

# FORMULACIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO PARA CONSUMO HUMANO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA, que caen sobre la vía Panamericana entre los Kilometros 63 a 65 del sector Alto Chapungo en el Municipio de Taminango (Nariño)

Por: Nelson Narváz Mora •  
Ana Marcela Martínez Rodríguez • •  
Delcy Jimena Martínez Zambrano • • •

## RESUMEN

En la actualidad algunas comunidades del departamento de Nariño, especialmente las asentadas en la zona rural del municipio de Taminango, padecen serias dificultades por la escasez de agua. La vereda Alto Chapungo constituye un caso particular de este problema porque manifiesta precarias condiciones sociales, económicas y sanitarias que afectan directamente a sus habitantes razones que obligan a buscar fuentes diversas para remediar esta situación.

Una técnica muy conocida y difundida es el almacenamiento del agua que cae directamente por precipitación; pero quizá no se ha tenido en cuenta que gran parte del agua que escurre superficialmente sobre el suelo por efectos de la misma lluvia puede de igual manera captarse y contribuir conjuntamente a la solución de la problemática local. La investigación realizada en el sector de Alto Chapungo en el municipio de Taminango (Nariño), se convierte en una nueva alternativa para que comunidades afectadas por la situación de similares déficit de agua, tengan una opción diferente para la consecución y suministro de este recurso. Al estudiar la posibilidad de captar y almacenar el agua de escorrentía generada por la precipitación que cae sobre la vía panamericana se formula una alternativa de tratamiento para su consumo en la población asentada en el sector de la vereda Alto Chapungo en el municipio de Taminango (Nariño). Igualmente se orienta a los organismos interesados en este tipo de estudios, al análisis, planificación y posterior implementación de sistemas de tratamientos de agua

que logren estar acordes con las necesidades, recursos y capacidad económica disponible en el medio específico.

## ABSTRACT

There are still some communities in Nariño, especially those rural areas of Taminango which have serious difficulties for lack of water. The "Vereda Alto Chapungo" has precarious sanitary, economic, and social conditions that affect its inhabitants. These are enough reasons to find diverse sources to help people in this situation.

A very known and diffused technique is the storage of rain water; but perhaps, it has not been taken into account that great part of the water that drains superficially on the floor by effects of the rain can similarly be stored.

This research becomes a new alternative for the affected communities and also pretends to catch the attention of agencies interested in this type of studies, analysis and planning of water processing systems to satisfy the people's needs.

---

• Ingeniero Sanitario y Ambiental, Docente Programa de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad Mariana, seaingenieria@gmail.com

•• Investigadora, Estudiante Programa de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Universidad Mariana.

••• Investigadora, Estudiante Programa de Ingeniería de Sanitaria y Ambiental Universidad Mariana.

## PALABRAS CLAVES

- Aguas de escorrentía
- Aguas de albañal
- Captación de aguas lluvias
- Deficit de agua

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las características más importantes de la naturaleza es conservar su equilibrio hidrológico; infortunadamente existen muchas regiones en el país y particularmente en el departamento de Nariño en donde ese equilibrio por las condiciones climáticas está alterado; es el caso del sector Alto Chapungo, donde este fenómeno se ve reflejado en el deterioro del paisaje y en la escasez de agua, la cual afecta a toda la población existente en la zona, pues no existen fuentes superficiales con la capacidad suficiente para abastecer y solucionar la problemática a la cual está sometida diariamente la comunidad.

A partir de la realidad identificada en la región, surge la necesidad de encontrar alternativas para el abastecimiento total o complementario de agua en este sector. Una posible fuente está representada por la precipitación que cae sobre la vía panamericana, “agua de escorrentía” de la cual se desconocen sus características y propiedades, pero se asume que después de un tratamiento adecuado puede ser aprovechada, y contribuir así a la mitigación de la difícil situación descrita anteriormente. En el desarrollo de la investigación se tuvo en cuenta la cantidad de agua que puede ser atraída, la superficie de captación y un posible tratamiento para que el agua adquiera las condiciones necesarias en cuanto a calidad para satisfacer las necesidades de la comunidad.

