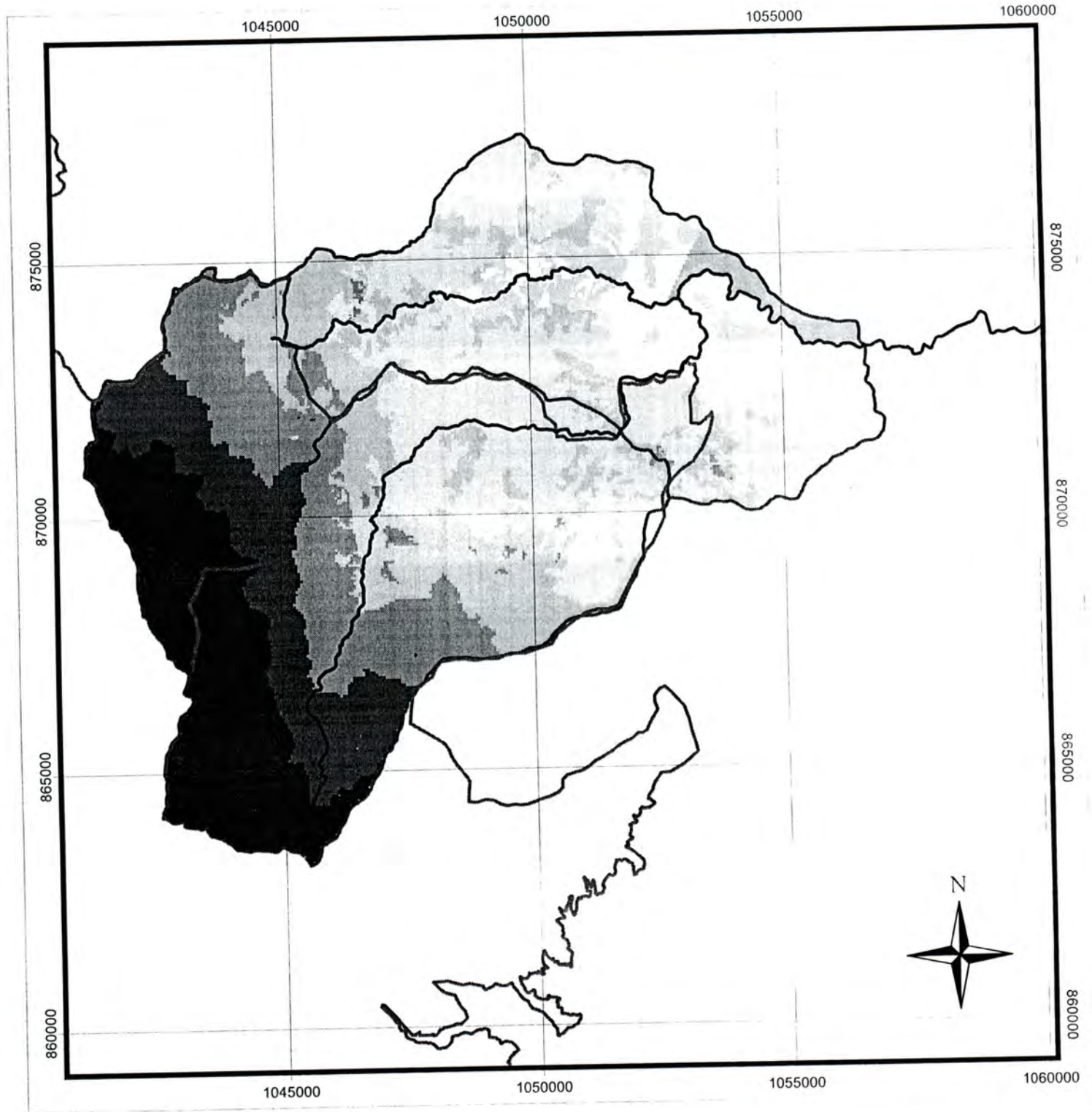
A: Área en Km², de la superficie de la cuenca hasta la estación

Para la conversión de **3.73m³/s** a mm se reemplazaron en la ecuación los siguientes datos:

$$Q = 3.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

A = 11,920.2885 Ha = 119.202885Km², cabe anotar que el polígono de la cuenca se cierra en esta estación, punto donde también se hace la extracción de agua para el acueducto San Antonio (EMCALI).

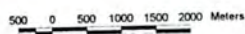
Días del mes = 30.43, tomado promediando los número de días de los meses del periodo de 1982 al 2002.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE ESCORRENTIA - PROMEDIO ANUAL
 MULTIANUAL (Periodo 1982 - 2002)
 METODO CURVA NUMERO
 SIN AJUSTE DE PENDIENTE
 Promedio de Escorrentia: 85.7635 mm**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



Escala 1:110.000

CONVENCIONES

Q_mansa

- 11 - 37
- 37 - 63
- 63 - 88
- 88 - 114

- 114 - 140
- 140 - 166
- 166 - 192
- 192 - 217
- 217 - 244

- No Data
- RioCaliPichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde

7.1.1.4.3.4 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de Escorrentía se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm	Referente Est. Bocatoma mm
Cuenca Cali	85.7635	243.235	11.0378	3.73 m ³ /s = 82.2693 mm
Área dentro del PNN Far	106.798	243.235	17.2552	
Área Fuera del PNN	50.0151	139.738	11.0378	

El modelamiento de la escorrentía presenta una confiabilidad del 96%, ya que se compara el valor arrojado por la estación Bocatoma, con el resultado dado por la modelación.

7.1.1.4.3.5 Variaciones de Método Curva Número Utilizadas

Para generar el resultado de escorrentía presentado en el documento se generaron adicionalmente cinco versiones de la aplicación del método curva número, en las cuales básicamente se realizaron variaciones en la asignación de los CN para los complejos uso-suelo, y adicionalmente se utilizó el software L-Thia para generar los mapas CN en algunos casos.

El resultado que más se ajustó a la realidad actual de uso del suelo y al dato arrojado por la estación de referencia Bocatoma es el ya presentado en los numerales anteriores.

Las distintas variaciones en la aplicación del método fueron:

- i) Aplicación método curva número usando software L-Thia versión 1 sin ajuste por pendiente
- ii) Aplicación método curva número usando software L-Thia versión 1 con ajuste por pendiente
- iii) Aplicación método curva número usando software L-Thia versión 2 sin ajuste por pendiente:
- iv) Aplicación método curva número usando software L-Thia versión 2 con ajuste por pendiente:
- v) Aplicación método curva número con ajuste por pendiente (Sin software L-Thia)

7.1.1.5 Agua Almacenada en el Suelo (ΔS)

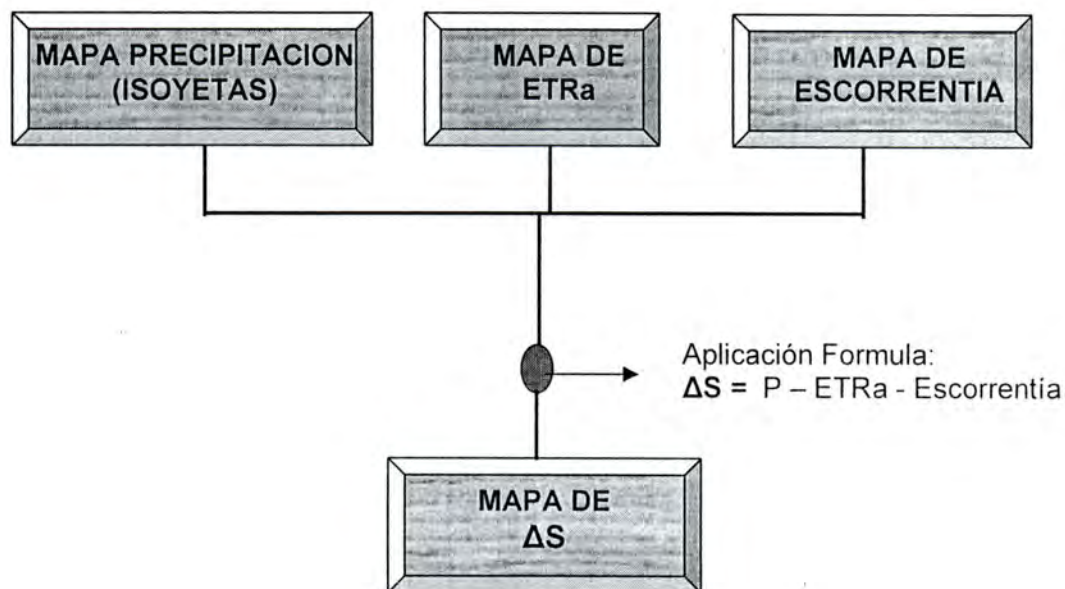
Unidad de Medida: Milímetros (mm)

7.1.1.5.1 Método de Representación Cartográfica y resultados

Existen muchos factores que controlan el (ΔS) en un área determinada, por lo que su estimación confiable es bastante difícil, así como encontrar una relación única entre todos los parámetros que la condicionan.

En el desarrollo del presente balance esta variable se halló mediante la diferencia de las variables Precipitación, Evapotranspiración Real Afectada por cultivo y Escorrentía superficial.

Lo anterior también a que se tienen datos de estaciones de Precipitación y de caudales los cuales validan la información arrojada por el modelo.



7.1.1.5.2 Generación del Mapa ΔS

Aplicando la siguiente fórmula:

$$\Delta S = \text{Mapa de Precipitación} - \text{Mapa de ETRa} - \text{Mapa de Escorrentía}$$

Se obtuvo el mapa:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

MAPA DE AGUA ALMACENADA EN EL SUELO (DELTA S)
 PROMEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL
 (Periodo 1982 - 2002)
 FORMULA= Precipitación -ETRa - Escorrentia
 Promedio de Delta S= 51.1703 mm

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elabora: Lina Marisol Romero - SIG

900 0 900 Meters
 Escala 1:110.000

CONVENCIONES

Delta S - mm

- 4 - 14
- 14 - 23
- 23 - 32
- 32 - 42

- 42 - 51
- 51 - 60
- 60 - 69
- 69 - 79
- 79 - 88

- No Data
- Rio Cali Pichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuenca Cali

7.1.1.5.3 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de ΔS se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuenca Cali	51.1703	87.884	4.40943
Área dentro del PNN Farallones	59.8148	87.884	10.8343
Área Fuera del PNN	36.4718	73.6021	4.40943

7.1.2 ESCENARIO BUENOS PROCESOS DE CONSERVACION

La modelación de este escenario consistió en afectar el cálculo de variables escorrentía, ETR y ΔS a partir de simular cambios en el uso del suelo.

La variable Precipitación se mantuvo constante al igual que la variable temperatura necesaria para el cálculo de la ETR.

Para tener como referencia la distribución del uso actual del suelo utilizada para el balance hídrico en el escenario de uso actual fue la siguiente:

Cobertura - Uso	Área Total Ha	Porcentaje	Área dentro del Parque Ha	Porcentaje
Bosque Natural	8,175.1757	68.58%	6,453.2098	86.46%
Bosque Plantado	51.9636	0.44%	38.7128	0.52%
Pasto Natural (Ganadería Extensiva)	1,980.0472	16.61%	513.0179	6.87%
Rastrojo	743.9516	6.24%	215.3415	2.89%
Zona Urbana	301.4319	2.53%	16.1730	0.22%
Hortalizas	182.9869	1.54%	3.3890	0.05%
Café plantado	172.3960	1.45%	33.7713	0.45%
Café	12.2202	0.10%	3.4060	0.05%
Infraestructura – construcción dispersa	103.9399	0.87%	5.5073	0.07%
Cebolla junca	39.5489	0.33%	39.5489	0.53%
Vegetación de páramo	141.5929	1.19%	141.5929	1.90%
Maíz	11.5763	0.10%	0.0000	0.00%
Zona suburbana	3.4531	0.03%	0.0000	0.00%
TOTAL	11,920.2842	100.00%	7,463.6704	100.00%

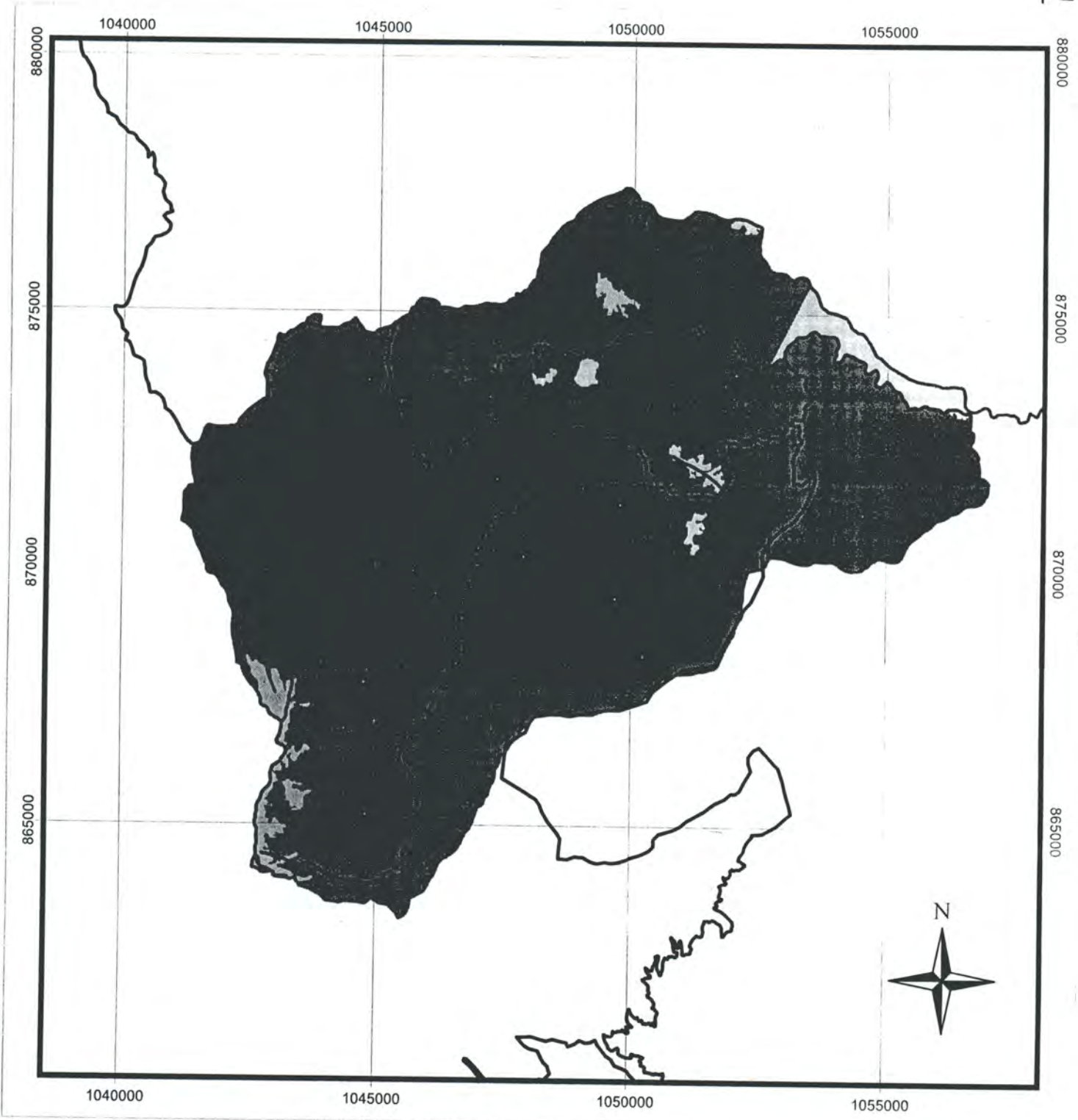
Distribución del uso actual del suelo Cuenca del Río Cali.

Para la modelación del Escenario de buenos procesos de conservación el 100% de las coberturas de Pasto Natural, Rastrojo, Café y Café Plantado, Hortalizas, Cebolla Junca y Maíz se simulan como de Bosque Natural y/o Plantado con buenos procesos de conservación, esto causa que la cobertura de bosque natural pase de un 69.02% a representar un 95.39% del total del área de la cuenca.

A continuación se presentan la distribución del uso del suelo en el escenario de buenos procesos de conservación y el mapa respectivo:

Uso del Suelo en Escenario de buenos proc. conservación	Área Total Ha	Porcentaje	Área dentro del Parque Ha	Porcentaje
Bosque Natural	11,369.8664	95.39%	7,300.3972	97.82%
Zona Urbana	301.4319	2.53%	16.173	0.22%
Infraestructura – construcción dispersa	103.9399	0.87%	5.5073	0.07%
Vegetación de páramo	141.5929	1.19%	141.5929	1.90%
Zona suburbana	3.4531	0.03%	0	0.00%
TOTAL	11,920.28	100.00%	7,463.67	100.00%

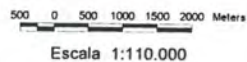
Distribución del uso del suelo en escenario de buenos procesos de conservación



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE USO DEL SUELO EN ESCENARIO
 DE BUENOS PROCESOS DE CONSERVACION**
 Representatividad del Bosque Natural y/o Plantado: 95.39%

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

Uso_Reforestado

- Bosque Natural y/o Plantado
- Infraestructura
- Vegetacion de Paramo
- Zona Urbana
- RioCaliPichinde

- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde

7.1.2.1 Evapotranspiración Real

En la modelación de escenarios se mantuvo constante su método de Cálculo (Método TURC) y solo se cambio la cobertura de uso del suelo:

$$\text{ETR método Turc} = P / ((0.9 + P^2 / (L/12)^2)^{1/2})$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real anual en mm

P = Precipitación anual en mm

L = Parámetro heliotérmico expresado como:

$$L = 25 + 25T + 0.05T$$

T = Temperatura media anual en °C

Para la obtención de la ETRa (ETR afectada) por la cobertura vegetal se multiplica el resultado anterior de ETR por el coeficiente de cultivo kc

Por lo tanto:

$$\text{ETRa} = kc * \text{ETR Método Turc}$$

Donde:

ETRa: Evapotranspiración Real afectada (mm)

Kc: Coeficiente de cultivo (decimal)

ETR: Evapotranspiración Real (mm)

De acuerdo a la distribución del uso del suelo en el escenario de buenos procesos de conservación se presentan los KC Asignados.

