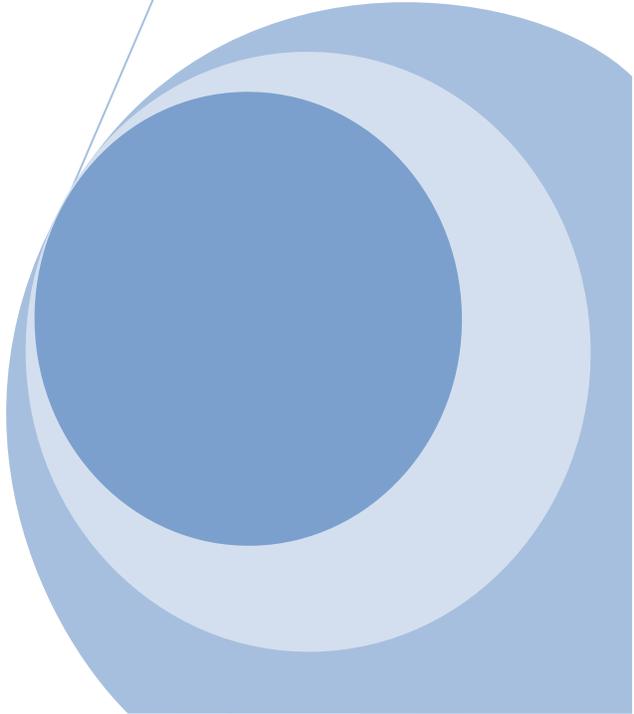


**“CICLOS DEL AGUA”  
RECOPIACIÓN Y  
SISTEMATIZACIÓN DE  
INFORMACIÓN**

**Realizado por:**

**Biólogo Lucas Achig**



## **INTRODUCCIÓN**

El presente documento nace como una propuesta para conceptualizar temas relacionados con el agua y que sirva de base bibliográfica para la construcción del Museo del Agua impulsado por la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca – ETAPA EP. Se trata de una recopilación de información tanto bibliográfica como documental acerca de los recursos hídricos a nivel mundial, regional y local, el cual guarda concordancia con las estrategias de manejo integral que realiza ETAPA EP.

La información aquí presentada está compuesta por temas de importancia para la comprensión de generalidades acerca del agua, pero al mismo tiempo se concentra en información específica que apoye a la consecución del objetivo del proyecto que consiste en consolidar un espacio para el aprendizaje del agua y generar conciencia hacia su conservación. Para ello, y con el afán de ayudar en su comprensión, los temas han sido reforzados con experimentos y reflexiones que complementen el aprendizaje y nos lleven hacia una adecuada socialización y sensibilización ambiental relativa al agua.

## **JUSTIFICACIÓN**

La sensibilización y concienciación respecto al agua es primordial para alcanzar una adecuada conservación de tan importante recurso vital. En tal virtud, la Empresa Pública ETAPA EP ha encaminado varios esfuerzos hacia conseguir que la población local, regional y también la nacional entiendan la importancia de proteger el agua y sean copartícipes de un uso y gestión apropiados. Esto ha llevado a consolidar la idea de la creación del Museo del Agua como un espacio donde chicos y grandes, propios y visitantes puedan entender la importancia del agua, reflexionar y ser actores clave dentro de sus comunidades para un cambio de actitudes positivas respecto al agua y los recursos naturales en general.