## 2. METODOLOGÍA

La investigación se enmarcó en el paradigma cuantitativo, dentro de los parámetros del método experimental y desde un enfoque empírico analítico, pretendiendo plantear la consolidación de un modelo de investigación, análisis y gestión, lo cual generó una serie de resultados que permitieron el desarrollo y ejecución de alternativas orientadas a mejorar la calidad de vida en sus distintas dimensiones. Dentro de las variables consideradas para el desarrollo de la investigación se mencionan: variables independientes (cantidad y calidad del agua

de escorrentía), variable dependiente (alternativa de tratamiento para consumo humano de las aguas de escorrentía, que caen sobre la vía Panamericana entre los kilómetros 63 a 65 en el sector Alto Chapungo).

**2.1 Población.** La población de estudio la constituye el Municipio de Taminango –Nariño, conformado por 6 corregimientos rurales y cuarenta y cuatro veredas.

**2.2 Muestra.** La muestra la constituye una de las veredas del Municipio de Taminango que se encuentra asentada sobre la vía Panamericana entre los Kilómetros 63 a 65, y corresponde al sector Alto Chapungo, en donde se localizan diecisiete viviendas, habitadas por setenta y cinco personas.

### 2.3 Fases metodológicas

- Recolección de información y localización de la zona de estudio.
- Diagnóstico de la cantidad de agua.
- Análisis de la calidad del agua de escorrentía.
- Determinación de la factibilidad de abastecimiento del agua de escorrentía generada por la precipitación.
- Selección de la alternativa de tratamiento

## 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

**3.1 Reconocimiento y localización.** Se recorrió la zona de estudio, con el fin de reconocerla de manera general. Por otra parte se solicitó al Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC la cartografía existente de la vía Panamericana en el sector del Municipio de Taminango donde se localizó la zona de estudio. Esta información cartográfica fue suministrada en escala 1:25000 con curvas de nivel cada 100 m; sobre este mapa se determinó la divisoria de aguas correspondiente a la Quebrada Chapungo sobre la cual exactamente se localiza la zona de influencia del proyecto.

**3.2 Cantidad de agua de escorrentía obtenida mediante análisis hidrológico.** Para este fin se recopilaron los registros de las estaciones meteorológicas seleccionadas, de influencia para el proyecto. Además se procedió a la aplicación de métodos prácticos y modelos matemáticos empíricos, con el fin de determinar las variables requeridas en el balance hídrico (precipitación, evapotranspiración e infiltración), ver cuadro 1, para definir la cantidad de agua de escorrentía que puede almacenarse en la zona.

**CUADRO 1. Variables requeridas para el balance hídrico**

| PERIODO                            | PRECIPITACIÓN<br>MEDIA (mm)* | TEMPERATURA<br>MEDIA ° C   | EVAPORACION<br>MEDIA mm | EVAPORACION<br>REAL mm | INFILTRACION<br>ACUMULADA<br>Suelo arcilloso<br>cm | INFILTRACION<br>ACUMULADA<br>suelo arenoso<br>cm |
|------------------------------------|------------------------------|--|-------------------------|------------------------|--|--|
| Enero                              | 94.9438                      | 18.91  | 130.1692                | 99,29                  | 8.22   | 32.14  |
| Febrero                            | 80.7365                      | 19.63  | 125.3300                | 84,64                  | 8.22   | 32.14  |
| Marzo                              | 122.4550                     | 19.25  | 130.5787                | 127,43                 | 8.42   | 33.67  |
| Abril                              | 123.6016                     | 19.41  | 120.6432                | 128,61                 | 8.77   | 36.46  |
| Mayo                               | 99.3299                      | 19.43  | 121.9544                | 103,83                 | 8.42   | 33.67  |
| Junio                              | 56.5726                      | 19.98  | 125.8912                | 59,48                  | 8.22   | 32.14  |
| Julio                              | 32.0692                      | 20.13  | 123.8313                | 33,78                  | 7.89   | 29.67  |
| Agosto                             | 16.1507                      | 20.41  | 166.1231                | 17,02                  | 8.22   | 32.14  |
| Septiembre                         | 61.4193                      | 19.36  | 147.2011                | 64,53                  | 8.22   | 32.14  |
| Octubre                            | 123.143 <sup>0</sup>         | 19.33  | 136.0459                | 128,14                 | 8.77   | 36.46  |
| Noviembre                          | 148.5712                     | 18.83  | 134.4714                | 153,61                 | 8.77   | 36.46  |
| Diciembre                          | 108.9716                     | 18.89  | 122.1596                | 113,67                 | 8.42   | 33.67  |
| Precipitación<br>promedio<br>anual | 88.9970 mm                   | <b>Fuente:</b> Esta investigación<br>*(Promedio de Precipitación media multianual durante los últimos 15 años) |                         |                        |  |  |