Uso Actual	Uso en Escenario de buenos procesos de conservación	KC en escenario de buenos procesos de conservación
Bosque Natural	Bosque Natural y/o Plantado	0.75
Bosque Plantado	Bosque Natural y/o Plantado	0.75
Café y Café Plantado	Bosque Natural y/o Plantado	0.75
Hortalizas y Cebolla junca, Maíz	Bosque Natural y/o Plantado	0.75
Pasto Natural (Ganadería Extensiva)	Bosque Natural y/o Plantado	0.75
Construcción dispersa, Infraestructura, Zona Urbana, Zona SubUrbana	Construcción dispersa, Infraestructura, Zona Urbana, Zona SubUrbana	0.25
Rastrojos	Bosque Natural y/o Plantado	0.75
Vegetación de Páramo	Vegetación de Páramo	1.00

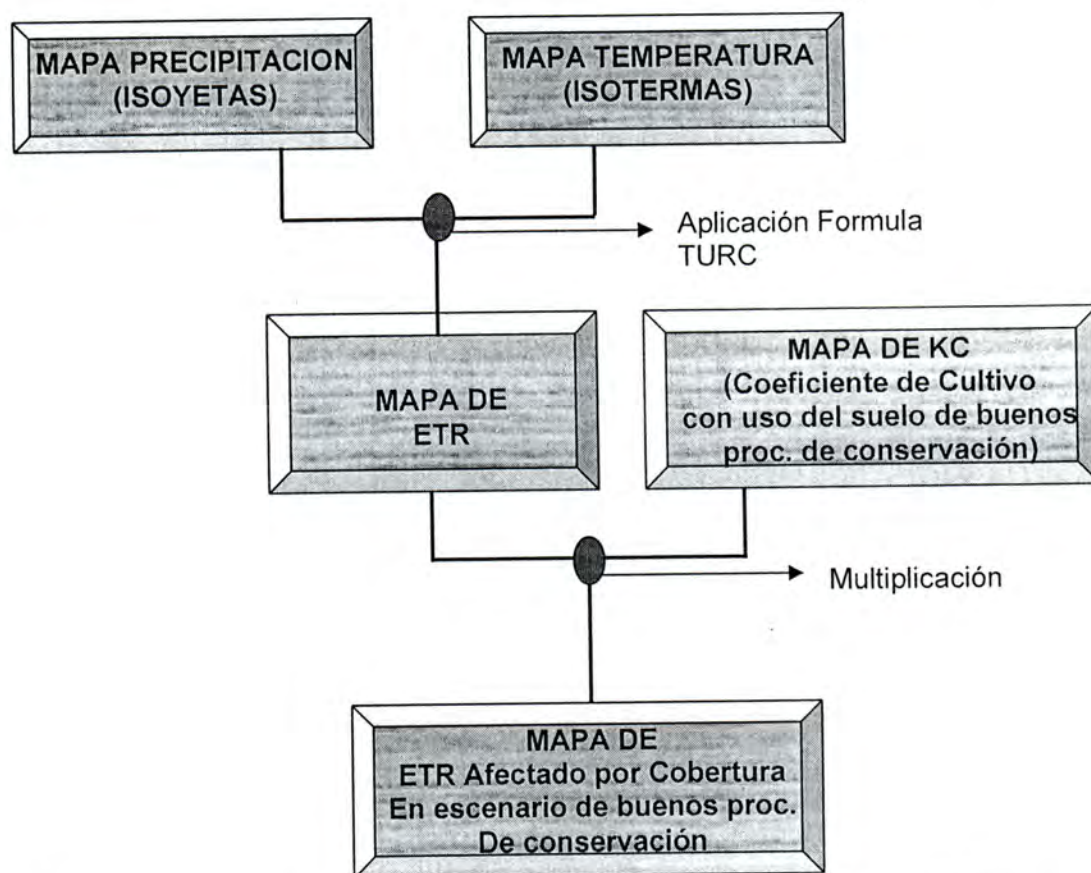
Asignación de KC para escenario de buenos procesos de conservación

Fuente: Efecto de la cobertura vegetal en la respuesta hidrológica de cuencas hidrográficas. Montoya Ramírez Hernán, Mario Díaz Granados. CVC.

Asesor CIAT: Pedro Burgos.

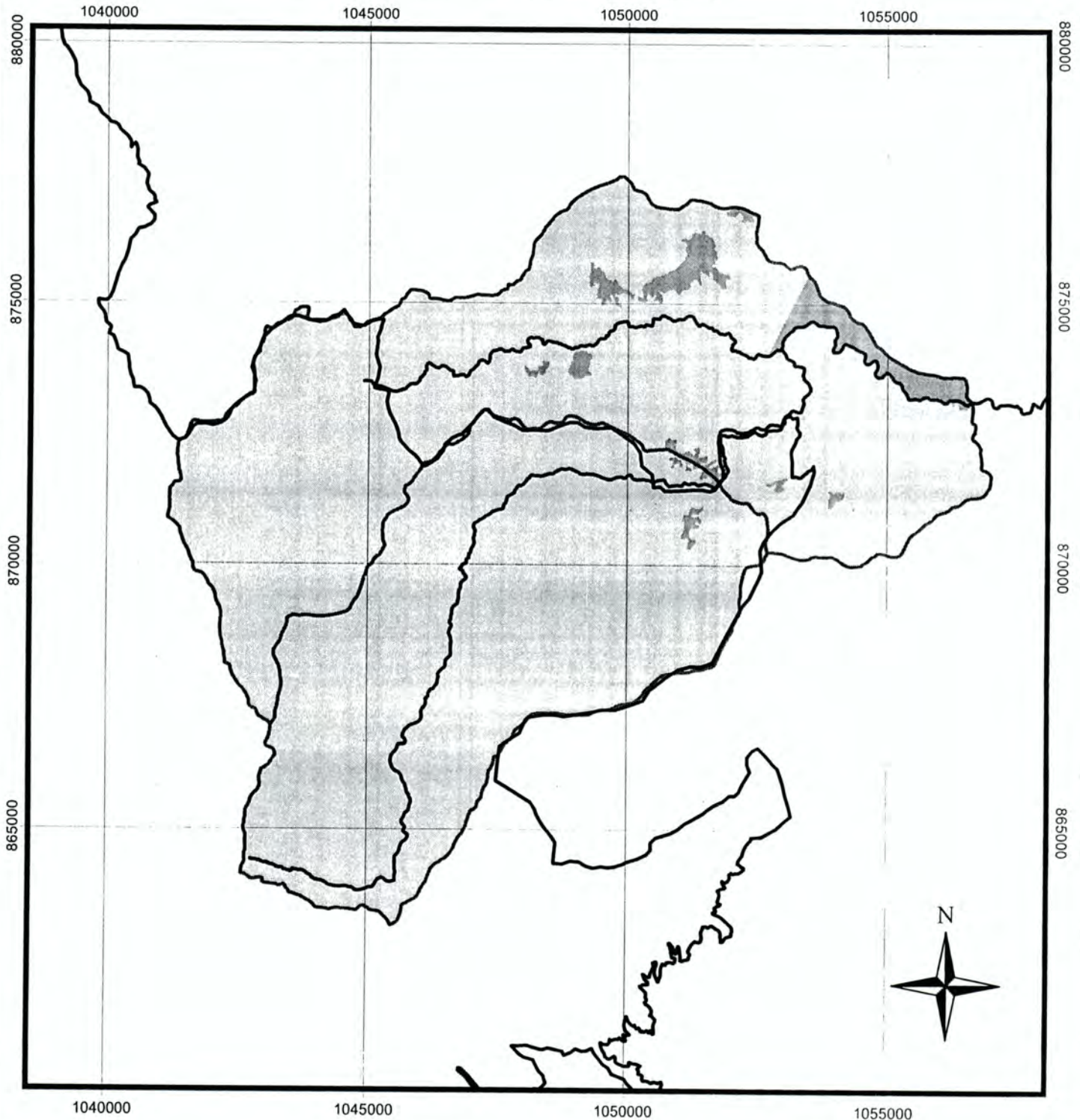
7.1.2.1.1 Método de representación Cartográfica y Resultados

La representación cartográfica es la misma que la utilizada para la ETRa con uso actual del suelo, solo varia el Mapa de KC ya que se basa en el uso del suelo de buenos procesos de conservación.



Para la modelación de esta variable y su representación cartográfica según TURC, se mantuvo constante para este escenario y solo cambio la ETR afectada por KC (Necesidades de agua de las coberturas)

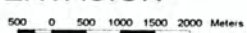
La generación de los mapas de KC y el de Evapotranspiración Real Afectada por Cultivo se obtuvieron a partir de las tablas de distribución descritas anteriormente y la aplicación del modelo cartográfico:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE KC
 (NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS)
 EN ESCENARIO DE BUENOS
 PROCESOS DE CONSERVACION**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



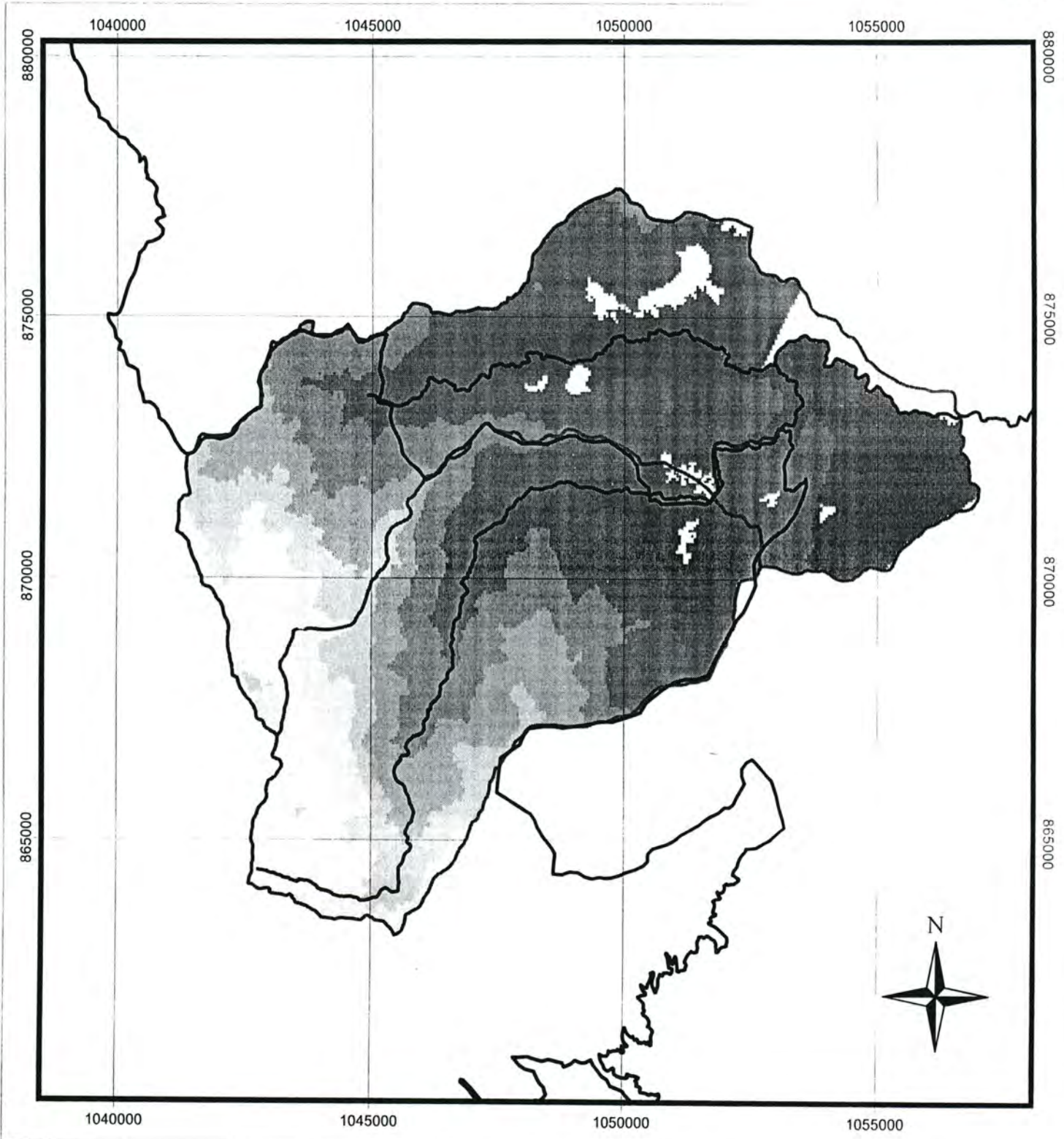
Escala 1:110.000

CONVENCIONES

Kc Escenario Ref

- 0.25
- 0.75
- 1

- RioCaliPichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION REAL
 ESCENARIO DE BUENOS PROCESOS DE CONSERVACION
 PROMEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL
 (Periodo 1982 - 2002)
 METODO TURC - CON AJUSTE DE KC
 Promedio de ETR= 23.544 mm

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

500 0 500 1000 1500 2000 Meters

Escala 1:110.000

CONVENCIONES

Etr_ref

	8.253 - 11.04		27.762 - 30.549
	11.04 - 13.827		30.549 - 33.336
	13.827 - 16.614		No Data
	16.614 - 19.401		RioCaliPichinde
	19.401 - 22.188		Lindero PNN Farallones
	22.188 - 24.975		Cuencacalipichinde
	24.975 - 27.762		

7.1.2.1.2 Generación de datos estadísticos

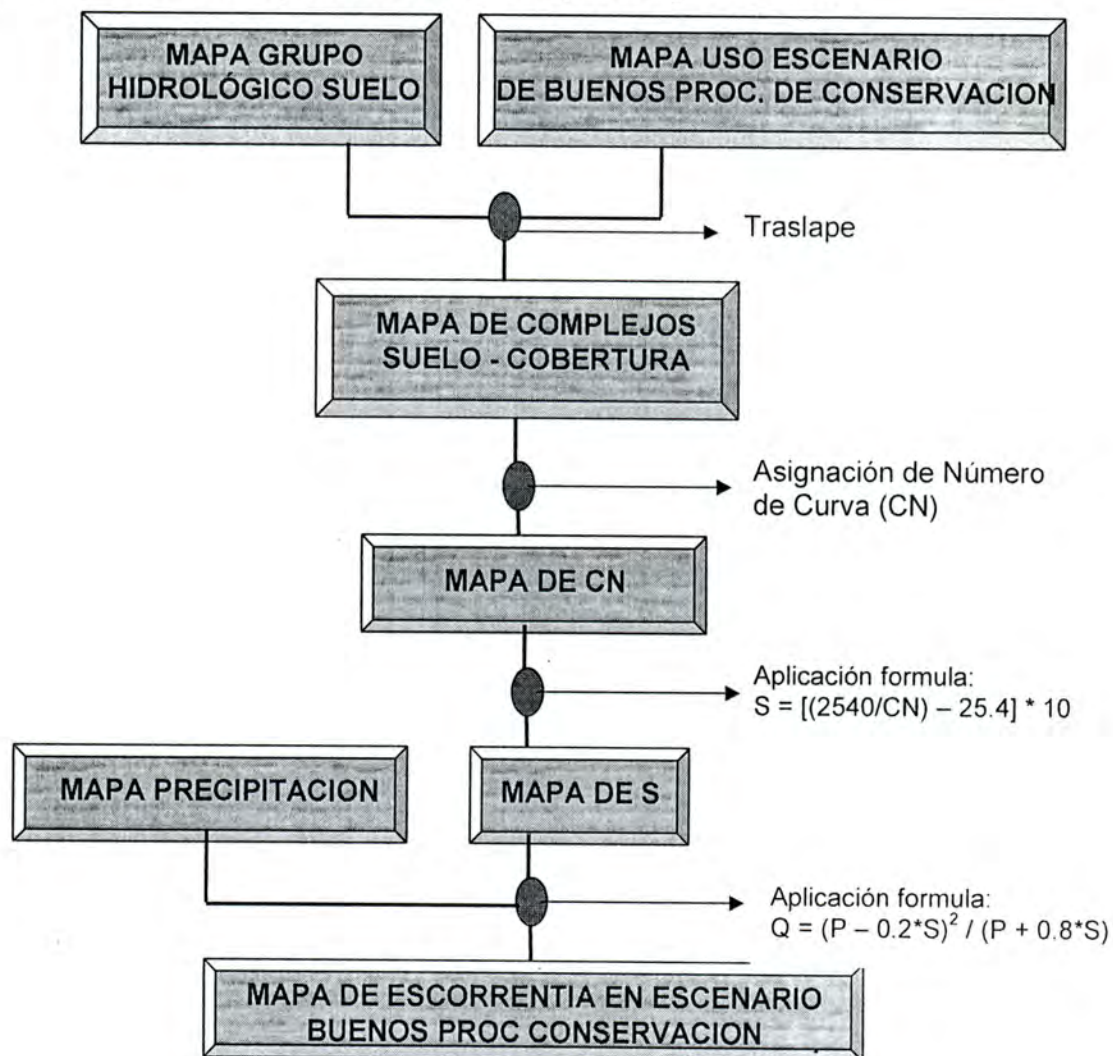
A partir del mapa de ETR afectado por cultivo en el escenario de buenos procesos de conservación se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuencas Cali	23.544	33.3358	8.25319
Área dentro del PNN Farallones	21.5161	31.1452	8.25319
Área Fuera del PNN	26.9955	33.3358	8.89115

7.1.2.2 Escorrentía

En la modelación de escenarios se mantuvo constante su método de Cálculo (Método Curva Número) y solo se cambio la cobertura de uso del suelo para su cálculo.

7.1.2.2.1 Método de representación cartográfica y resultados



En el proceso de elaboración del mapa de escorrentía se mantuvieron constantes el mapa de precipitación y el mapa de grupo hidrológico de suelo.

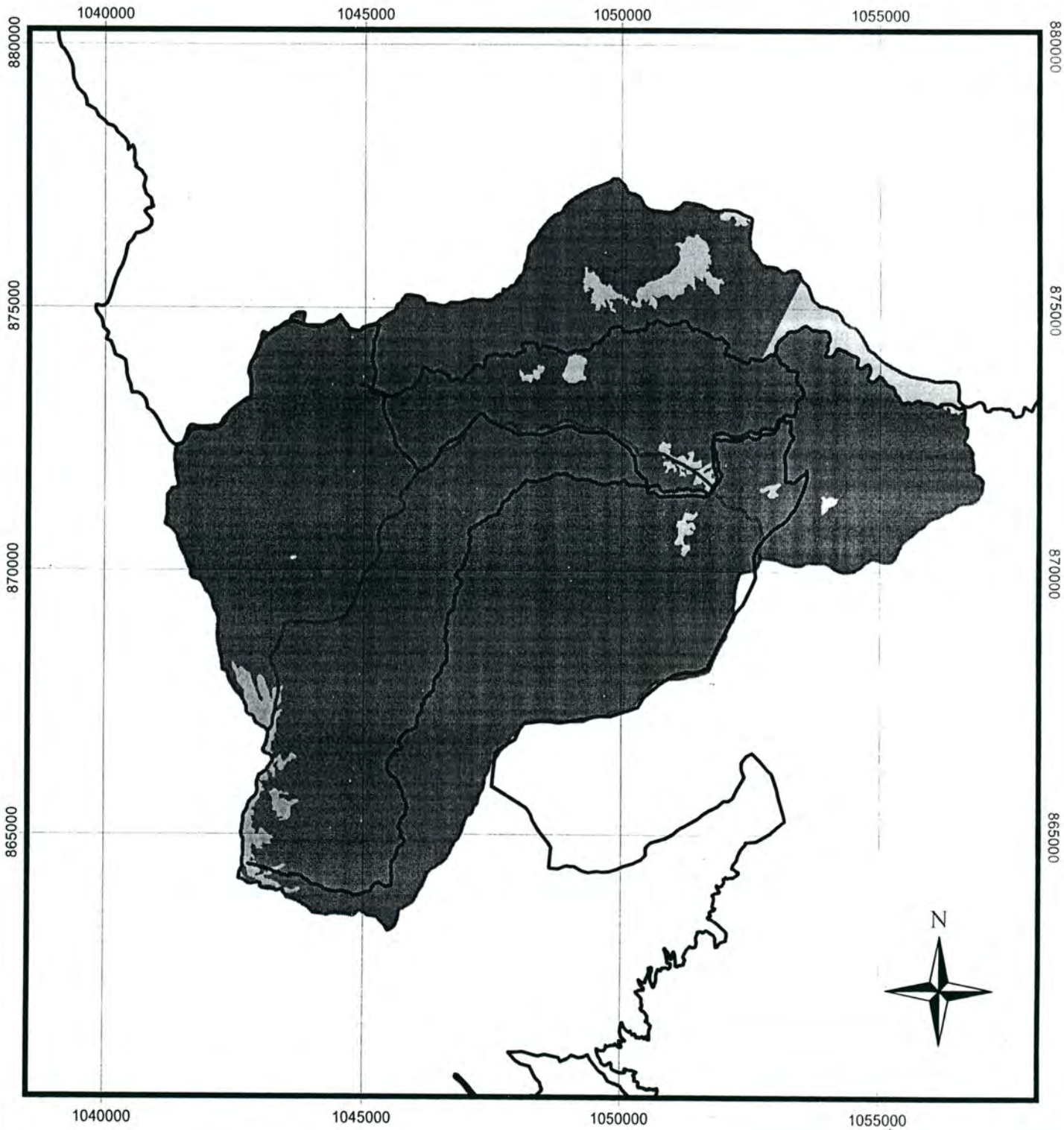
A partir del mapa de grupo hidrológico de suelo y de uso en escenario de buenos procesos de conservación se generan el mapa de CN (Curva Número) y S (Máxima retención en la cuenca)