Es por ello, y con la finalidad de tener una base conceptual apropiada, se elabora el presente documento. Los temas que se presentan aquí han sido cuidadosamente seleccionados y organizados de tal manera que guíen al lector y para este caso específico a los ejecutores del proyecto Museo del Agua en la ciudad de Cuenca hacia la adecuación de los respectivos espacios concebidos para el efecto. En constantes reuniones del equipo técnico se pudo definir un esquema de los contenidos, mismo que garantice la correcta comprensión del contexto del proyecto, así como de los conceptos en los temas netamente técnicos. El esquema en el cual se estructura el documento es el siguiente:

#### 1. Antecedentes

- Historia de la casona de Ucubamba
- Planta de tratamiento de aguas residuales: objetivos, misión, visión y perspectivas

#### 2. Introducción

- El agua: elemento de vida: composición
- Propiedades químicas del agua
- Estados del agua y cambios de estado
- Distribución del agua en la tierra
- Disponibilidad del agua en el planeta
- Disponibilidad del agua en América Latina
- Disponibilidad del agua a nivel de Ecuador
- Disponibilidad del agua en Azuay

#### 3. El agua cumple un ciclo: vamos a conocerlo

- Ciclo hidrológico
- Ciclo integral del agua en Cuenca
- Zona de experimentos de los estados y el ciclo del agua

#### 4. Conoce donde nace el agua

- Que es una fuente hídrica
- Importancia de las fuentes hídricas
- Distribución de Bosques y páramos en el Ecuador
- Huella hídrica en el Ecuador y/o Cuenca
- Zona de experimentos

### 5. Que está pasando con el agua

- Contaminación del agua
- Factores que contaminan el agua
- Zona de experimentos
- Otras causas para que el agua de consumo se esté reduciendo.
- Escenarios posibles en el futuro

### 6. Lo que vamos hacer para conservar el agua

- Escenarios posibles en el futuro
- Que ecosistemas hay en mi comunidad y/o ciudad, y como los voy a cuidar para generen agua, tips para cuidar el agua de mi ciudad y/o comunidad.
- Al cuidar la vegetación también cuidamos la fauna: habitad de los animales de nuestras zonas ecológicas.
- Que puedo hacer Yo para cuidar el agua. Tips
- Que puede hacer mi escuela para cuidar el agua. Tips
- Que puede hacer mi comunidad y/o ciudad para cuidar el agua. Tips

Los capítulos buscan afinar los conceptos y al mismo tiempo crear integralidad entre uno y otro basado en información y experiencias prácticas. De igual manera se enfatiza en el hecho de contar con información organizada que pueda en cualquier momento, si fuese requerido, ser utilizada por los diferentes equipos de trabajo que hoy o en el futuro sean constituidos.

Es así que, no se han escatimado esfuerzos para guiar al lector en todo momento hacia la comprensión de importantes temas referentes al agua, así como al importante papel que cumple la Empresa Pública ETAPA EP dentro de su componente de sensibilización pues la apropiación de la gente sobre estos temas será un pilar fundamental en la búsqueda de apoyos hacia la correcta protección, uso y conservación del agua.

La secuencia que guarda el presente documento es considerada importante para el éxito de las iniciativas presentes y futuras relacionadas con el agua, como una base conceptual sólida a la cual puedan acudir. Así también, se considera de vital importancia tener

suficiente información esquematizada, para sustentar de forma técnica y a la vez didáctica el proyecto en mención. Con ello se pretende tener a disposición un documento lo suficientemente claro, preciso y ha la vez detallado, el cual permita desarrollar cada uno de los temas planificados y contrastarlos con la realidad.

## 1. ANTECEDENTE

### 1.1 HISTORIA DE LA CASONA DE UCUBAMBA

“La casona de Ucubamba, representa en la provincia del Azuay una muestra del pasado, uno de los componentes importantes del patrimonio edificado rural de la región. Su restauración, la ha asumido ETAPA EP, con alto sentido de responsabilidad, logrando con ello su adaptación para actividades de promoción y enseñanza, en el Campo ecológico – cultural.

Existen obras monumentales de la arquitectura, reconocidas universalmente, admiradas y estudiadas por todos, pero se descuida la pequeña, la hecha por el hombre común y corriente – la arquitectura popular o la arquitectura sin arquitectos. La recuperación de la Casona de Ucubamba es un ejemplo de modelo alternativo.

Toponimia.