**3.2.1 Balance hídrico de superficie.** Para la determinación de los aportes de agua por efectos de la escorrentía superficial desde la parte alta de la microcuenca, se aplicó el método del balance hídrico, puesto que es adecuado para estimar, con un margen de error pequeño, caudales medios.

La expresión general para el sistema atmósfera - suelo es:

$$P = ETR + ES + I$$

$$ES = P - ETR - I$$

Donde:

P: Precipitación media mensual tomada del método isoyético (mm).

ETR: Evapotranspiración real media mensual (mm).

ES: Escorrentía o caudal de agua sobre el área de la microcuenca (mm).

I: Infiltración media mensual (mm).

Las pérdidas por evapotranspiración e infiltración de la zona de estudio son mayores que la precipitación que cae sobre ella, por lo cual se deduce que ninguna de las zonas ubicadas en las partes altas de la microcuenca aportan de manera significativa volúmenes de escorrentía. La única

posibilidad para almacenar agua la representa el aporte de la zona comprendida por la vía Panamericana.

Con base en los resultados obtenidos en el cuadro anterior, se demostró que en los meses comprendidos entre enero y diciembre, existe la posibilidad de almacenar volúmenes significativos de agua de escorrentía producida por precipitación, lo cual es evidentemente suficiente para compensar de manera completa las deficiencias de agua para consumo humano que presenta la población de manera permanente, y para múltiples usos del agua (el lavado de ropa, cocina, aseo personal, entre otros). Adicionalmente a esto, en dichos meses se genera exceso de agua de escorrentía, que del mismo modo puede contribuir en la solución de otros tipos de necesidades (riego de cultivos, riego de jardines, crianza de especies menores, entre otros), y en el mejoramiento de las condiciones sanitarias (instalación de sanitarios, lavaplatos, lavamanos, duchas); esto, indudablemente elevaría la calidad de vida de la población en sus diferentes dimensiones.

Según la información otorgada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y corroborada en este estudio, los meses de julio, agosto y parte de junio y septiembre constituyen

**CUADRO 2. Cálculo del volumen de escorrentía en la subárea cuatro**

| MES | PP MEDIA (mm) | AREA (mm <sup>2</sup> ) | NUMERO MINIMO DE DIAS DE LLUVIA | VOLUMEN REAL MINIMO | C   | VOLUMEN ESCORRE (mm <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ESCORRE M <sup>3</sup> | CAUDAL LPS |
|-----|---------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|-----|------------------------------------|--------------------------------|------------|
| ENE | 94,9438       | 1,9E+10                 | 3                               | 1,74574E+11         | 0,7 | 1,22E+11                           | 122,20                         | 0,47       |
| FEB | 80,7365       | 1,9E+10                 | 7                               | 3,83499E+11         | 0,7 | 2,68E+11                           | 268,45                         | 0,44       |
| MAR | 122,4550      | 1,9E+10                 | 9                               | 6,75478E+11         | 0,7 | 4,73E+11                           | 472,83                         | 0,61       |
| ABR | 123,6016      | 1,9E+10                 | 12                              | 9,39372E+11         | 0,7 | 6,58E+11                           | 657,56                         | 0,63       |
| MAY | 99,3299       | 1,9E+10                 | 9                               | 5,47917E+11         | 0,7 | 3,84E+11                           | 383,54                         | 0,49       |
| JUN | 56,5726       | 1,9E+10                 | 2                               | 71658564772         | 0,7 | 5,02E+10                           | 50,16                          | 0,29       |
| JUL | 32,0692       | 1,9E+10                 | 0                               |                     | 0,7 |                                    |                                |            |
| AGO | 16,1507       | 1,9E+10                 | 0                               |                     | 0,7 |                                    |                                |            |
| SEP | 61,4193       | 1,9E+10                 | 3                               | 1,16697E+11         | 0,7 | 8,17E+10                           | 81,69                          | 0,32       |
| OCT | 123,1430      | 1,9E+10                 | 8                               | 6,03798E+11         | 0,7 | 4,23E+11                           | 422,66                         | 0,61       |
| NOV | 148,5712      | 1,9E+10                 | 12                              | 1,12914E+12         | 0,7 | 7,90E+11                           | 790,40                         | 0,76       |
| DIC | 108,9716      | 1,9E+10                 | 8                               | 5,34312E+11         | 0,7 | 3,74E+11                           | 374,02                         | 0,54       |