7.1.2.2.1.1 Reclasificación del mapa de uso del suelo en escenario de buenos procesos de conservación

A partir del mapa de uso para el escenario de buenos procesos de conservación descrito anteriormente, se generó una pequeña reclasificación del mismo con el fin de hacer semejanzas con los usos planteados en el cuadro "Estimación de los números de las curvas de escorrentía (de USDA-SCS, 1964)"

Uso del Suelo en Escenario de buenos procesos de conservación	Reclasificación	Área Total Ha	%	Área dentro del Parque Ha	%
Bosque Natural y/o Plantado	Bosque	11,369.8664	95.39%	7,300.3972	97.82%
Zona Urbana, Sub Urbana Infraestructura – construcción dispersa	Se reclasifica a patios	408.8249	3.43%	21.6803	0.29%
Vegetación de páramo	Se reclasifica a Pastos de pastoreo	141.5929	1.19%	141.5929	1.90%
TOTAL		11,920.28	100%	7,463.67	100%

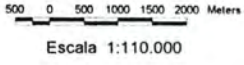
Lo anterior es necesario para poder generar el mapa de CN (Curva Número).
A continuación se presenta el mapa de uso en escenario de buenos procesos de conservación con su respectiva reclasificación



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE USO DEL SUELO EN ESCENARIO
 DE BUENOS PROCESOS DE CONSERVACION
 RECLASIFICADO**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

- | | |
|--------------------------------------|------------------------|
| Uso_Reforestado_Reclasificado | |
| Bosque | Río Cali-Pichinde |
| Infraestructura-Zona Urbana (Patios) | Lindero PNN Farallones |
| Veg Páramo (Pastos de pastoreo) | Cuenca Cali-Pichinde |

7.1.2.2.1.2 Generación de los mapas CN(Curva Número) y S (Máxima Retención)

Para la generación del mapa de CN se traslapan los mapas de uso en escenario de buenos procesos de conservación reclasificado y el mapa de grupo hidrológico de suelo, y teniendo como referente el cuadro "Estimación de los números de las curvas de escorrentía (de USDA-SCS, 1964)" se asigna a cada complejo uso-suelo el número de CN correspondiente.

Algunos de los criterios tenidos en cuenta para la asignación de los CN fueron:

- Para la asignación de los CN se tuvo en cuenta la tesis "Evaluación de diferentes métodos para determinar caudales máximos en las cuencas de los ríos Cali, Pichinde, Cañaveralejo, Melendez y Lili" por Jenny Astrid Mayorquin. Univalle – U. Nacional. 1997. Ya que el documento plantea la asignación de CN para la cuenca del Cali.
- La vegetación de páramo se asumió como semejante al uso pastos de pastoreo, ya que la tabla del USDA-SCS no lo contempla como cobertura.

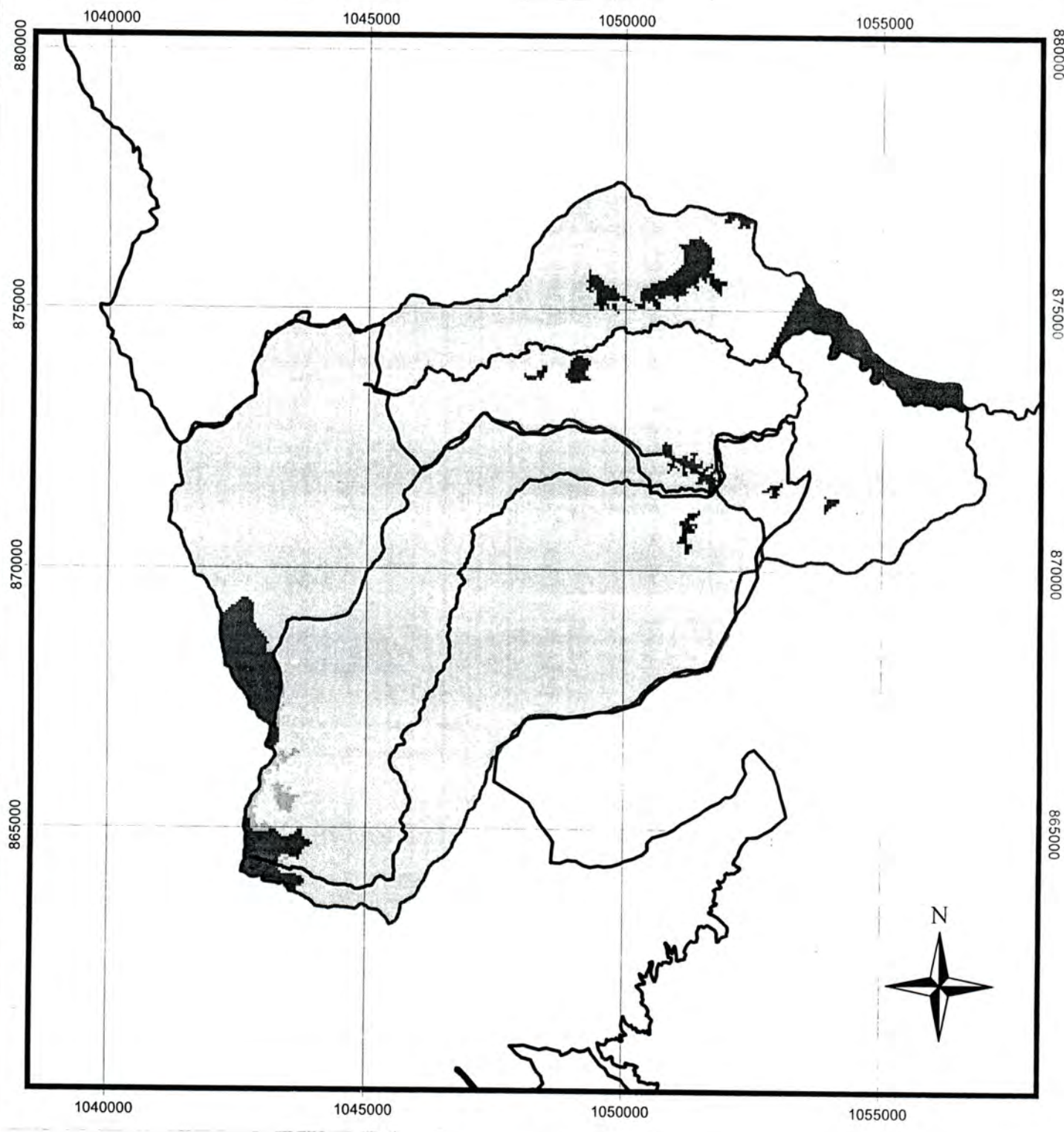
De acuerdo a lo anterior se obtuvo el siguiente cuadro de asignación de CN para cada complejo uso escenario de buenos procesos de conservación – suelo; y el mapa obtenido sobre CN se aprecia más adelante:

USO en escenario de buenos procesos de conservación y reclasificado	SUELO	CN2 Asignado	CN3 Asignado
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Reclasificada a patios)	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	74	88
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Reclasificada a patios)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	82	92
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Reclasificada a patios)	D - Alto Potencial de Escorrentia	86	94
VEGETACIÓN DE PÁRAMO (Reclasificada a Pastos de pastoreo)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentia	74	88
VEGETACIÓN DE PÁRAMO (Reclasificada a Pastos de pastoreo)	D - Alto Potencial de Escorrentia	80	91
Bosque	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	55	74
Bosque	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentía	70	85
Bosque	D - Alto Potencial de Escorrentia	77	89

A partir del mapa de curva número y la aplicación de la fórmula:

$$S = [(2540/CN) - 25.4] * 10$$

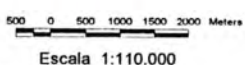
Se obtiene el mapa de máxima retención en la cuenca (S) expresado en mm, para el escenario de uso del suelo de buenos procesos de conservación.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

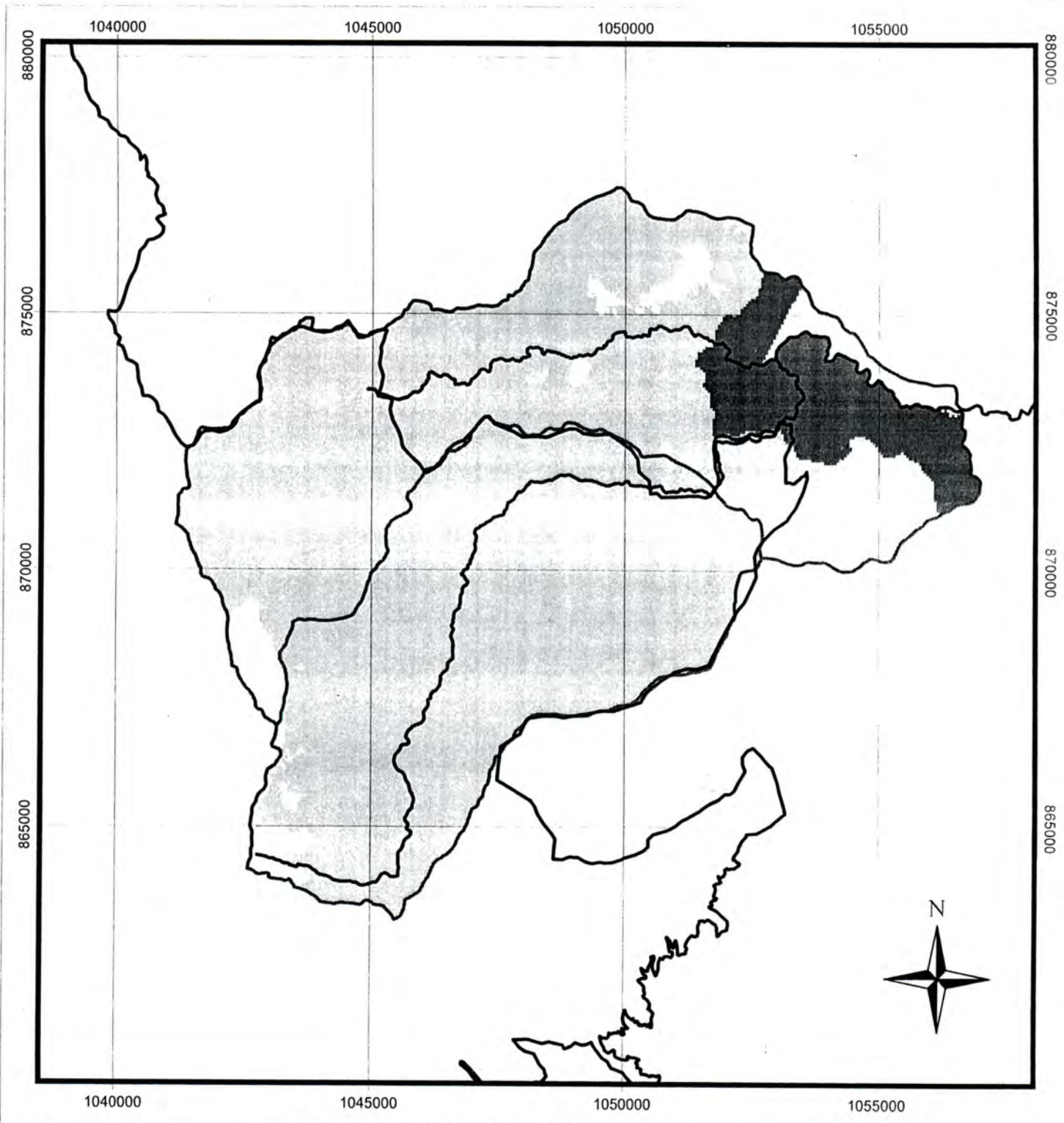
**MAPA CURVA NUMERO
 ESCENARIO DE USO DEL SUELO REFORESTADO
 SIN AJUSTE DE PENDIENTE
 PROMEDIO DE CN: 69.3878**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

Cn2_refm		77		RioCaliPichinde
		80		Lindero PNN Farallones
		82		Cuencacalipichinde
		86		



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA MAXIMA RETENCION EN
 LA CUENCA (S).
 ESCENARIO DE USO DEL SUELO
 DE BUENOS PROCESOS DE CONSERVACION
 METODO CURVA NUMERO - SIN AJUSTE DE PENDIENTE
 Promedio de S = 111.292 mm**

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

500 0 500 1000 1500 2000 Meters

Escala 1:110.000

CONVENCIONES

<p>S</p> <ul style="list-style-type: none"> 36 - 54.889 54.889 - 73.778 73.778 - 92.667 92.667 - 111.556 	<ul style="list-style-type: none"> 111.556 - 130.444 130.444 - 149.333 149.333 - 168.222 168.222 - 187.111 187.111 - 206 	<ul style="list-style-type: none"> No Data RioCaliPichinde Lindero PNN Farallones Cuencacalipichinde
---	--	---

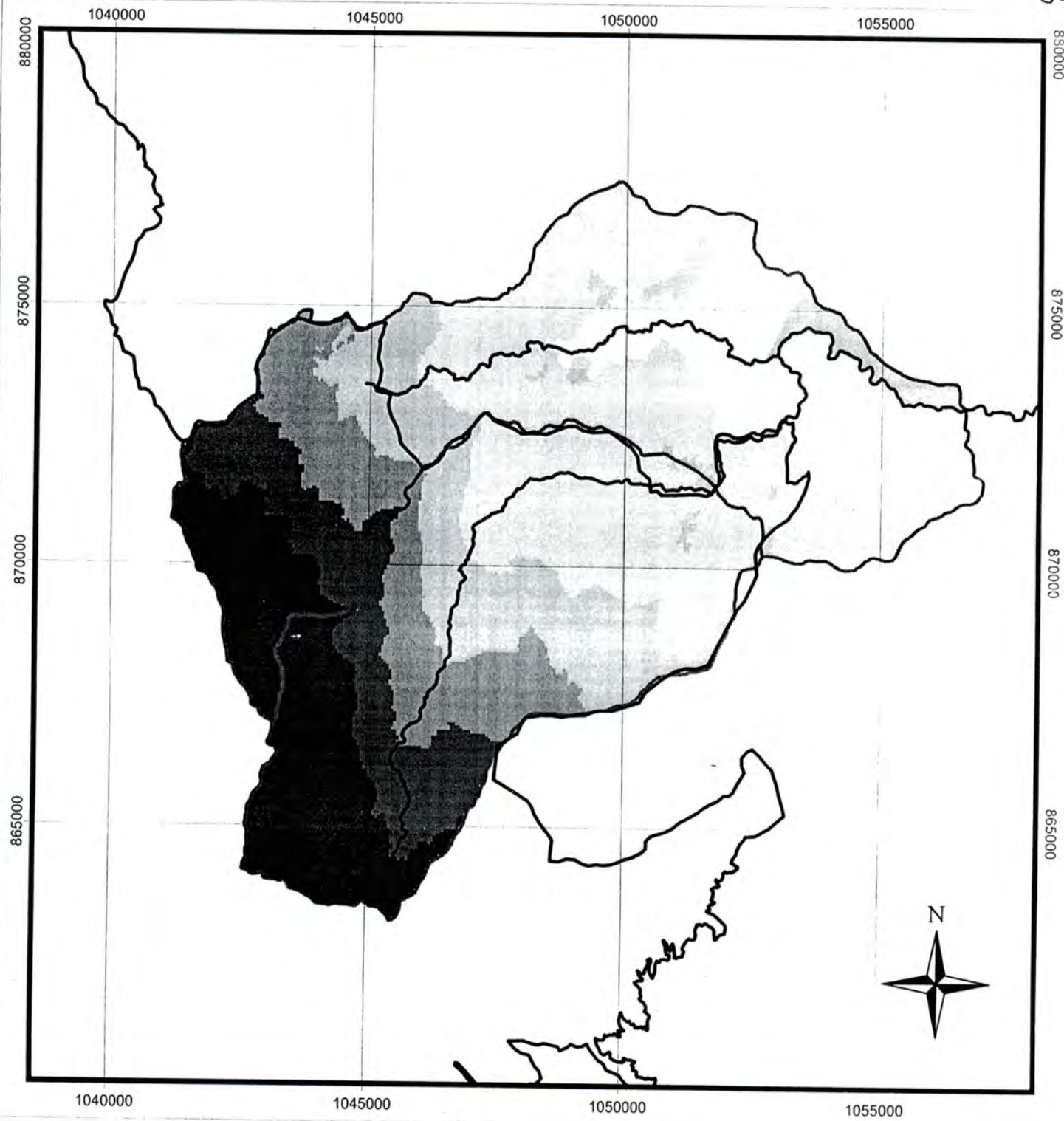
7.1.2.2.1.3 Generación del mapa de Escorrentía para el escenario de buenos procesos de conservación

A partir del mapa de máxima retención (S) y la aplicación de la fórmula:

$$Q = (P - 0.2*S)^2 / (P + 0.8*S)$$

Se obtiene el mapa de escorrentía, expresado en mm, para periodo de tiempo mensual – anual.