Fuente: Esta investigación

la época seca o crítica de la zona de estudio, porque debido a las condiciones climáticas que predominan en este periodo no se presentan lluvias continuas; así pues los habitantes de esta zona enfrentan por esta época de manera severa los problemas que acarrea la escasez de agua. Por ello se considera conveniente almacenar todo el volumen de escorrentía excedente durante el mes de mayo para cubrir el déficit de agua que padece la comunidad.

### 3.3 Calidad del agua captada

De acuerdo con los resultados de laboratorio, los parámetros microbiológicos en el agua de escorrentía del sector de la vereda Alto Chapungo se encontraron bastante alterados, puesto que existe gran cantidad de coliformes fecales y totales. En realidad los organismos coliformes no son dañinos al hombre, los que efectivamente afectan la salud humana son los patógenos que son evacuados por los seres humanos portadores de alguna enfermedad. La presencia de organismos coliformes se interpreta como un indicador de que los organismos patógenos pueden estar latentes; es por ello que su presencia en el agua de escorrentía analizada, se asoció al depósito de las excretas de personas y animales que transitan el lugar.

Por otra parte, al analizar los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos con el correspondiente caudal aforado para cada caso, se observó que estos

dos factores no se relacionaron de manera directamente proporcional; por tanto se dedujo que la calidad que presenta el agua de escorrentía no dependió del caudal sino que está asociado a factores propios de la naturaleza de la vía Panamericana.

Finalmente los conceptos para cada parámetro se resumieron en el siguiente cuadro de acuerdo a los criterios físicos, químicos y microbiológicos evaluados, con el fin de emitir un concepto general de cada uno (ver cuadro 3). (Según estos conceptos se consiguieron determinar los criterios físico-químicos y microbiológicos que presentan alteración).

**CUADRO 3. Criterios físico-químicos y microbiológicos alterados en el agua analizada según el decreto 475 de 1998**

| PARAMETROS             | CONCEPTO GENERAL |
|------------------------|------------------|
| <b>FISICOS</b>         |                  |
| Conductividad          | Regular          |
| Color                  | Malo             |
| Turbiedad              | Malo             |
| Sólidos suspendidos    | Malo             |
| <b>QUIMICOS</b>        |                  |
| Grasas y aceites       | Malo             |
| Hidrocarburos          | Malo             |
| <b>MICROBIOLÓGICOS</b> |                  |
| Coliformes totales     | Malo             |
| Coliformes fecales     | Malo             |

Fuente: esta investigación

### 3.4 Determinación de la factibilidad de abastecimiento del agua de escorrentía, para el consumo humano de la población

En esta fase se llevó a cabo un análisis para evaluar la posibilidad de abastecimiento del agua de escorrentía generada por la precipitación en la zona de estudio. Con base en los resultados obtenidos en las fases anteriores, tanto de calidad como de cantidad, se definió si el agua que se pretende almacenar puede solucionar el déficit del recurso que sufre la población, y simultáneamente determinar la posibilidad de someterla a un sistema de tratamiento para darle dicha utilidad.

De acuerdo a lo anterior se pudo concluir que del 100% de las viviendas asentadas en la zona de influencia del proyecto, 12 correspondiente al 70.59% del total, tienen deficiencia de agua para el desarrollo de las actividades básicas, esencialmente en época de sequía, en la cual el suministro de agua es limitado y ocasional. Además, teniendo en cuenta las especificaciones de la normativa y las fuentes bibliográficas consultadas, se identificó que cinco de las residencias no presentan problemas de déficit puesto que sobrepasan los consumos normales que teóricamente le correspondería a un habitante. Esto puede relacionarse a condiciones, costumbres o hábitos particulares de cada familia.

En última instancia se pretende proveer de agua a toda la comunidad de la zona, pero prioritariamente a la

población afectada por la escasez del recurso, para lo cual se estableció cuantitativamente que el déficit que padece la población de estudio es de aproximadamente de 2.9 m<sup>3</sup>/día, es decir 87 m<sup>3</sup>/mes (ver cuadros 4 y 5).

Al analizar los cuadros anteriores se observa la factibilidad de almacenar el agua de escorrentía producida por la precipitación, exclusivamente durante los meses que representan los periodos de lluvia, ya que analizando los eventos críticos que se presentan en los diferentes meses, se determinó que en julio y agosto posiblemente no se pueda almacenar ninguna cantidad de agua, y en junio y septiembre quizá se logre recoger volúmenes inferiores a los requeridos para solventar el problema del déficit. Debido a que las mayores deficiencias de agua se presentan en los meses anteriormente mencionados, se debe aprovechar y almacenar el mayor volumen de agua de escorrentía que se genera en el mes de mayo para suplir el déficit del recurso especialmente en los meses de Julio y agosto, por cuanto no se puede almacenar ninguna cantidad de agua.

Como una de las finalidades implícitas de esta investigación es contribuir en la solución de la problemática socio-económica de la población, se consideró que para aprovechar totalmente el agua de escorrentía durante los meses en los cuales se generan excesos, después de cubrir las necesidades de déficit de agua para consumo humano sería conveniente captar dichos

**CUADRO 4. Determinación de factibilidad de almacenamiento y abastecimiento del agua de escorrentía**

| MES        | DEFICIT<br>m <sup>3</sup> /MES | ESCORRENTIA<br>m <sup>3</sup> /MES | FACTIBILIDAD DE<br>ALMACENAMIENTO | FACTIBILIDAD DE<br>ABASTECIMIENTO |
|------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Enero      | 87                             | 122,20                             | SI                                | SI                                |
| Febrero    | 87                             | 268,45                             | SI                                | SI                                |
| Marzo      | 87                             | 472,83                             | SI                                | SI                                |
| Abril      | 87                             | 657,56                             | SI                                | SI                                |
| Mayo       | 87                             | 383,54                             | SI                                | SI                                |
| Junio      | 87                             | 50,16                              | PARCIALMENTE                      | SI                                |
| Julio      | 87                             |                                    | NO                                | SI                                |
| Agosto     | 87                             |                                    | NO                                | SI                                |
| Septiembre | 87                             | 81,69                              | PARCIALMENTE                      | SI                                |
| Octubre    | 87                             | 422,66                             | SI                                | SI                                |
| Noviembre  | 87                             | 790,40                             | SI                                | SI                                |
| Diciembre  | 87                             | 374,02                             | SI                                | SI                                |