El mapa da un promedio de **81.9675mm** Mensual – Anual



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE ESCORRENTIA - PROMEDIO ANUAL
 MULTIANUAL. ESCENARIO DE BUENOS
 PROCESOS DE CONSERVACION
 (Periodo de referencia 1982 - 2002)
 METODO CURVA NUMERO
 SIN AJUSTE DE PENDIENTE**
 Promedio de Escorrentia: 81.9675 mm

CONVENCIONES

Q_ref	114.237 - 140.036	No Data
11.038 - 36.838	140.036 - 165.836	RioCaliPichinde
36.838 - 62.637	165.836 - 191.636	Lindero PNN Farallones
62.637 - 88.437	191.636 - 217.436	Cuencacalipichinde
88.437 - 114.237	217.436 - 243.235	

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

500 0 500 1000 1500 2000 Meters
 Escala 1:110.000

7.1.2.2.1.4 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de Escorrentía en escenario de buenos procesos de conservación, se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

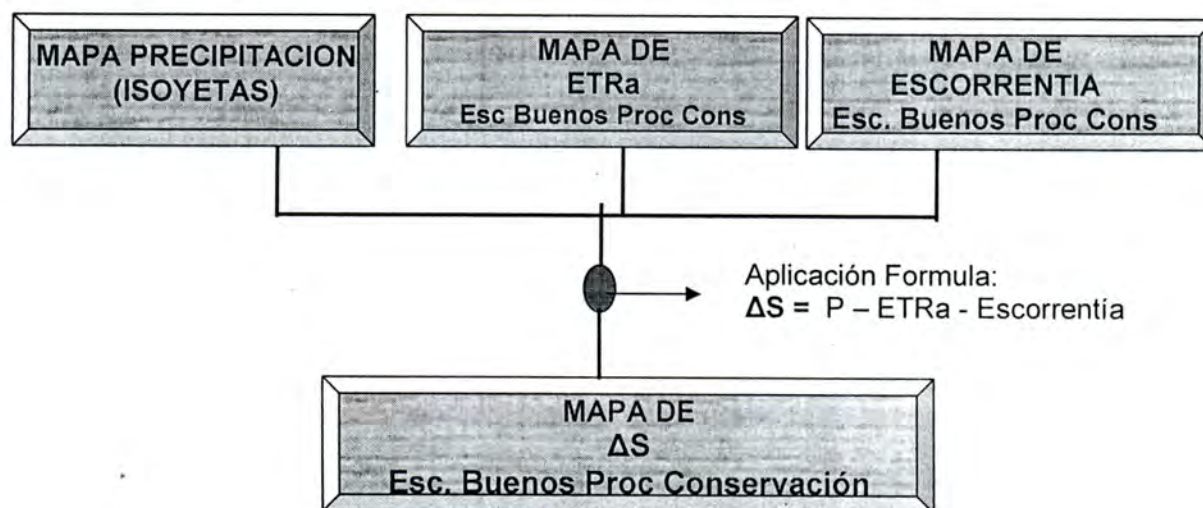
Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuenca Cali	81.9675	243.235	11.0378
Área dentro del PNN Far	105.21	243.235	17.2552
Área Fuera del PNN	42.4639	139.738	11.0378

7.1.2.3 Agua Almacenada en el Suelo (ΔS)

En la modelación de escenarios se mantuvo constante su método de Cálculo cambiando los resultados por efectos de la cobertura de suelo con buenos procesos de conservación

7.1.2.3.1 Método de Representación Cartográfica y resultados

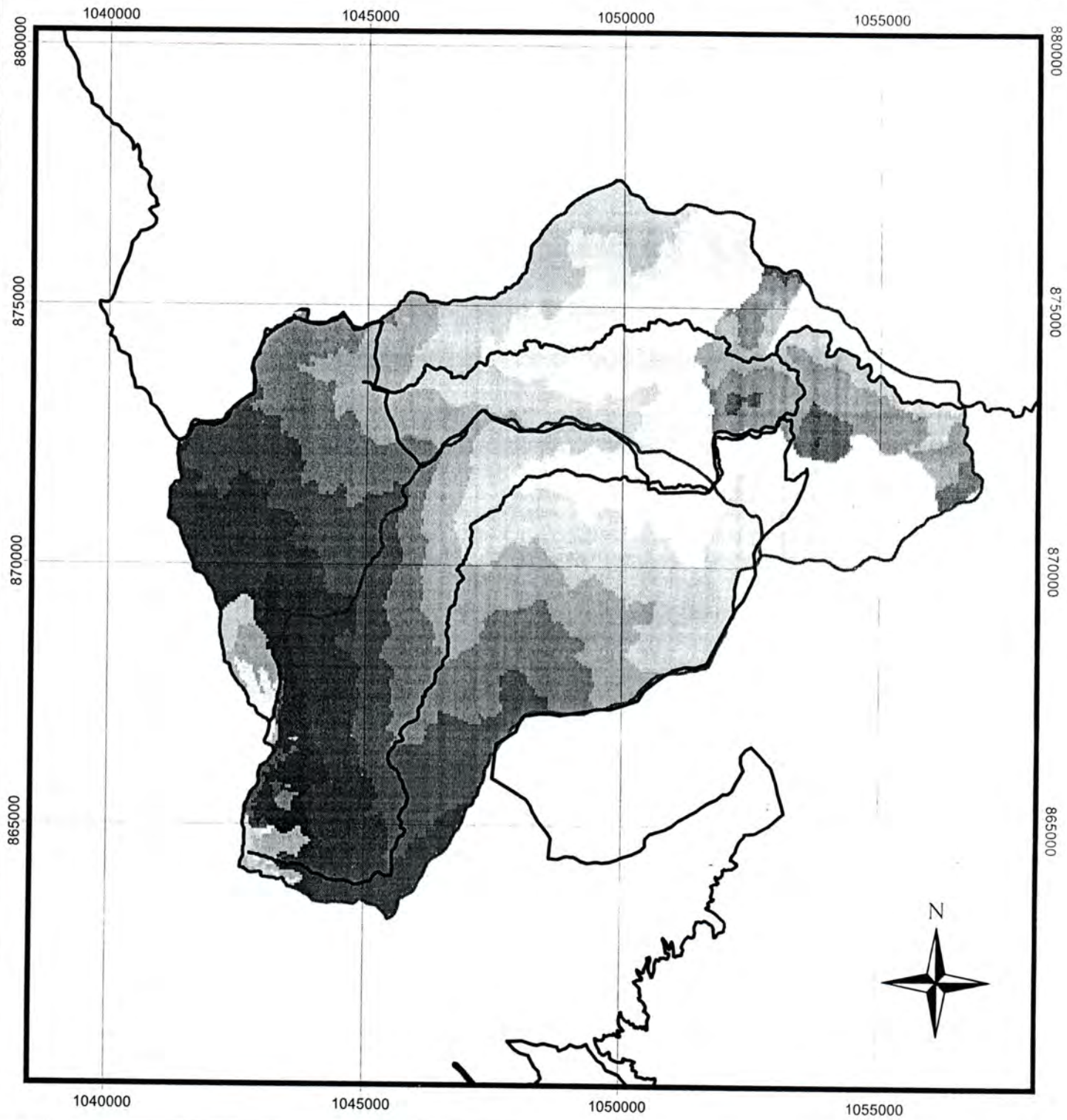
En el desarrollo de la modelación de escenarios esta variable se halló mediante la diferencia de las variables Precipitación, Evapotranspiración Real Afectada por cultivo en escenario de buenos procesos de conservación y Escorrentía superficial en escenario de buenos procesos de conservación



Para obtener el mapa de ΔS se aplicó la siguiente fórmula:

$$\Delta S = \text{Mapa de Precipitación} - \text{Mapa de ETRa Esc Buenos Proc Cons} - \text{Mapa de Escorrentia Esc Buenos Proc Cons}$$

Obteniéndose el siguiente el mapa:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

MAPA DE AGUA ALMACENADA EN EL SUELO (DELTA S)
 ESCENARIO DE BUENOS PROCESOS DE CONSERVACION
 PROMEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL
 (Periodo de Referencia 1982 - 2002)
 FORMULA= Precipitación -ETRa - Escorrentia
 Promedio de Delta S= 56.1659 mm

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

900 0 900 Meters
 Escala 1:110,000

CONVENCIONES

	22.137 - 29.442		51.358 - 58.663	No Data	
	29.442 - 36.747		58.663 - 65.968		RioCaliPichinde
	36.747 - 44.052		65.968 - 73.273		Lindero PNN Farallones
	44.052 - 51.358		73.273 - 80.579		Cuencacalipichinde
			80.579 - 87.884		

7.1.2.3.2 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de ΔS en escenario de buenos procesos de conservación se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuenca Cali	56.1659	87.884	22.1366
Área dentro del PNN Farallones	61.7986	87.884	31.3829
Área Fuera del PNN	46.5906	73.6393	22.1366

7.1.3 ESCENARIO DE DEFORESTACION

Para la modelación del Escenario Deforestado el 100% de las coberturas de Bosque Natural, Bosque Plantado, Vegetación de Páramo y Rastrojo, se simulan como de Pastos de corte con condición hídrica Mala, esto causa que la cobertura de bosque natural y/o plantado pase de un 69.02% a representar un 0.0% del total del área de la cuenca.

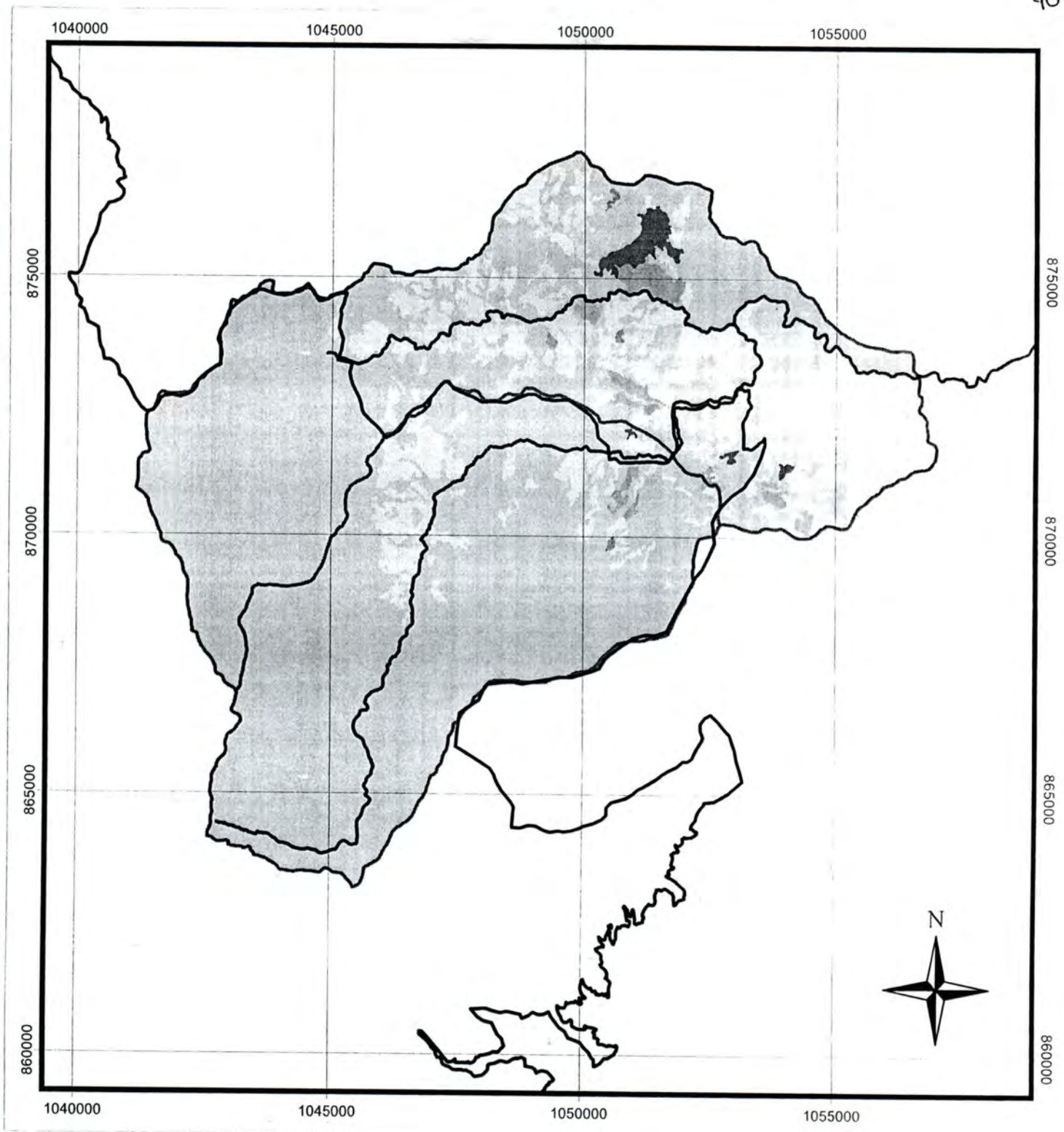
Y los pastos a representar de un 16.61% a un 93.06%, de los cuales 76.45 se simulan con condición hídrica mala y un 16.61% con condición hídrica buena.

A continuación se presentan la distribución del uso del suelo en el escenario deforestado y el mapa respectivo:

Cobertura – Uso en escenario Deforestado	Área Total Ha	%	Área dentro del Parque Ha	%
Pastos de Corte - Condición Hídrica Mala	9,112.68	76.45%	6,848.86	91.77%
Pasto Natural (Ganadería Extensiva) Condición Hídrica Buena	1,980.05	16.61%	513.0179	6.87%
Hortalizas	182.9869	1.54%	3.389	0.05%
Café plantado	172.396	1.45%	33.7713	0.45%
Café	12.2202	0.10%	3.406	0.05%
Cebolla junca	39.5489	0.33%	39.5489	0.53%
Maíz	11.5763	0.10%	0	0.00%
Zona Urbana	301.4319	2.53%	16.173	0.22%
Infraestructura – construcción dispersa	103.9399	0.87%	5.5073	0.07%
Zona suburbana	3.4531	0.03%	0	0.00%
TOTAL	11,920.28	100.00%	7,463.67	100.00%

Distribución del uso del suelo en escenario Deforestado

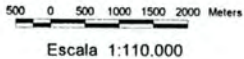
Se debe recordar que para este escenario se mantuvieron constantes las variables precipitación y temperatura, mientras las otras variables hidroclimáticas del modelo fueron simuladas.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE USO DEL SUELO EN ESCENARIO
 DEFORESTADO**
 Representatividad de los pastos : 93.06%

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

Uso_Def

- Cafe
- Cafe Plantado
- Cebolla Junca
- Hortalizas
- Maiz
- Pasto Natural (Ganaderia Extensiva)

- Pastos de Corte (Condición Hidrica Mala)
- Zona Urbana
- Infraestructura
- RioCaliPichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde

7.1.3.1 Evapotranspiración Real

En la modelación de escenarios se mantuvo constante su método de Cálculo (Método TURC) y solo se cambió el uso del suelo:

De acuerdo a la distribución del uso del suelo en escenario deforestado se presentan los KC (Necesidades de agua de las coberturas) Asignados.

Uso Actual	Uso en Escenario Deforestado	KC en escenario deforestado
Bosque Natural	Pastos de Corte - Condición Hídrica Mala	0.80
Bosque Plantado	Pastos de Corte - Condición Hídrica Mala	0.80
Café y Café Plantado	Café y Café Plantado	0.60
Hortalizas y Cebolla junca, Maíz	Hortalizas y Cebolla junca, Maíz	0.90
Pasto Natural (Ganadería Extensiva)	Pasto Natural (Ganadería Extensiva) Condición Hídrica Buena	1.00
Construcción dispersa, Infraestructura, Zona Urbana, Zona SubUrbana	Construcción dispersa, Infraestructura, Zona Urbana, Zona SubUrbana	0.25
Rastrojos	Pastos de Corte - Condición Hídrica Mala	0.80
Vegetación de Páramo	Pastos de Corte - Condición Hídrica Mala	0.80

Asignación de KC para escenario Deforestado

Fuente: Efecto de la cobertura vegetal en la respuesta hidrológica de cuencas

Hidrográficas. Montoya Ramírez Hernán, Mario Díaz Granados. CVC.

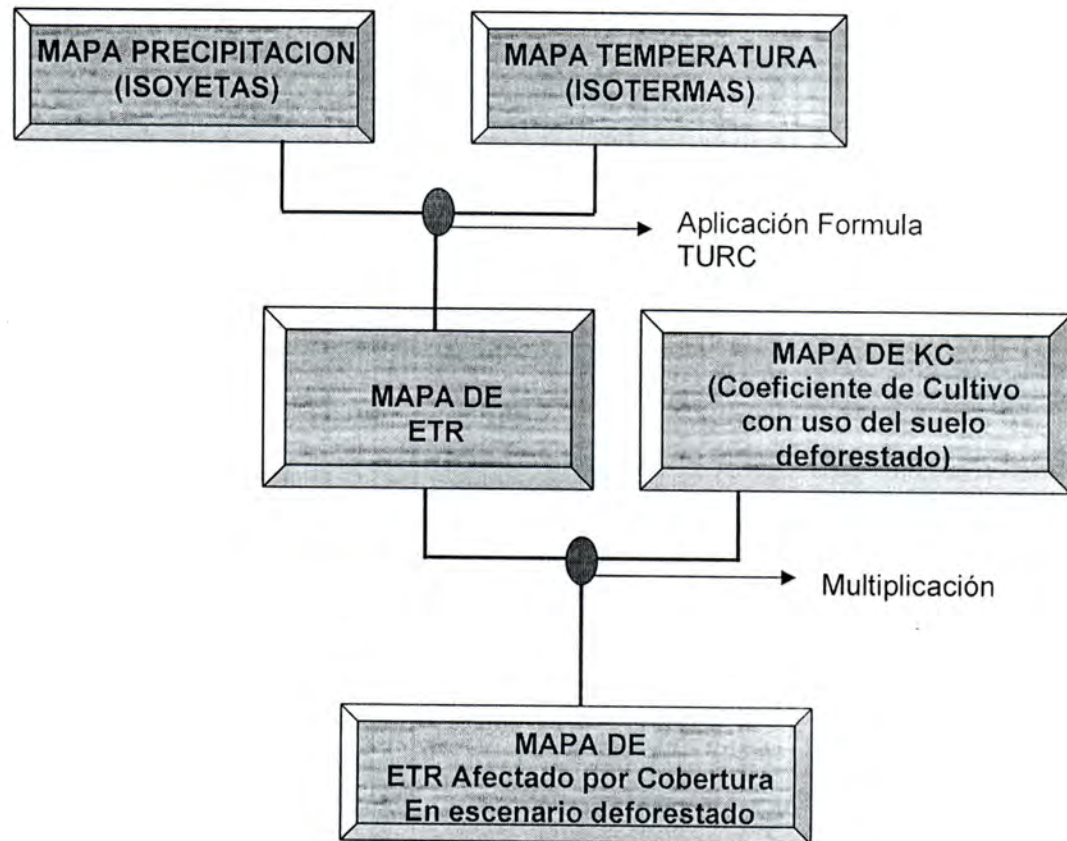
Asesor CIAT: Pedro Burgos.

Cuentas de Patrimonio Natural del recurso hídrico en las cuencas de los ríos Tulúa y Morales. CVC. 1999.