Fuente: Esta investigación

**CUADRO 5. Determinación de excesos y déficit de agua de escorrentía durante todo el año**

| Mes        | Déficit de la población<br>m <sup>3</sup> /mes | Volumen de escorrentía<br>m <sup>3</sup> /mes | Exceso de escorrentía<br>m <sup>3</sup> /mes | Déficit de escorrentía<br>m <sup>3</sup> /mes | Exceso de escorrentía acumulado<br>m <sup>3</sup> /mes |
|------------|--|---|--|---|--|
| Enero      | 87   | 122,20  | 35,20  |   | 35,20  |
| Febrero    | 87   | 268,45  | 181,45                                       |   | 216,65   |
| Marzo      | 87   | 472,83  | 385,83                                       |   | 602,48   |
| Abril      | 87   | 657,56  | 570,56                                       |   | 1173,04  |
| Mayo       | 87   | 383,54  | 296,54                                       |   | 1469,59  |
| Junio      | 87   | 50,16   | ---  | 36,84   | 1432,75  |
| Julio      | 87   | ---   | ---  | 87,00   | 1345,75  |
| Agosto     | 87   | ---   | ---  | 87,00   | 1258,75  |
| Septiembre | 87   | 81,69   | ---  | 5,31  | 1253,43  |
| Octubre    | 87   | 422,66  | 335,66                                       |   | 1589,09  |
| Noviembre  | 87   | 790,40  | 703,40                                       |   | 2292,49  |
| Diciembre  | 87   | 374,02  | 287,02                                       |   | 2579,51  |
|            |  |   |  | Σ = 216,15                                    |  |

Fuente: Esta investigación

excedentes durante todo el año y suministrarla para usos y fines de aquellas actividades que igualmente son de prioridad para la zona de estudio como es el caso de la agricultura.

**Calidad de agua.** El agua para consumo humano que requiere una población debe garantizar ante todo seguridad; no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud; por tanto debe cumplir con una serie de requisitos exigidos en el decreto 475 de 1998.

Con base en la definición de los parámetros físico-químicos y microbiológicos alterados en el agua de escorrentía, se consultó fuentes de información primaria y secundaria que contemplaron las posibles alternativas que pueden aplicarse para la remoción de los contaminantes que afectaron los parámetros anteriormente especificados, y el tratamiento al que puede someterse este tipo de agua. Por eso se determinó que el agua de escorrentía que circula sobre la zona de estudio puede ser utilizada para consumo de la población una vez tratada mediante un sistema como los que a continuación se mencionan:

**CUADRO 6. Alternativas de tratamiento**

|   |  |
|---|--|
| Remoción de sólidos de gran tamaño          | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilización de rejillas o tamices.</li> </ul>   |
| Remoción de sólidos suspendidos y turbiedad | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Operaciones químicas como la precipitación, mediante la adición de sulfato de aluminio.</li> <li>▪ Procesos físicos como la instalación de sedimentadores o filtro lento de arena.</li> </ul> |
| Remoción de color                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instalación de filtros de arena o filtro de carbón activado.</li> </ul>   |
| Remoción grasas y aceites                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trampa de grasas y filtro lento de arena.</li> </ul>  |
| Remoción Coliformes fecales y totales       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desinfección con cloro.</li> <li>▪ Ozono.</li> <li>▪ Radiación UV.</li> </ul>   |

Fuente: Esta investigación

### 3.5 Selección de la alternativa de tratamiento

Teniendo definido de las etapas anteriores, la cantidad y calidad del agua de escorrentía de la cual se puede disponer y que requiere la población de la zona en estudio y, luego de haber determinado que efectivamente puede ser almacenada y tratada, se procedió a recolectar información en cuanto a las alternativas de tratamiento aplicables para este caso.

Después de la evaluación cualitativa de los factores contemplados en la selección de la alternativa de tratamiento, y de acuerdo a los criterios de selección tanto para la eficiencia de remoción, como para los costos de implementación y mantenimiento se formuló la alternativa de tratamiento (Ver figura 1). Esta tecnología se caracteriza por reducir costos en sus diferentes etapas, debido a que se fusiona el sedimentador y trampa de grasas, en un sólo tanque receptor adaptado para que tenga la capacidad de remover grasas e hidrocarburos y contribuya en la sedimentación de sólidos; así mismo involucra la instalación de un filtro con lecho dual que contiene carbón activado y arena para la remoción de sólidos suspendidos, color, hidrocarburos y otras sustancias tóxicas. Finalmente se necesita el tanque de distribución donde se puede llevar a cabo el proceso de desinfección, una vez se necesite entregar el agua previamente tratada a la comunidad. Por lo cual la alternativa del tratamiento garantiza mayor economía en cuanto a la construcción, operación y sostenibilidad en el tiempo, de tal forma que se obtiene conjuntamente buenos porcentajes de remoción de los contaminantes

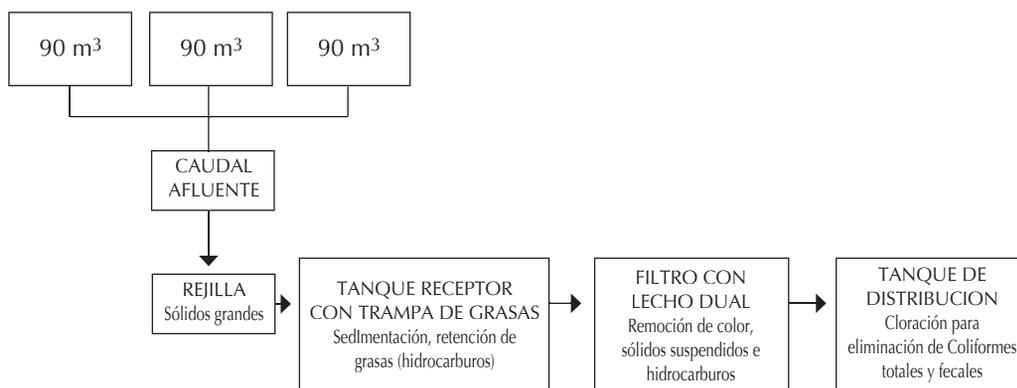
que afectan la calidad del agua, razones suficientes para implementarla teniendo en cuenta las condiciones específicas del agua a tratar y los recursos de los cuales disponen los organismos encargados y responsables de este tipo de proyectos.

### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a la determinación de precipitación, se puede afirmar que en la zona de estudio el régimen pluviométrico varía considerablemente de un periodo a otro, lo cual permite prever los meses en los cuales efectivamente puede almacenarse el agua de escorrentía.

- Los parámetros químicos como pH, conductividad, acidez, alcalinidad, dureza, hierro total y sulfatos, analizados en el agua de escorrentía que circula sobre el área de estudio, se encuentran dentro de los criterios admisibles para calidad de agua para consumo humano, pues aunque en algunos casos sufren variaciones, en general tienden a mantenerse dentro de los límites que exige el decreto 475 de 1998.
- De acuerdo con los resultados obtenidos según el análisis de las muestras de agua de escorrentía del área de estudio, se pudo determinar que la contaminación está relacionada básicamente con los parámetros de turbiedad, color, sólidos suspendidos, grasas y aceites, y coliformes fecales y totales, cuyas causas directas de origen se relacionan con la naturaleza y condición de la vía Panamericana.

FIGURA 1. Alternativa de tratamiento



Fuente: Esta investigación

- Al determinar los aportes de agua de escorrentía generada por la precipitación que cae directamente sobre la microcuenca, se encontró que las subáreas que se ubican en la parte alta de la misma no aportan volúmenes de agua de escorrentía, ya que teniendo en cuenta las condiciones del suelo y la vegetación, se presentan pérdidas por evapotranspiración e infiltración.
- De igual manera se estableció que los volúmenes de agua que pretende almacenarse son contribuciones generadas por la subárea correspondiente a la vía Panamericana del sector en estudio, debido a que las pérdidas originadas son mínimas, por lo cual gran parte del agua que precipita de manera directa sobre ésta se escurre superficialmente hasta evacuarse por las alcantarillas.
- A través de la aplicación de las encuestas, del trabajo de campo y de la revisión bibliográfica, se determinó que la población actual de la vereda Alto Chapungo sufre un déficit de agua de aproximadamente 2.9 m<sup>3</sup>/día para el desarrollo de las actividades relacionadas con el consumo humano.
- Mediante el desarrollo del proyecto de investigación se logró determinar que en la zona de estudio, efectivamente pueden almacenarse volúmenes significativos de agua de escorrentía y que, previamente sometida a un sistema de tratamiento acorde con la capacidad económica y recursos disponibles en el medio, contribuirán en la solución del déficit de agua que para consumo humano sufre la población.
- La alternativa formulada para el tratamiento del agua de escorrentía producida por la lluvia que cae sobre la vía Panamericana de la zona de estudio, permitirá mejorar las características que definen su calidad, para que la comunidad de la vereda Alto Chapungo pueda utilizarla continuamente en la solución de las deficiencias que se presentan en actividades asociadas al consumo humano y doméstico.
- Igualmente, la alternativa de tratamiento propuesta, garantiza mayor economía en cuanto a la construcción, operación y sostenibilidad, obteniendo conjuntamente buenos porcentajes de remoción de los contaminantes que afectan la calidad del agua, razones suficientes para implementarla teniendo en cuenta los recursos