FAO (1984)

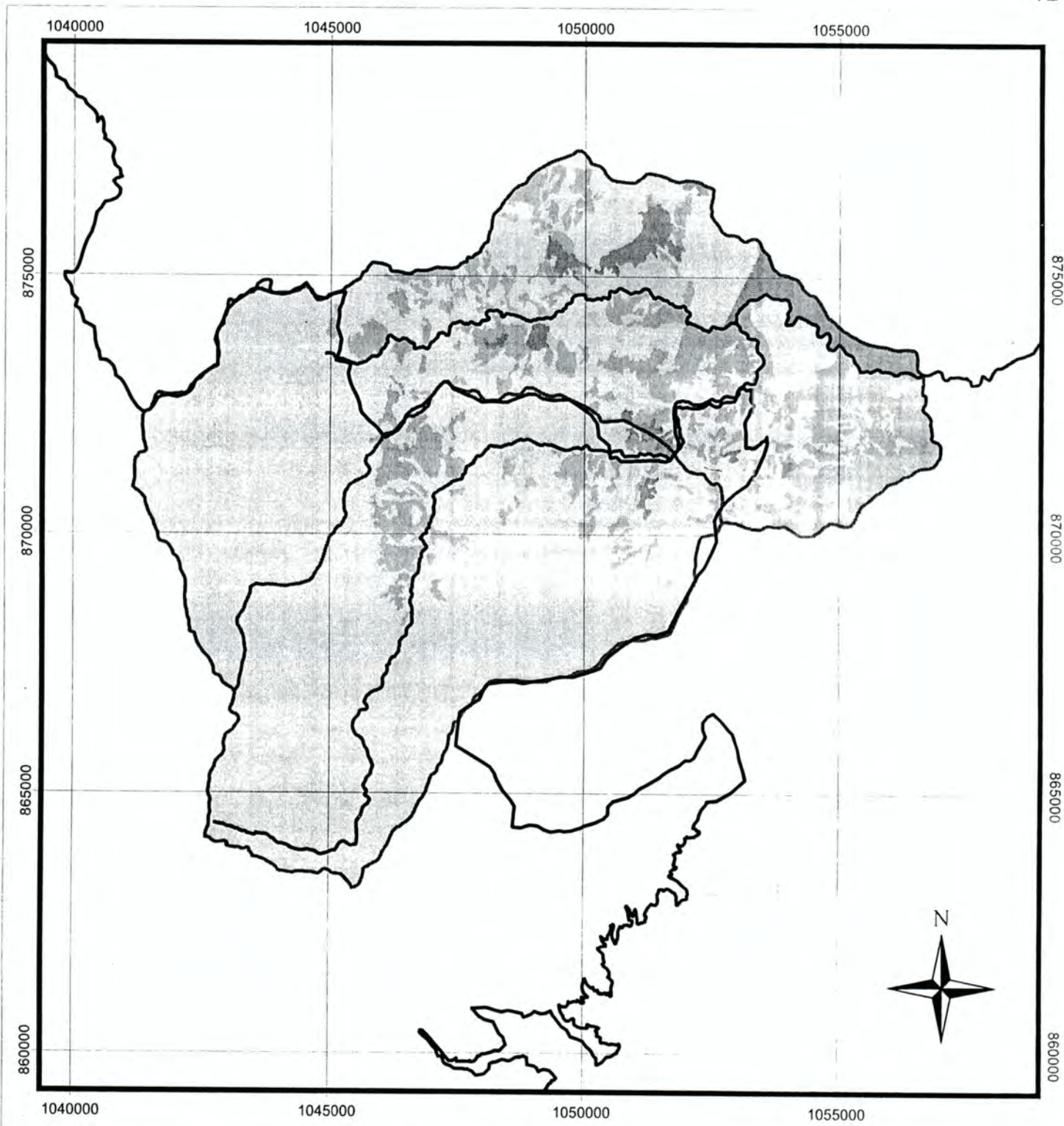
7.1.3.1.1 Método de representación Cartográfica y Resultados

La representación cartográfica es la misma que la utilizada para la ETRa con uso actual del suelo, solo varía el Mapa de KC ya que se basa en el uso del suelo deforestado.



La representación cartográfica de la ETR según TURC, se obtuvo en el balance hídrico para el uso actual del suelo y se mantiene constante para el cálculo en el escenario de deforestación.

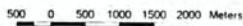
La generación del mapa de KC y finalmente el de Evapotranspiración Real Afectada por Cultivo se obtuvieron a partir de las tablas de distribución de uso en el escenario deforestado descritas anteriormente y la aplicación del modelo cartográfico:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
NACIONALES NATURALES
PNN FARALLONES
CUENCA DEL RIO CALI

MAPA DE KC (NECESIDADES DE AGUA EN LOS CULTIVOS) EN ESCENARIO DEFORESTADO

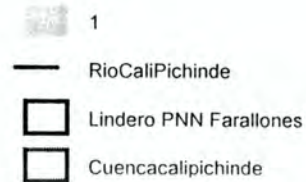
Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

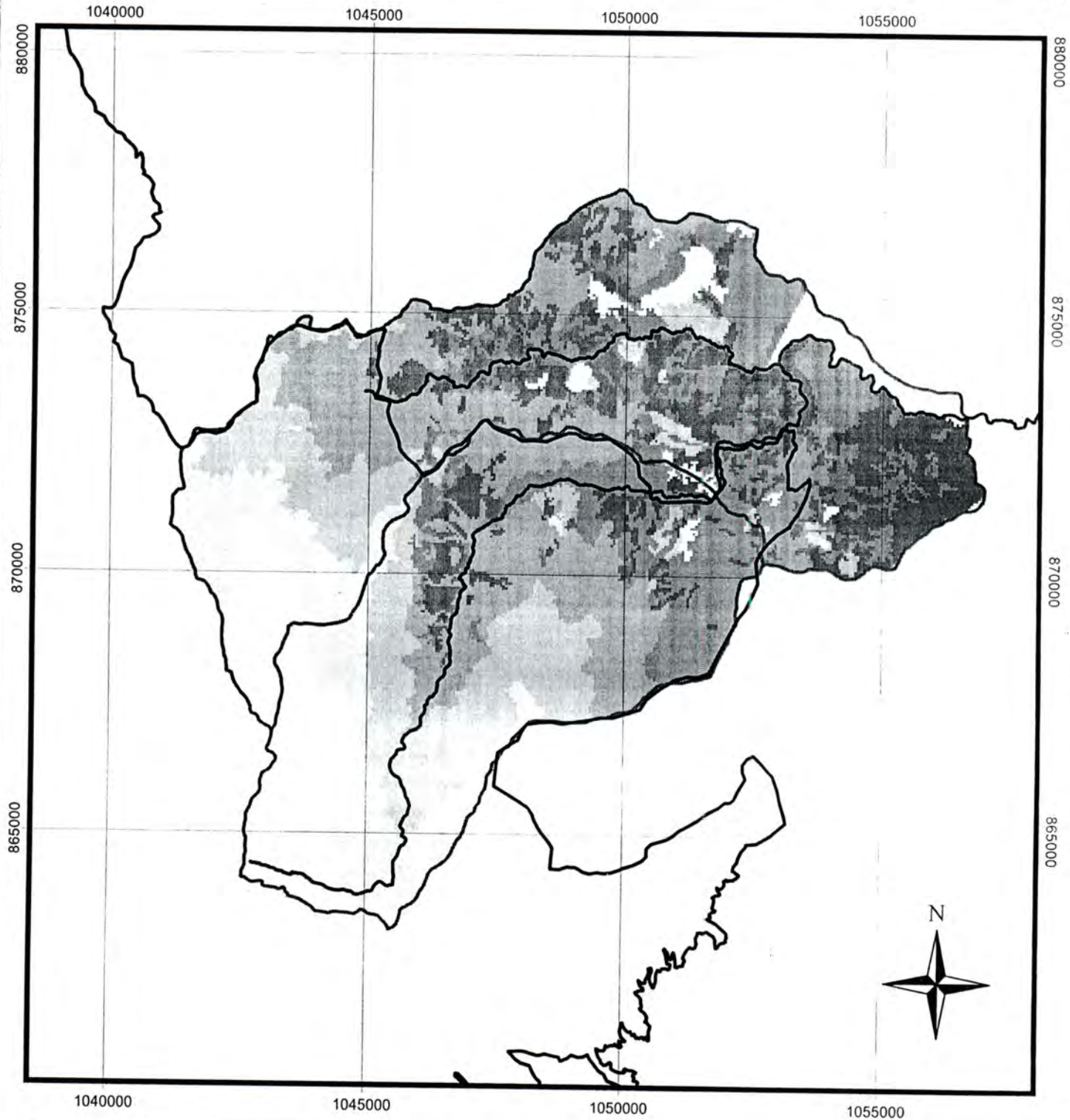


Escala 1:110.000



CCNVENCIONES

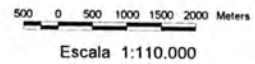




MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION REAL
 ESCENARIO DEFORESTADO
 PROMEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL
 (Periodo de referencia 1982 - 2002)
 METODO TURC - CON AJUSTE DE KC
 Promedio de ETRa= 26.2158 mm

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elabro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

Etr_def1	24.645 - 28.606	No Data
8.803 - 12.764	28.606 - 32.566	— Rio Cali Pichinde
12.764 - 16.724	32.566 - 36.527	□ Lindero PNN Farallones
16.724 - 20.685	36.527 - 40.487	□ Cuencacalipichinde
20.685 - 24.645	40.487 - 44.448	

7.1.3.1.2 Generación de datos estadísticos

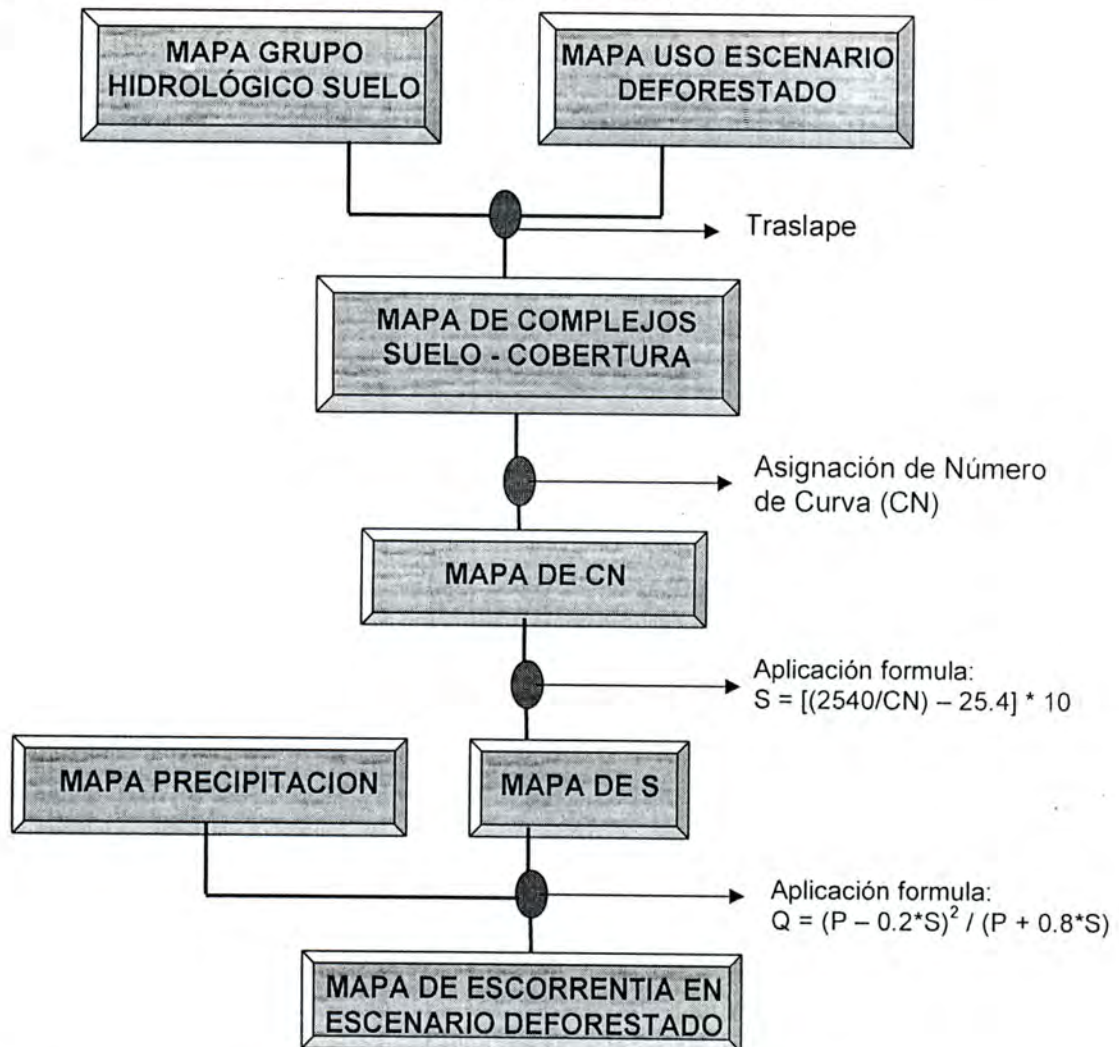
A partir del mapa de ETR afectado por cultivo en escenario deforestado se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuencas Cali	26.2158	44.4477	8.80337
Área dentro del PNN Farallones	23.2855	41.5269	8.80337
Área Fuera del PNN	31.203	44.4477	8.89115

7.1.3.2 Escorrentía

El cálculo de esta variable en la modelación de diversos escenarios de uso del suelo se basa en el método de Curva Número del SCS (Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos), el cual permite modelar la variable escorrentía cambiando el estado y uso de la cobertura vegetal.

7.1.3.2.1 Método de representación cartográfica y resultados



En el proceso de elaboración del mapa de escorrentía se mantuvieron constantes el mapa de precipitación y el mapa de grupo hidrológico de suelo el cual se presentó como referencia la caracterización el área de estudio.

A partir del mapa de grupo hidrológico de suelo y de uso en escenario deforestado se generan el mapa de CN (Curva Número) y S (Máxima retención en la cuenca)

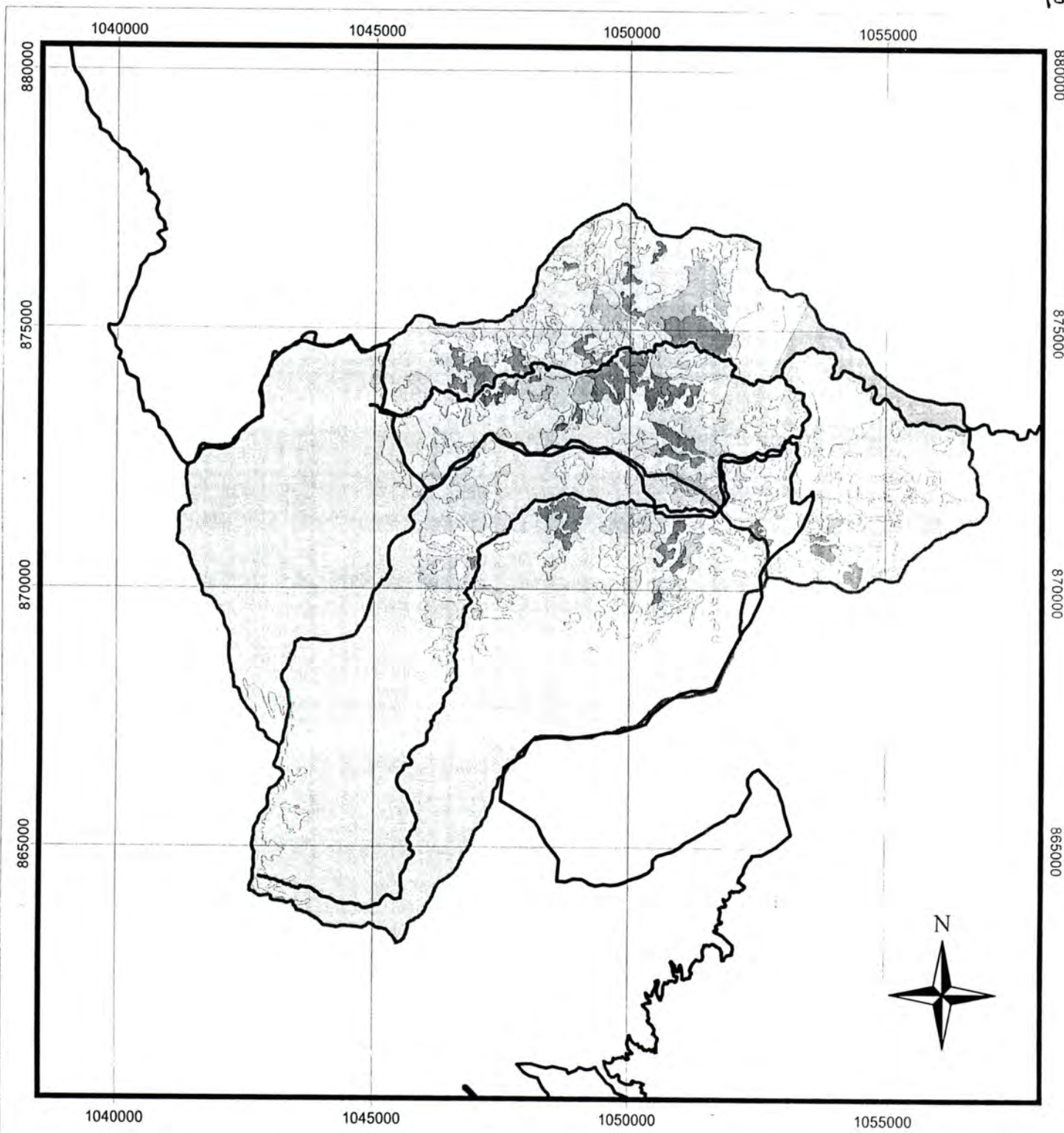
7.1.3.2.1.1 Reclasificación del mapa de uso del suelo en escenario deforestado

A partir del mapa de uso para el escenario deforestado descrito anteriormente, se generó una pequeña reclasificación del mismo con el fin de hacer semejanzas con los usos planteados en el cuadro "Estimación de los números de las curvas de escorrentía (de USDA-SCS, 1964)"

Cobertura – Uso Esc. Deforestado	Reclasificación	Área Total Ha	%	Área dentro del Parque Ha	%
Pastos de Corte - Condición Hídrica Mala	Se reclasifica a pastos de pastoreo condición hídrica Mala	9,112.68	76.45%	6,848.86	91.77%
Pasto Natural (Ganadería Extensiva) Condición Hídrica Buena	Se reclasifica a pastos de pastoreo condición hídrica Buena	1,980.05	16.61%	513.0179	6.87%
Hortalizas	Agricultura (Cultivos en Hileras)	418.7283	3.52%	80.1152	1.08%
Café plantado					
Café					
Cebolla Junca					
Maíz					
Zona Urbana	Infraestructura – Zona Urbana (Se reclasifica a patios)	408.8249	3.43	21.6803	0.29
Infraestructura – construcción dispersa					
Zona suburbana					
TOTAL		11,920.28	100.00%	7,463.67	100.00%

Lo anterior es necesario para poder generar el mapa de CN (Curva Número).

A continuación se presenta el mapa de uso en escenario deforestado con su respectiva reclasificación



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE USO DEL SUELO EN ESCENARIO
 DEFORESTADO RECLASIFICADO**

CONVENCIONES

Uso_Esc_Deforestado_Reclasificado

- Agricultura
- Infraestructura - Patios
- Pastos de Pastoreo condición hidrica mala
- Pastos de Pastoreo Condición Hidrica Buena

- RioCaliPichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuencacalipichinde

500 0 500 1000 1500 2000 Meters

Escala 1:110.000

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

7.1.3.2.1.2 Generación de los mapas CN(Curva Número) y S (Máxima Retención)

Para la generación del mapa de CN se traslapan los mapas de uso en escenario deforestado reclasificado y el de grupo hidrológico de suelo; y teniendo como referente el cuadro "Estimación de los números de las curvas de escorrentía (de USDA-SCS, 1964)" se asigna a cada complejo uso-suelo el número de CN correspondiente.

Algunos de los criterios tenidos en cuenta para la asignación de los CN fueron:

- Para la asignación de los CN se tuvo en cuenta la tesis "Evaluación de diferentes métodos para determinar caudales máximos en las cuencas de los ríos Cali, Pichinde, Cañaveralejo, Melendez y Lili" por Jenny Astrid Mayorquin. Univalle – U. Nacional. 1997. Ya que el documento plantea la asignación de CN para la cuenca del Cali.
- La vegetación de páramo se asumió como semejante al uso pastos de pastoreo, ya que la tabla del USDA-SCS no lo contempla como cobertura.

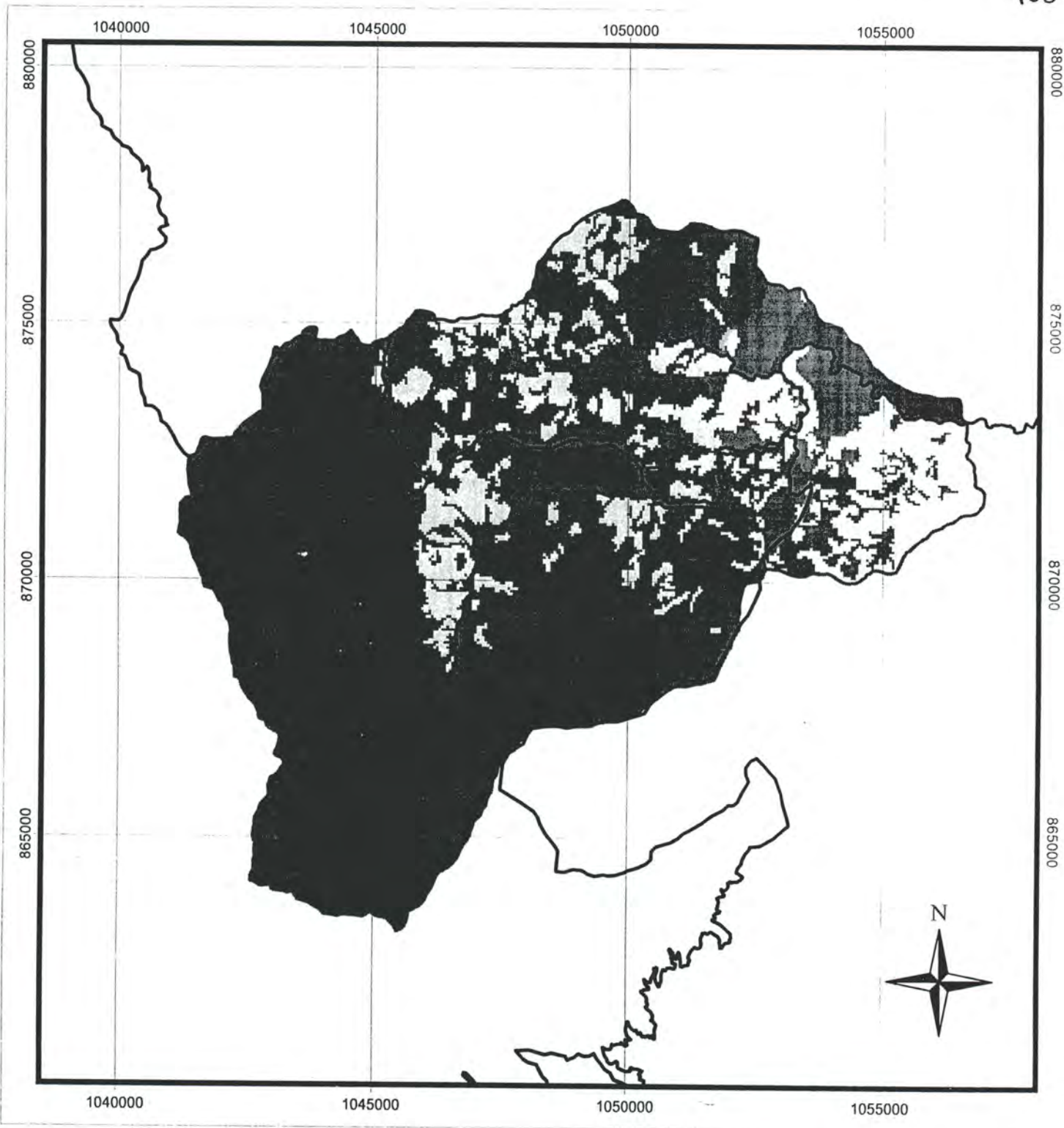
De acuerdo a lo anterior se obtuvo el siguiente cuadro de asignación de CN para cada complejo uso escenario deforestado - suelo, y el mapa obtenido sobre CN se aprecia más adelante:

USO en escenario deforestado y reclasificado	SUELO	CN2 Asignado
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Reclasificada a patios)	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	74
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Reclasificada a patios)	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentía	82
INFRAESTRUCTURA – ZONA URBANA (Reclasificada a patios)	D - Alto Potencial de Escorrentía	86
AGRICULTURA	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	75
AGRICULTURA	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentía	82
PASTOS DE PASTOREO CONDICION HIDRICA MALA	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	79
PASTOS DE PASTOREO CONDICION HIDRICA MALA	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentía	86
PASTOS DE PASTOREO CONDICION HIDRICA MALA	D - Alto Potencial de Escorrentía	89
PASTOS DE PASTOREO CONDICION HIDRICA BUENA	B - Moderadamente Bajo Potencial de Escorrentía	61
PASTOS DE PASTOREO CONDICION HIDRICA BUENA	C - Moderadamente Alto Potencial de Escorrentía	74

A partir del mapa GRID de curva número y la aplicación de la fórmula:

$$S = [(2540/CN) - 25.4] * 10$$

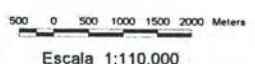
Se obtuvo el mapa de máxima retención en la cuenca (S) expresado en mm, para el escenario de uso del suelo Deforestado.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

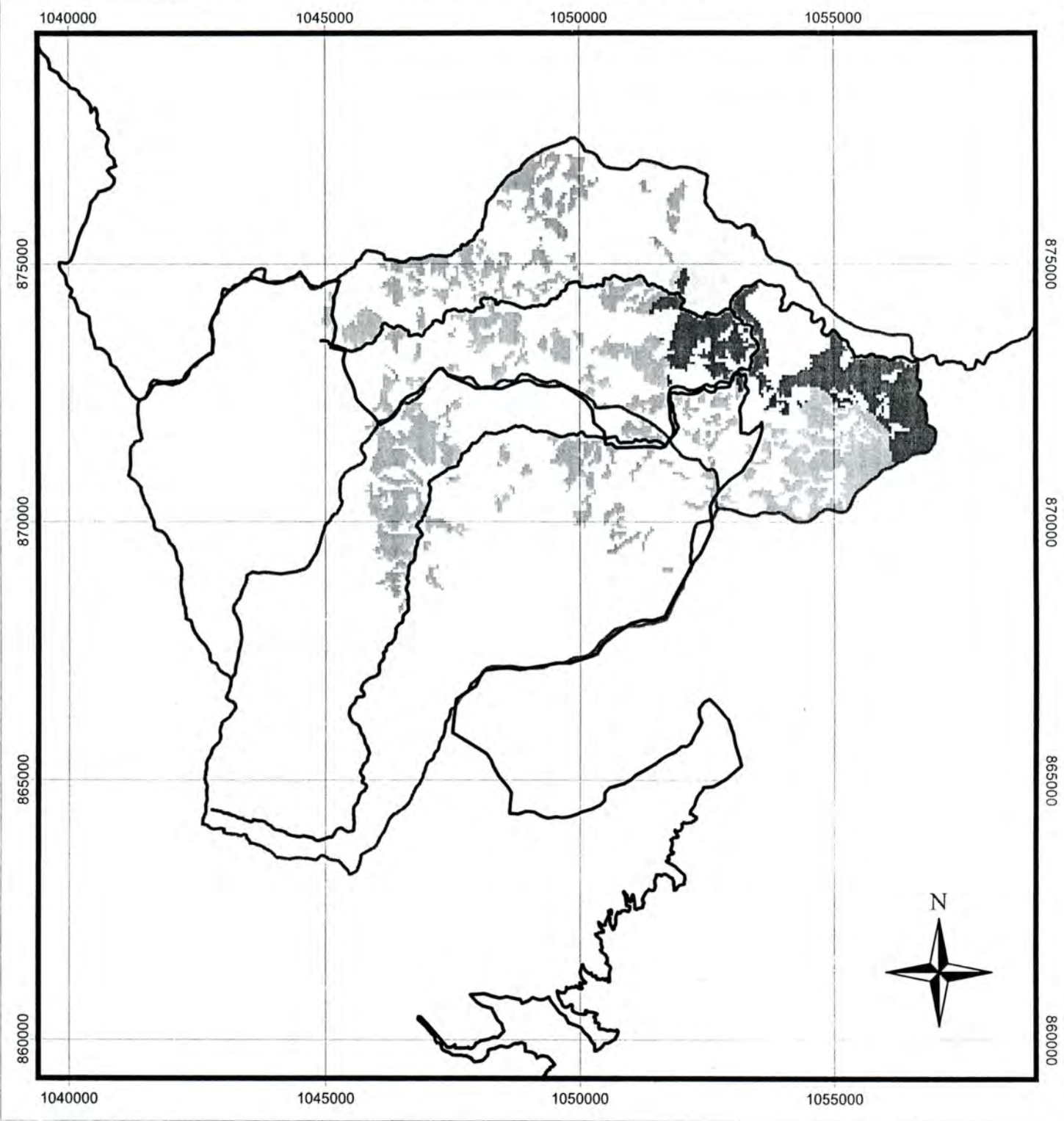
MAPA CURVA NUMERO
ESCENARIO DE USO DEL SUELO DEFORESTADO
SIN AJUSTE DE PENDIENTE
PROMEDIO DE CN: 83.0002

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



CONVENCIONES

- | | | | | |
|----------|--|----|--|------------------------|
| Cn2_defm | | 79 | | RioCaliPichinde |
| | | 82 | | Lindero PNN Farallones |
| | | 86 | | Cuencacalipichinde |
| | | 89 | | |



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

MAPA MAXIMA RETENCION EN
 LA CUENCA (S).
 ESCENARIO DE USO DEL SUELO DEFORESTADO
 METODO CURVA NUMERO - SIN AJUSTE DE PENDIENTE
 Promedio de S = 48.9074 mm

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

500 0 500 1000 1500 2000 Meters
 Escala 1:110.000

CONVENCIONES		
S		No Data
26 - 40.444	83.778 - 98.222	RioCaliPichinde
40.444 - 54.889	98.222 - 112.667	Lindero PNN Farallones
54.889 - 69.333	112.667 - 127.111	Cuencacalipichinde
69.333 - 83.778	127.111 - 141.556	
	141.556 - 156	

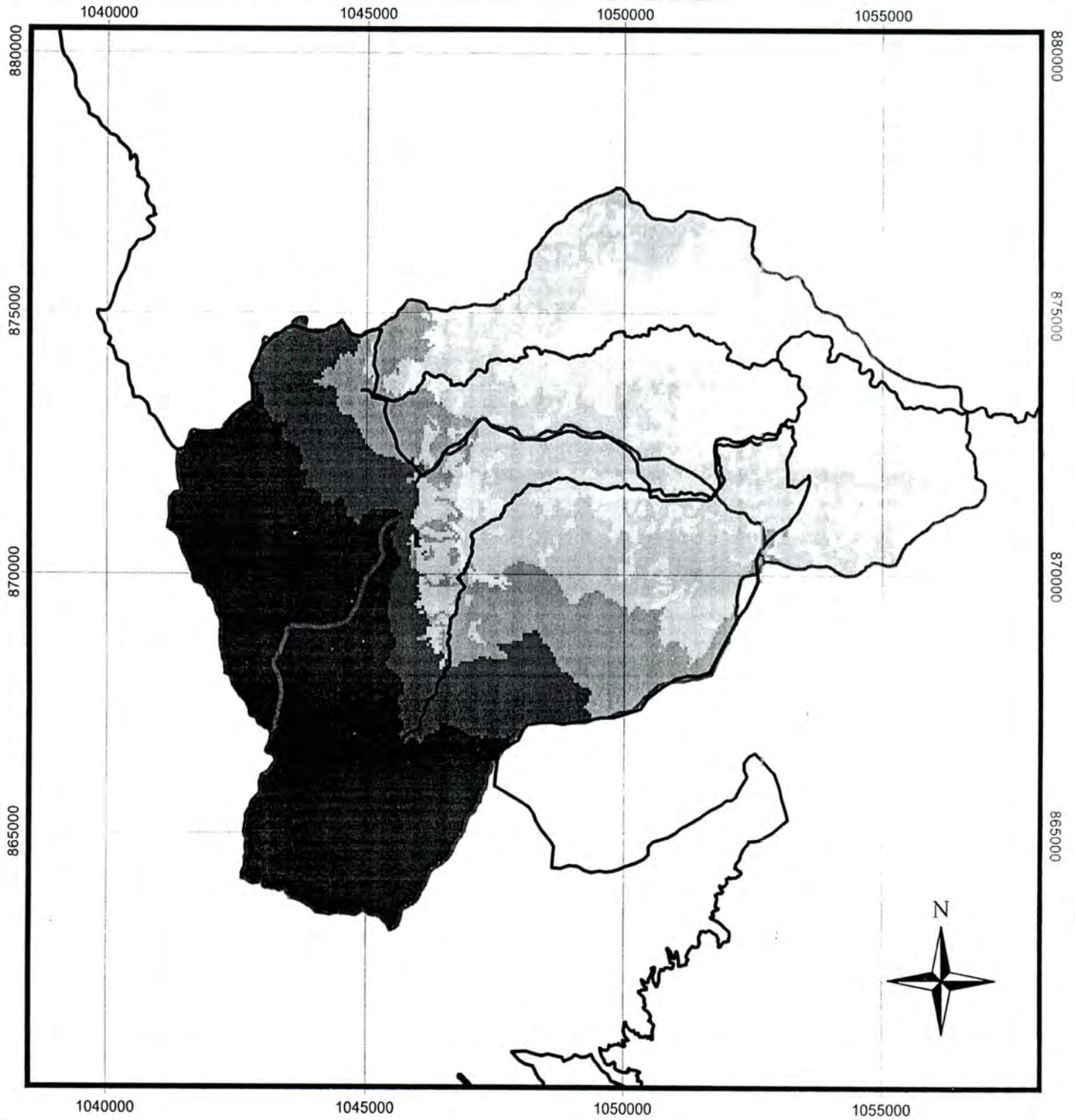
7.1.3.2.1.3 Generación del mapa de Escorrentía para el escenario de deforestación

A partir del mapa de máxima retención (S) y la aplicación de la formula:

$$Q = (P - 0.2*S)^2 / (P + 0.8*S)$$

Se obtiene el mapa de escorrentía, expresado en mm, para periodo de tiempo mensual – anual.

El mapa da un promedio de **118.979mm** Mensual – Anual, el cual equivale de acuerdo a la formula de conversión a **5.393 m³/s**, se aprecia un porcentaje de incremento de la escorrentía con relación al escenario de uso actual de **1.505 m³/s**



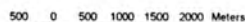
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

**MAPA DE ESCORRENTIA - PROMEDIO MENSUAL - ANUAL
 MULTIANUAL. ESCENARIO DE DEFORESTACION**
 (Periodo de referencia 1982 - 2002)
 METODO CURVA NUMERO
 SIN AJUSTE DE PENDIENTE
 Promedio de Escorrenia: 118.979 mm

CCNVENCIONES

Qdef1		19.011 - 47.191		131.733 - 159.914	No Data
		47.191 - 75.372		159.914 - 188.095	Rio Cali Pichinde
		75.372 - 103.553		188.095 - 216.275	Lindero PNN Farallones
		103.553 - 131.733		216.275 - 244.456	Cuencalipichinde
				244.456 - 272.637	

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG



Escala 1:110.000

7.1.3.2 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de Escorrentía en escenario deforestado, se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuenca Cali	118.979	272.637	19.0105
Área dentro del PNN Far	149.643	272.637	26.9072
Área Fuera del PNN	66.8546	193.184	19.0105

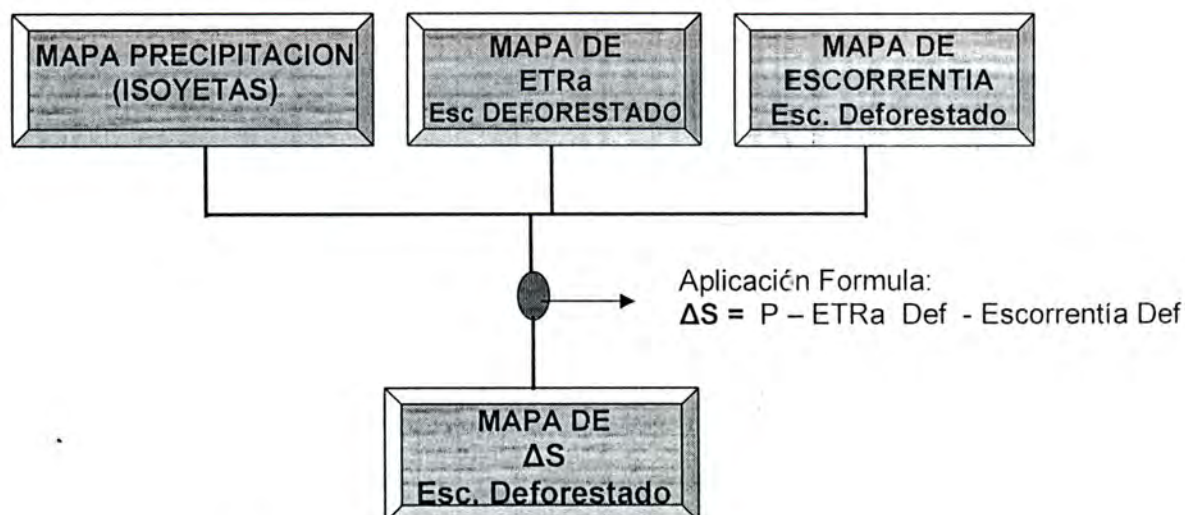
7.1.3.3 Agua Almacenada en el Suelo (ΔS)

El valor tomado para el ΔS en el escenario de deforestación incluye las variables:

- Almacenamiento
- Infiltración
- Percolación

7.1.3.3.1 Método de Representación Cartográfica y resultados

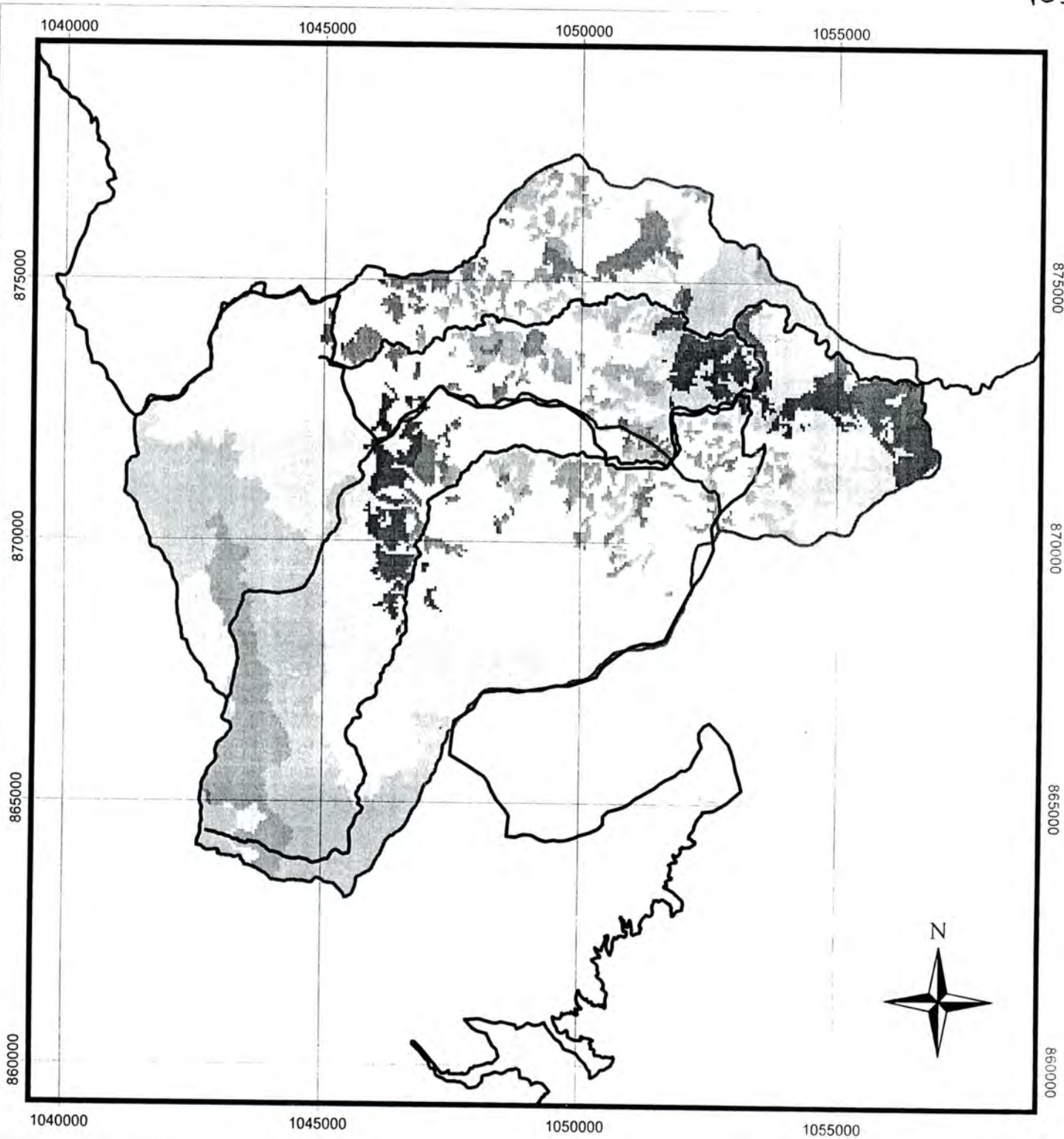
En el desarrollo de la modelación de escenarios esta variable se halló mediante la diferencia de las variables Precipitación, Evapotranspiración Real Afectada por cultivo en escenario deforestado y Escorrentía superficial en escenario deforestado