de los cuales disponen los organismos responsables de este tipo de proyectos, y los requerimientos de la población.

- Es indudable que la utilización del agua de escorrentía producida por precipitación resolverá por ahora parte de la problemática de escasez de este recurso que padece la zona; sin embargo, puede considerarse que además este tipo de agua puede contribuir en la solución de gran parte de las deficiencias de otras actividades que igualmente son prioridad en este sector, y cuya factibilidad se descubrirá en la medida en que la investigación en este campo se amplíe.
- Mediante el desarrollo de esta investigación se demuestra los importantes volúmenes de agua de escorrentía generada por precipitación, que pueden ser almacenados, y las posibilidades que este recurso lograría tener para el aprovechamiento en la zona y en regiones donde igualmente sufren problemas de escasez de agua y aún no han reconocido su potencialidad.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

Administración de Obras Sanitarias del Estado. Tratamiento de aguas. Disponible en Internet [www.ose.com.uy/saneamiento/tratamiento..](http://www.ose.com.uy/saneamiento/tratamiento..)

ALCALDIA MUNICIPAL DE TAMINANGO. Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Taminango: 2001 – 2003. 821 p.

ALVAREZ, Jorge Rubén. Hidrología. Disponible en Internet <http://www.agua-mineral.8k.com/Informe-1>.

CERON S., Benhur y otros. Estudio geográfico e histórico municipio de Taminango. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto: 1992. 150 p.

Consejo Insular De Aguas. Aguas Tenerife. Disponible en Internet. <http://www.aguastenerife.org/TFEYELAGUA/1hidrometeorologia>.

Guía Latinoamericana. Abastecimiento de agua. Disponible en Internet. <http://www.disaster-info.net/col-ops/saludambiente.guia-print.htm>.

GUEVARA, Willer. Contaminación urbana. Bogotá: Universidad Sergio Arboleda, 2002. 260 p.

HERRERA, José Agustín. Estudio hidrológico proyecto Viento Libre. Bogotá: IDEAM, 1988. 74 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ADECUACIÓN DE TIERRAS HIMAT. Agrometeorología aplicada a la adecuación de tierras. Santa fe de Bogotá: HIMAT, 1992. 185 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Metodología de cálculo del índice de escasez. Santa fe de Bogotá: Trade Link Ltda, 2004. 30p.

LEGARDA, Lucio. Evaluación de algunos métodos para determinar la evapotranspiración con énfasis en el trópico. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto: 1974. 90p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Títulos A y B. Santa fe de Bogotá: 2000. 179 p.

MINISTERIO DE SALUD. Decreto 475/1998. Normas técnicas de calidad del agua potable. Santa fe de Bogotá; 1998. 12 p.

MONSALVE SAENZ, German. Hidrología en la ingeniería. Santa fe de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995. 408 p.

ORTIZ O. Francisco Germán y otros. Estudio hidrológico de la zona de Taminango. San Juan de Pasto: 1993. Trabajos de grado (Ingeniero civil). Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería. 154 p.

RESENDIZ MARTÍNEZ, Luis. Presas. Disponible en Internet. <http://construaprende.com/tesis3/cap1/cap1>.

ZORA, Joachim. Hidrogeología. Disponible en Internet. <http://www.eccentrix.com/members/hydrogeologie/esp/>.