Para obtener el mapa de ΔS se aplicó la siguiente fórmula:

$$\Delta S = \text{Mapa de Precipitación} - \text{Mapa de ETRa Esc Deforestado} - \text{Mapa de Escorrentía Esc Deforestado}$$

Obteniéndose el siguiente el mapa:



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
 UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES
 NACIONALES NATURALES
 PNN FARALLONES
 CUENCA DEL RIO CALI

MAPA DE AGUA ALMACENADA EN EL SUELO (DELTA S)
 ESCENARIO DEFORESTADO
 PROMEDIO MENSUAL ANUAL MULTIANUAL
 (Período de Referencia 1982 - 2002)
 FORMULA= Precipitación -ETRa Def- Escorrentia Def
 Promedio de Delta S= 16.4835 mm

Fuente: CVC, UAESPNN, IGAC
 Elaboro: Lina Marisol Romero - SIG

900 0 900 Meters
 Escala 1:110.000

CONVENCIONES

Deltas

- 0 - 5.812
- 5.812 - 11.625
- 11.625 - 17.437
- 17.437 - 23.25

- 23.25 - 29.062
- 29.062 - 34.875
- 34.375 - 40.687
- 40.687 - 46.499
- 46.499 - 52.312

- No Data
- Rio Cali Pichinde
- Lindero PNN Farallones
- Cuencalipichinde

7.1.3.4 Generación de datos estadísticos

A partir del mapa de Grid de ΔS en escenario deforestado, se obtiene para la cuenca Cali los datos de promedio, máximo y mínimo con los siguientes resultados:

Area	Promedio mm	Máximo mm	Mínimo mm
Cuenca Cali	16.4835	52.3119	0.00003
Área dentro del PNN Farallones	15.5968	45.7244	0.69434
Área Fuera del PNN	17.9917	52.3119	0.00003

7.1.4 ANALISIS DE RESULTADOS EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS

Tabla detallada de resultados del balance en los distintos escenarios para el área de la cuenca y las áreas dentro y fuera del PNN Farallones

Escenario	Area	Precipitación mm			Evapotranspiracion Real mm			Escorrentía mm			ΔS mm		
		Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	Min
Uso Actual	Toda la Cuenca	161.667	302.261	92.5879	24.7437	44.4477	8.25319	85.7635	243.235	11.0378	51.1703	87.884	4.40943
	Dentro Parque	188.716	302.261	102.804	21.9124	41.5269	8.25319	106.798	243.235	17.2552	59.8148	87.884	10.8343
	Fuera Parque	116.299	234.879	92.5879	29.5631	44.4477	8.8915	50.0151	139.738	11.0378	36.4718	73.6021	4.40943
Reforestado	Toda la Cuenca	161.667	302.261	92.5879	23.544	33.3358	8.25319	81.9675	243.235	11.0378	56.1659	87.884	22.1366
	Dentro Parque	188.716	302.261	102.804	21.5161	31.1452	8.25319	105.21	243.235	17.2552	61.7986	87.884	31.3829
	Fuera Parque	116.299	234.879	92.5879	26.9955	33.3358	8.89115	42.4639	139.738	11.0378	46.5906	73.6393	22.1366
Deforestado	Toda la Cuenca	161.667	302.261	92.5879	26.2158	44.4477	8.80337	118.979	272.637	19.0105	16.4835	52.3119	0.00003
	Dentro Parque	188.716	302.261	102.804	23.2855	41.5269	8.80337	149.643	272.637	26.9072	15.5968	45.7244	0.69434
	Fuera Parque	116.299	234.879	92.5879	31.203	44.4477	8.89115	66.8546	193.184	19.0105	17.9917	52.3119	0.00003

Tabla Resumen de resultados del balance en los distintos escenarios para el área de la cuenca del Río Cali.

Escenario	Precipitación mm	Evapotranspiracion mm	Escorrentía mm	ΔS mm
Uso Actual	161.667	24.7437	85.7635	51.1703
Reforestado	161.667	23.544	81.9675	56.1659
Deforestado	161.667	26.2158	118.979	16.4835

El balance hídrico se fundamenta en la simulación de cambios en el uso del suelo, y como la vegetación afecta el ciclo hidrológico.

Para el análisis de resultados es importante tener en cuenta dos factores:

- El valor de la precipitación se mantuvo constante en los tres escenarios y lo que se ha simulado son los cambios en su distribución.
- Es importante tener en cuenta que la interpretación de las variables debe leerse como tendencias de incremento o de reducción y no como valores fijos reales de lo que se va a presentar si los escenarios se dan en la realidad, lo anterior debido a dos factores principalmente, el primero porque la precipitación es constante y ante reales cambios en el uso del suelo hay posibilidades que la precipitación también sea afectada y segundo por los periodos de estudios tomados Mensuales anuales durante 21 años) son bastante amplios y muestran tendencias, pero se deben tomar varios periodos cortos para obtener información más detallada.

A partir de las consideraciones anteriores y de los resultados del balance hídrico con el uso actual del suelo y los dos escenarios simulados: Forestado y Reforestado, los mapas generados y los resúmenes de resultados estadísticos que se presentan en las dos tablas anteriores se puede concluir:

- En el escenario deforestado al disminuir la cobertura arbórea disminuye ΔS (Almacenamiento) y aumenta la escorrentía superficial. En este caso ΔS disminuyó un 67.7% con relación al escenario de uso actual pasando de 51 1703 mm a 16.4835mm, mientras que la escorrentía superficial aumento 38.7% pasando de 85.7635 mm a 118.979mm
- En el escenario Reforestado, al aumentar la cobertura arbórea aumenta ΔS y disminuye la escorrentía superficial, en este sentido ΔS se incremento en un 9.7% pasando de 51.1703mm a 56.1659 mm y la escorrentía se redujo en 4.4% pasando de 85.7635 mm a 81.9675mm, lo anterior con relación al escenario de uso actual.
- La tendencia de la ETRa es a aumentar en el escenario deforestado y decrementarse en el escenario reforestado.
- Los mayores promedios de escorrentía y ΔS los aporta el área dentro del parque en los distintos escenarios, con la siguiente tendencia.

Escorrentía:

Escenario/Aporte del área	Uso Actual	Reforestado	Deforestado
Promedio en mm del área total	85.7635mm	81.9675mm	118.979mm
Aporte del área dentro Parque	68.2%	71.25%	69.12%
Aporte del área fuera del Parque	31.8%	28.75%	30.88%

ΔS (Almacenamiento)

Escenario/Aporte del área	Uso Actual	Reforestado	Deforestado
Promedio en mm del área total	51.1703mm	56.1659mm	16 4835mm
Aporte del área dentro Parque	62.12	57.02%	46.44
Aporte del área fuera del Parque	37.87	42.98	53.56

Inferencias:

a. En un escenario deforestado al disminuir la cobertura arbórea, durante los periodos lluviosos, se incrementarían los caudales superficiales, generándose crecientes fuertes, inundaciones, y se presentará mayor capacidad de erosión y transporte. De la misma forma se disminuyen el almacenamiento y por consiguiente la recarga de los acuíferos.

Mientras que durante los periodos secos, al disminuir la cobertura arbórea, se disminuye la escorrentía superficial, generándose caudales débiles, con menor capacidad de erosión y transporte, y se dispone de menos agua de infiltración subterránea para la recarga de los acuíferos.

b. En un escenario Reforestado, al aumentar la cobertura arbórea, se presentara mayor almacenamiento subterráneo y mayor regulación del agua superficial durante los periodos secos. Al reducirse la escorrentía superficial hay menor presencia de desastres naturales como avalanchas o desbordamiento de ríos especialmente en periodos lluviosos.

7.1.5 RECOMENDACIONES AL SISTEMA DE BALANCE HIDRICO POR DIVERSOS ACTORES

La metodología, así como los resultados del balance hídrico para la cuenca del río Cali se han presentado a los siguientes actores:

Cesar Rey – Asesor Dirección UAESPNN

Grupo SIG – UAESPNN

Director Territorial – DTSO

Jefes Programa PNN Farallones

German Zabala – EPSA

Jorge Rubiano – CIAT

Ernesto Giron – CONDESAN

Alfredo Zúñiga – CVC

Eliana Castro – IDEAM Cali

Bernardo Veloza – Planeación Departamental

En términos generales las recomendaciones dadas por los expertos en el tema frente a los resultados planteados fueron los siguientes:

- i) Los resultados del balance son bastantes cercanos a la realidad, con una confiabilidad del 96% en los datos promedios arrojados y comparados por las estaciones de medición.
- ii) Se han dado discusiones frente a la forma de cálculo de la precipitación ya que la metodología planteo realizarla por Interpolación teniendo en cuenta la altura, y si bien esto es funcional para algunas cuencas, para otras no ya que a partir de determinada altura la precipitación deja de aumentar y por lo contrario disminuye, dejando de ser una función lineal, en este sentido se recomienda la utilización de polígonos de Thiessen u otros métodos, así como tener en cuenta la cobertura de zonas de vida para las zonas altas y comparar y/o ajustar los valores de precipitación para estas áreas. Adicionalmente se recomienda modelar nuevamente esta variable sin tener en cuenta las estaciones de la cuenca del Aguacatal, ya que esta tiene características climáticas diferentes a las del Cali.
- iii) Es necesario tener en cuenta que antes de la Bocatoma del acueducto San Antonio se presentan captaciones de agua que pueden afectar el valor de la oferta, en este sentido no debe despreciarse los datos de escorrentía obtenidos por ajuste de pendiente los cuales arrojan valores mucho mayores a lo que registra la estación de bocatoma.
- iv) En el cálculo de la escorrentía, por el método de Curva Número se modela la cobertura de páramo como pastos de pastoreo, y la recomendación es que se corra nuevamente el modelo pero simulando el páramo como bosque natural y analizar los resultados
- v) Para el cálculo de la escorrentía se recomienda verificar los resultados realizando ajustes por pendiente, calculando el CN3 por fórmula y no por tabla de referencia.
- vi) Debido a que se está trabajando con la misma cobertura vegetal o uso del suelo por un periodo de 21 años para los cálculos de precipitación, ETR y Escorrentía, se recomienda realizar el cálculo del balance por sectores de la cuenca.
- vii) Sería importante comparar los resultados del balance con los resultados de calidad de aguas de la estación Bocatoma para dar más validez al balance.
- viii) Es necesario utilizar varios modelos para el cálculo de las diferentes variables del modelo, comparar sus resultados y seleccionar el que más se ajuste a la realidad.
- ix) Se recomienda correr el modelo para otras cuencas del parque donde las instituciones participantes en esta validación desarrollan actividades de gestión.
- x) En la modelación de escenarios, se recomienda tener en cuenta los planteamientos del POT de Cali y los datos del análisis multitemporal realizado por el PNN Farallones.

7.2 COMPONENTE DEMANDA - CONCESIONES

En el año 2003 se termino la afinación y prueba en campo de la encuesta para determinar la demanda del recurso hídrico en áreas de parques nacionales, la cual se enfoca hacia la localización y caracterización de captaciones y/o derivaciones de agua. A si mismo se elaboro la ruta metodológica del proceso de concesiones donde la primera etapa corresponde al diligenciamiento en campo de la encuesta para tener el inventario de captaciones y proseguir con el proceso de legalización.


Cabe anotar que la encuesta unificada partió de dos encuestas previamente elaboradas para el mismo fin, por un lado el PNN Farallones a través del programa de administración de aguas había formulado una; y por otro la Unidad jurídica había diseñado otra. En este sentido se llevo acabo una sesión de trabajo con el Vanesa Velez (Jurídica), Maria Claudia García (Sostenibilidad Financiera), Juliana Ceron, Pedro Burgos, Luis Fernando Gomez del PNN Farallones y Lina Marisol Romero del Grupo SIG, con el fin de realizar su unificación, la cual además debía involucrar características de codificación de variables, datos espaciales susceptibles de georreferenciar y una estructura que permitiera ser incorporada a una base de datos.

La encuesta se convierte en una herramienta fundamental para el componente de demanda del sistema de agua, ya que arroja la información correspondiente a los caudales de las captaciones localizadas en el área protegida, proporcionando información sobre cantidad y uso que se le da (Doméstico, pecuario, recreativo, etc), esto entre otras varias variables que permite capturar la encuesta.

Para su prueba y diligenciamiento adecuado por parte de los operarios se dieron dos talleres en el primer semestre del 2003, de formación al personal del PNN Farallones, uno en el tema de Cartografía básica y GPS con el fin de dar los conocimientos generales para la lectura e interpretación de mapas, así como en el manejo de GPS y el segundo taller se enfocó hacia el diligenciamiento de la encuesta.

A continuación se presenta la última versión de encuesta (probada y afinada) y se describe el aplicativo en Access que se encuentra en prueba.

ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DEMANDA Y USO DEL RECURSO HIDRICO PNN FARALLONES

	MINISTERIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL DEL SISTEMA DE PARQUES NACIONALES NATURALES DIRECCION TERRITORIAL SUROCCIDENTE	ENCUESTA PARA DETERMINAR LA DEMANDA Y USO DEL RECURSO HIDRICO PNN FARALLONES	Encuesta No	FECHA			Encuesta por sector	
				D	M	A	Cod_sec	No
NOMBRE DEL ENCUESTADOR:			NOMBRE DEL ENCUESTADO:					

1.0 IDENTIFICACION DEL USUARIO (Marque con una X el Tipo de Usuario de la captación)

DE DONDE TOMA EL AGUA		Acueducto <input type="checkbox"/> 01	Individual <input type="checkbox"/> 02
INDIVIDUAL: <input type="checkbox"/> 01	COLECTIVO: ACUEDUCTO <input type="checkbox"/> 02	DISTRITO DE RIEGO <input type="checkbox"/> 03	
NOMBRE O RAZON SOCIAL PROPIETARIO DEL PREDIO:		RAZON SOCIAL:	
REPRESENTANTE LEGAL:		REPRESENTANTE LEGAL:	
NOMBRE DEL PREDIO:		NOMBRE DEL ACUEDUCTO O DISTRITO DE RIEGO:	

2.0 LOCALIZACION DEL PREDIO O AREA DE INFLUENCIA DEL ACUEDUCTO O DISTRITO DE RIEGO

NOMBRE MUNICIPIOS	NOMBRE CORREGIMIENTOS	NOMBRE VEREDAS
-------------------	-----------------------	----------------

3.0 INFORMACION DEL PREDIO (Solamente Para usuarios Individuales)

3.1 HABITANTES DEL PREDIO (Marque con una X el tipo de Habitante del predio):

Propietario 01 Arrendatario 02 Comodato 03 Otro 04 Cual _____ Nombre: _____

NUMERO DE HABITANTES: Adultos: _____ Niños: _____ Area del predio en Hectáreas: _____

3.2 USOS DEL SUELO (Marque con una X los usos del suelo del predio y el área en Hectáreas)

Cultivo Forestal <input type="checkbox"/> 01	Pastos <input type="checkbox"/> 02	Cultivo Agrícola <input type="checkbox"/> 03	Bosque Maduro <input type="checkbox"/> 04	Bosque Secundario <input type="checkbox"/> 05	Bosque Sucesión T <input type="checkbox"/> 06
Area Ha: _____	Area Ha: _____	Area Ha: _____	Area Ha: _____	Area Ha: _____	Area Ha: _____

Si Marco Cultivos Agrícolas, especifique Cuales:

3.3 ACTIVIDAD PECUARIA (Marque con una X las actividades pecuarias del predio y el Número de Animales)

Porcino <input type="checkbox"/> 01	Ovinos <input type="checkbox"/> 02	Bovinos <input type="checkbox"/> 03	Caprinos <input type="checkbox"/> 04	Equinos <input type="checkbox"/> 05	Aves <input type="checkbox"/> 06	Peces <input type="checkbox"/> 07
Cantidad: _____	Cantidad: _____	Cantidad: _____	Cantidad: _____	Cantidad: _____	Cantidad: _____	Cantidad: _____

4.0 INFORMACION DE LA CAPTACION DE AGUA

4.1 LOCALIZACION DE LA CAPTACION

NOMBRE DEL MUNICIPIO	NOMBRE DEL CORREGIMIENTO	NOMBRE DE LA VEREDA	REFERENTE GEOGRAFICO DE LA CAPTACION
COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS PLANAS	
Latitud:	Longitud:	Coordenada x:	Coordenada y:
ESPECIFICACION DEL METODO DE MEDIDA PARA COORDENADAS:			
JURISDICCION (Marque con una X el área de Jurisdicción): Dentro del Parque <input type="checkbox"/> 01 Fuera del Parque <input type="checkbox"/> 02			

4.2 FUENTE DE LA CAPTACION (Marque con una X el tipo de Fuente y describa el código y nombre de la fuente)

FUENTE SUPERFICIAL						F SUBT	Código de la Fuente	Nombre de la Fuente
Río <input type="checkbox"/> 01	Quebrada <input type="checkbox"/> 02	Manantial <input type="checkbox"/> 03	Lago <input type="checkbox"/> 04	Laguna <input type="checkbox"/> 05	Embalse <input type="checkbox"/> 06	Pozo <input type="checkbox"/> 07		
Aforo caudal total de la fuente: l/s _____								
ACTIVIDADES DE CONSERVACION Y/O RECUPERACION DADO A LA FUENTE: NO <input type="checkbox"/> 01 Aislamiento de Protección de Rondas <input type="checkbox"/> 02 Reforestación <input type="checkbox"/> 03 Otro <input type="checkbox"/> 04 Cual: _____								

4.3 CARACTERIZACION DE LA CAPTACION

DIAMETRO DE LA CAPTACION L/s	TIPO DE OBRA DE LA CAPTACION: Lateral <input type="checkbox"/> 01 De Fondo <input type="checkbox"/> 02	SISTEMA DE CAPTACION: Gravedad <input type="checkbox"/> 01 Bombeo <input type="checkbox"/> 02	Fuente receptora de los excesos
------------------------------	---	--	---------------------------------

4.4 INFRAESTRUCTURA DE LA CAPTACION Y ESTADO ACTUAL (Marque con X la infraestructura de la captación y su estado: B: Bueno, R: Regular, M: Malo)

Rejilla Orificio De Captación <input type="checkbox"/> 01	Cámara de Derivación <input type="checkbox"/> 02	Tubería de Derivación <input type="checkbox"/> 03	Tubería de Excesos <input type="checkbox"/> 04	Sedimentador <input type="checkbox"/> 05	Disipadores de Energía <input type="checkbox"/> 06	Muros de Encausamiento <input type="checkbox"/> 07
B/R/M: _____	B/R/M: _____	B/R/M: _____	B/R/M: _____	B/R/M: _____	B/R/M: _____	B/R/M: _____

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO: NO <input type="checkbox"/> 01	Tanques <input type="checkbox"/> 02	Reservorio <input type="checkbox"/> 03	SISTEMA DE DISTRIBUCION: Mangueras <input type="checkbox"/> 01 Dmt(") _____	Acequia <input type="checkbox"/> B/R/M 03	Tubería <input type="checkbox"/> 02 Dmt(") _____
---	-------------------------------------	--	---	---	--

4.5 USOS DEL AGUA DE LA CAPTACION (Marque con X los usos del agua de la captación y especifique el diámetro de la toma de agua para cada uso)

Doméstico <input type="checkbox"/> 01	Agrícola <input type="checkbox"/> 02	Industrial <input type="checkbox"/> 03	Pecuario <input type="checkbox"/> 04	Recreativo <input type="checkbox"/> 05	Generación Energía <input type="checkbox"/> 06	Estáques Piscícola <input type="checkbox"/> 07
Diámetro(") _____	Diámetro(") _____	Diámetro(") _____	Diámetro(") _____	Diámetro(") _____	Diámetro(") _____	Diámetro(") _____

4.6 SITUACION JURIDICA DE LA CAPTACION

Con Concesión <input type="checkbox"/> 01	En Trámite de Concesión <input type="checkbox"/> 02	Sin Concesión <input type="checkbox"/> 03		
Autoridad: _____	Resolución No: _____	Fecha: _____	Autoridad: _____	Fecha Solicitud: _____
Servidumbre Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Proyección Con Otras Instituciones _____		

4.7 AGUAS RESIDUALES

TIPO DE TRATAMIENTO DADO A LAS AGUAS RESIDUALES: NO <input type="checkbox"/>	Pozo Séptico <input type="checkbox"/> 01	Blodigestor <input type="checkbox"/> 02	Laguna Oxidación y/o Sedimentación <input type="checkbox"/> 04	Pozo de Absorción <input type="checkbox"/> 05	Sistema con plantas acuáticas <input type="checkbox"/> 06
Nombre Fuente Receptora de los Vertimientos: _____					

5.0 INFORMACION DE ACUEDUCTOS

Personas Beneficiarias del acueducto _____	Tarifa de cobro a usuarios _____
--	----------------------------------

6.0 OBSERVACIONES Y FIRMA

OBSERVACIONES: _____
FIRMA Y CEDULA DEL ENCUESTADO: _____

Aplicativo Prototipo de la encuesta para determinar la demanda del sistema para el manejo del recurso hídrico:

El desarrollo de un aplicativo prototipo se refiere a desarrollar una aplicación funcional con conexión a una base de datos, de tal forma que le permita a los usuarios utilizarla para el registro y procesamiento de información, pero más importante aún para dos aspectos, el primero para probar la funcionalidad del modelo entidad –relación y segundo para la familiarización de los usuarios con los sistemas de información.

Para la creación del aplicativo prototipo se exporto el modelo físico de Microsoft Visio hacia Access, a partir del cual se creo la interfaz de entrada de datos para los seis componentes de la encuesta.

El aplicativo prototipo se compone de un menú principal, a partir del cual se permite el registro de datos (Figura No 1)

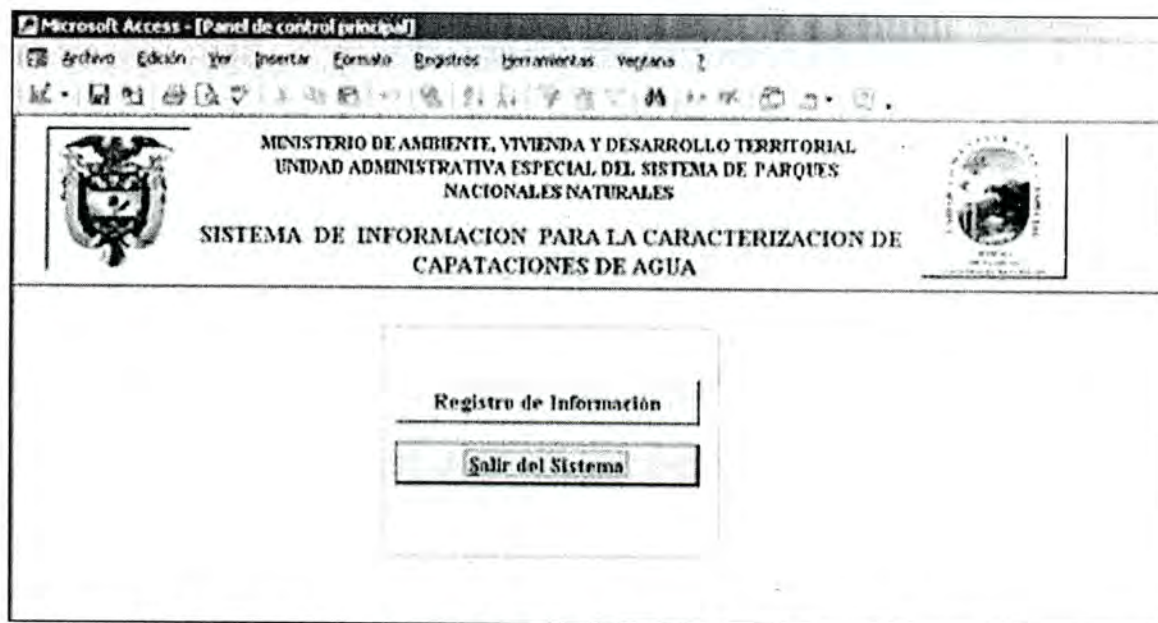


Figura No 1: Menú Principal sistema de caracterización de captaciones de agua.

A partir de este menú se accede al formulario "Caracterización de captaciones de agua" (Figura 2) que permite:

- A través de la interfaz principal se permite el registro del código de la captación, la jurisdicción de la misma, el tipo de captación, tipo de usuario, datos del encuestado y las coordenadas de localización
- En la parte inferior del formulario aparecen una serie de botones, cuatro hacia el lado izquierdo que permiten las operaciones con los registros de datos (adicionar nuevo, guardar, eliminar y salir) y hacia el lado derecho aparecen trece botones que permiten entrar los datos de la encuesta.

Todos los formularios se encuentran divididos en tres zonas, la zona superior donde se ubica el título del formulario, la zona intermedia que corresponde a la zona de trabajo y la zona inferior donde se ubican los botones de comando.

A continuación se realizara una breve descripción de cada uno de los módulos:

CARACTERIZACION DE CAPTACIONES DE AGUA			
Codigo Captacion:	13	Jurisdiccion:	Cuenca Cali - Dentro del PNN Farellones
Sede:	Queremal	Encuestador:	Libreros Paláño
Apellido Encuestado:		Nombre Encuestado:	
Tipo Usuario:	INDIVIDUAL	Nombre o Razon Social (Propietario Predio o Acueducto):	
Representante_legal:			
Nombre Predio, Acueducto o Distrito:		Area del Predio Ho	
COORDENADAS DE LA CAPTACION			
Latitud:		Longitud:	
Coordenada X:		Coordenada Y:	
Método Coordenadas:		Referente Geográfico:	

Guardar Captacion	Nueva Captacion	Eliminar Captacion	Salir	Ubicacion Captacion	Habitante	Uso Suelo	Act. Pecuaria	Fuente	Act. Recuper	Caractenz. Captacion	Infraestructuras	Sistema Almacena	Uso Agua	Situacion Juridica	Tratamiento Agua Res	Inf. Acueducto

Figura No 2: Formulario caracterización de captaciones de agua

En el formulario Ubicación de la captación (Figura 3) se puede registrar, los municipios y corregimientos y de talle de la localización de la captación, acueducto o distrito de riego.

En el formulario Habitantes (Figura 4) se puede ingresar la información correspondiente al número de familias, número de hombres, mujeres, niños y niñas que habitan el predio donde se localiza la captación

UBICACION CAPTACION, DISTRITO O ACUEDUCTO		
Area Protegida	PNN Farallones	Captacion 12
Municipio	Corregimiento	Detalle de la Ubicación/ Veredas
CALI	La Leonera	
CALI	Los Andes	

Figura No 3: Formulario de Ubicación de la captación, distrito o acueducto

HABITANTES DEL PREDIO DONDE SE UBICA LA CAPTACION					
Area Protegida	PNN Farallones	Captacion	12		
Fecha Caracte. (dd-mm-aa)	Tipo Habitante	Nombre	Num Familias	Num Adultos	Num Niños
01-Ene-01	COMODATO		0	0	0
			0	0	0

Figura No 4: Formulario de Habitantes del predio donde se localiza la captación

En el formulario Uso del suelo (Figura 5) se puede ingresar la información correspondiente al uso del suelo del predio donde se ubica la captación y su distribución en hectáreas.

USO DEL SUELO DEL PREDIO DONDE SE UBICA LA CAPTACION			
Area Protegida	PNN Farallones	Captacion	12
Fecha Caracte. (dd-mm-aa)	Uso del Suelo	Area Ha	Descripción
01-Ene-01	Bosque_Secunde	54	
01-Ene-01	Bosque_Sucesior	100	
		0	

Figura No 5: Formulario de Uso del suelo del predio donde se localiza la captación

En el formulario Actividad pecuaria (Figura 6) se puede registrar, las diversas actividades pecuarias que se desarrollan en el predio con su respectiva cantidad de animales.

ACTIVIDAD PECUARIA DEL PREDIO DONDE SE UBICA LA CAPTACION		
Area Protegida	PNN Farallones	Captacion 12
Fecha Caracte. (dd-mm-aa)	Actividad Pecuaria	Cantidad
01-Ene-01	BOVINO	10
01-Ene-01	CAPRINO	5
		0

Figura No 6: Formulario de Actividad pecuaria del predio donde se localiza la captación

En el formulario Fuente de agua (Figura 7) se puede ingresar la información correspondiente a la fuente de agua de donde se surte la captación, así como el respectivo aforo realizado por el operario que desarrolla la encuesta.

FUENTE DE LA CAPTACION		
Area Protegida	PNN Farallones	Captacion 12
Fuente Agua:	RIO PICHINDE	Aforo l/s: 57

Figura No 7: Formulario de Fuente de agua de la captación

En el formulario Actividades de conservación (Figura 8) se registra la información sobre las actividades de conservación y/o protección que se realizan a la fuente de agua donde se surte la captación.

ACTIVIDADES DE CONSERVACION Y/O RECUPERACION	
Area Protegida	PNN Farallones
Captacion	12
Actividad	
AISLAMIENTO PROTECCION P.	

Figura No 8: Formulario de Actividades de conservación y/o recuperación

En el formulario Caracterización de la captación (Figura 9) se registra la información sobre el diámetro, tipo de obra, sistema y fuente receptora de los excesos de la captación.

CARACTERIZACION CAPTACION	
Area Protegida	PNN Farallones - Captacion 12
Diametro(Pulg):	888 Tipo Obra: DE FONDO -
Sistema Captacion:	BOMBEO - Fuente Receptora de los Excesos:

Figura No 9: Formulario de Caracterización de la Captación

En el formulario Infraestructura de la captación (Figura 10) se registra la información sobre la infraestructura y el estado de la captación:

INFRAESTRUCTURA DE LA CAPTACION	
Area Protegida	PNN Farallones - Captacion 12
Infraestructura	Estado
TUBERIA DE EXCESOS -	Bueno -
SEDIMENTADOR -	Malo -
MUROS DE ENCAUSAMIENTO -	Bueno -
-	-

Figura No 10: Formulario de Infraestructura de la Captación

En el formulario Sistema de almacenamiento (Figura 11) se puede ingresar la información sobre el sistema de almacenamiento de la captación, su capacidad y DMT.

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	
Area Protegida	PNN Farallones - Captacion 12
Sistema Almacenamiento:	RESERVORIO - Capacidad 540
DMT ("):	1321

Figura No 11: Formulario de Sistema de almacenamiento

En el formulario Uso del agua (Figura 12) se puede ingresar la información sobre los usos del agua y los diámetros de las derivaciones de la captación.

Microsoft Access - [Uso Agua]

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ventana ?

MS Sans Serif 11 N X S

USOS DEL AGUA DE LA CAPTACION

Area Protegida [PNN Farallones] Captacion [12]

Uso	Diametro (")
[DOMESTICO]	[123]
[AGRICOLA]	[4456]
[PECUARIO]	[456456]
[]	[0]

Figura No 12: Formulario de Uso del agua de la captación

En el formulario Situación Jurídica de la captación (Figura 13) se registra la información sobre el status jurídico actual de la captación, es decir, si tiene o no concesión, o si esta en proceso y con cual autoridad ambiental.

SITUACION JURIDICA DE LA CAPTACION

Area Protegida [PNN Farallones] Captacion [12]

Situacion Juridica: [CON CONCESION]

Autoridad Ambiental [UAESPNN] No Resolucion en caso de tener la Concesion [3212]

Fecha de la resolución o solicitud de concesión (dd/mm/aa) []

Servidumbre: [si]

Proyecto con Otra Institucion: [dfgdfgdfgdfg]

Figura No 13: Formulario de Situación Jurídica de la captación

En el formulario Tratamiento de aguas residuales (Figura 14) se registra la información sobre los diversos tipos de tratamiento de aguas residuales que se efectúan, el estado de la infraestructura y la fuente receptora de los vertimientos.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES			
Area Protegida	PNN Farallones	Captacion	12
Tratamiento Agua residual	Estado	Fuente Receptora	Vertimientos
BIODIGESTOR	Bueno	fghfgh	
LAGUNA OXIDACION Y/O SEDI	Malo	fghfghfg	

Figura No 14: Formulario de Tratamiento de aguas residuales

En el formulario Información de acueductos (Figura 15) se registra la información sobre los beneficiarios del acueducto y la tarifa de cobro aplicada.

INFORMACION DE ACUEDUCTOS	
Area Protegida	PNN Farallones
Captacion	12
Número Beneficiarios	435
Unidad:	Familias
Tarifa de Cobro a Usuarios:	4234234

Figura No 15: Formulario de Información de acueductos

8. PROYECCIONES

Proyecciones Año 2004:

Sistema	Avance % Actual	Proyección 2004 %	Detalle de la Proyección	Requerimientos
Balance Hídrico	60	85	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación del Balance hídrico para periodo húmedo y seco en la cuenca del río Cali 2. Validar con actores interinstitucionales el desarrollo del balance hídrico para la cuenca del Cali, articulado al POMCA 3. Instalación de la mesa de transferencia del sistema agua para otras áreas protegidas tanto para este componente como para los demás. 	<u>RECURSO HUMANO</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Un profesional SIG 2. Un apoyo profesional en metodología y análisis 3. Un Programador 4. Un pasante
Nacimientos	20	80	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar el sistema en cuando a consultas y análisis especiales 	<u>LOGISTICA TALLERES - TRANSPORTE</u>
Demanda: Concesiones	53	70	<ol style="list-style-type: none"> 1. Probar y ajustar aplicativo caracterización de captaciones de agua 2. Caracterizar las captaciones de xx cuencas del PNN Farallones 3. Generar aplicativo de concesiones. 	
Balance Oferta Demanda	56	80	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollar el Balance Oferta Demanda incluyendo el tema de caudal ecológico. 2. Aplicar el tema de Cuentas de gasto al balance de agua 	

Proyecciones Año 2005:

Sistema	Avance % Actual	Proyección 2005 %	Detalle de la Proyección	Requerimientos	
Balance Hídrico	60	90	1. Generar Aplicativos HTML y APR con mayor nivel de automatización para el balance hídrico Cuenca Cali. 2. Generar aplicativos para el tema de tasa por uso de agua con interfaz al sistema de concesiones 3. Transferencia e implementación del sistema a dos cuencas del PNN Farallones: Anchicaya y Pance 4. Transferencia e implementación del sistema a 8 áreas protegidas de la UASPNN: PNN Sierra Nevada de Santa Marta, PNN Cocuy, PNN Pisba, SFF Iguaque, SFF Guanentá Alto Río Fonce, PNN Paramillo, PNN Tatamá	<u>RECURSO HUMANO</u> 1. Un profesional SIG 2. Un Programador 3. Cinco apoyos profesionales en cartografía y SIG 4. Cinco apoyos profesionales en metodología y análisis	
Nacimientos	20	90			
Demanda: Concesiones	53	90			<u>Compra de informacion cartografica</u>
Balance Oferta Demanda	56	90			<u>Equipos de computo y software</u> <u>Logistica talleres - transporte</u>

Proyecciones Año 2006.

Sistema	Avance % Actual	Proyección 2006 %	Detalle de la Proyección	Requerimientos	
Balance Hídrico	60	100	1. Transferencia e implementación del sistema a dos cuencas del PNN Farallones: Melendez, Jamundi 2. Transferencia e implementación del sistema a 8 áreas protegidas de la UASPNN: PNN Nevados, SFF Otún, PNN Hermosas, PNN Nevado del Huila, PNN Puracé, PNN Munchique, PNN Chingaza y PNN Sumapaz.	<u>RECURSO HUMANO</u> 1. Un profesional SIG 2. Un Programador 3. Cinco apoyos profesionales en cartografía y SIG 4. Cinco apoyos profesionales en metodología y análisis	
Nacimientos	20	100			
Demanda: Concesiones	53	100			<u>Compra de informacion cartográfica</u> <u>Equipos de computo y software</u>
Balance Oferta Demanda	56	100			<u>Logística talleres - transporte</u>

9. BIBLIOGRAFIA

CVC. Balance Oferta – Demanda de agua cuencas de los ríos Cali, Melendez, Pance y Aguacatal. Cali, Noviembre 2002.

CVC. Cuentas de patrimonio natural del recurso hídrico en las cuencas de los ríos Tulúa y Morales. Cali Diciembre 1999.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. Sistema de Información ambiental de Colombia –SIAC. TOMO 2. Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia. Bogota 2002.

Mallorquín Jenny Astrid. Tesis Evaluación de diferentes métodos para determinar caudales máximos en las cuencas de los ríos Cali, Pichinde, Cañaveralejo, Melendez y Lili. Univalle – U. Nacional. 1997.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Equipo SIG. Protocolo para los Estándares de la UAESPNN en el Desarrollo de Sistemas de Información. Bogota Mayo 2003.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales - Bernal Hadad Jaime, Sistema de Información Geográfico para la Planificación y Gestión - Modelo del Agua, Bogota, 2001.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Ceron María Juliana. Documento pedagógico sobre las variables contenidas en la metodología de balance hídrico para las cuencas del parque nacional natural farallones. Cali, 2004.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales. Ceron María Juliana. Metodologías de balance hídrico en el Parque Nacional Natural Farallones. Documento preliminar. Cali. Septiembre 2003.

S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams, K.W. King . Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2000.

Universidad Santo Tomas. Facultad de ciencias y Tecnología, Marin William Rodrigo. El Recurso Hídrico. Cali. 2003.

Páginas en Internet:

<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s09.htm#cálculo%20de%20la%20escorrentia>