Ucubamba: Nombre quichua, compuesto de “ucu” igual hueco, y “pampa” llanura, es decir: *llanura con huecos*.

La hacienda de Ucubamba ubicada en la margen derecha del río Cuenca, al sur este de la ciudad al pie del monte Guaguazhimi. Perteneció originalmente a la Iglesia en el período colonial y republicano, y como tantas otras haciendas fue administrada por distintas personas quienes sustentaban el derecho a regirlas bajo ciertas condiciones que imponía el Clero. Por ejemplo, en este caso particular, el de construir y dar mantenimiento al puente para cruzar el río Cuenca, durante el tiempo que perdure cada administración. Dedicada al

cultivo de productos agrícolas propios de la zona andina fue anteriormente rica en fauna y flora por tratarse de un bosque andino y que a través de los años ha perdido esta cualidad.

Por los acontecimientos sucedidos por la revolución Liberal, los bienes del Clero pasaron a manos distintas. En este caso la hacienda Ucubamba pasó a ser administrada por la junta de asistencia social del Azuay, hasta cuando esta entidad existió, más o menos en la década de los años setenta. Posteriormente la hacienda paso a manos de la sociedad de agricultores del Azuay hasta que es disuelta por decreto dictado por el consejo supremo de Gobierno el 17 de septiembre de 1976 mediante el cual se dispone que los bienes pasen a poder del CREA institución que dedicó esta propiedad para fines experimentales en el área agrícola. Simultáneamente la universidad de Cuenca ocupó parte de la hacienda para dar preparación técnica a los estudiantes de Agronomía y Veterinaria, en la Casona que ahora se destinara a labores culturales, funcionaban aulas de clases y bodegas.

Finalmente el CREA vendió la propiedad a ETAPA EP, mediante escritura Pública del 26 de agosto de 1991. Se ha destinado parte de esta propiedad para el funcionamiento de la unidad de manejo Ambiental hoy Dirección de Gestión Ambiental y para la implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

En julio de 1995 con el Arq. Gustavo Lloret O. se suscribió contrato para la propuesta técnica de intervención en la “Casona de Ucubamba”. Para su restauración el 25 de junio se convocó a un concurso privado de precios, invitándose a varios profesionales; el mismo que se adjudicó al Arq. Max Cabrera Rojas, suscribiéndose el contrato el 06 de agosto de 1997. Se terminó la obra de restauración un año después”<sup>1</sup>.

Hoy la Casona de Ucubamba se muestra restaurada, cómodamente adaptada sin alterar su característica primigenia y dispuesta a un nuevo uso – en medio de un atractivo paisaje – que de hecho contribuye al ornato semiurbano del sector.

---

<sup>1</sup> Dirección de Gestión Ambiental ETAPA, 1998: Casona de Ucubamba. Tríptico de difusión.

En noviembre de 1998, el programa de Educación Ambiental inicia sus actividades en la Casona de Ucubamba, para lo cual se recibían a diario grupos de niños de las diferentes escuelas de la Ciudad de Cuenca. Los niños intervenían en actividades lúdicas y didácticas de sensibilización Ambiental sobre la importancia de los recursos naturales en especial el agua, así como una la explicación in situ del funcionamiento de las Lagunas de Estabilización. Esta actividad duró hasta el 2004.

Desde el 2005 hasta el 2011 la Casona de Ucubamba se mantuvo con su aula audiovisual como apoyo a los grupos de visitantes de diferente nivel académico y el resto de instalaciones como oficinas administrativas.

En el 2011 nuevamente es intervenida y refaccionada con el fin de utilizarlo para la firma de convenios trascendentes y para actividades operativas del personal de la planta de tratamiento de aguas residuales<sup>2</sup>.

## *1.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UCUBAMBA*

“La ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, es una ciudad interandina situada al sur del Ecuador sobre una planicie a 2.550 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 15°C. Se trata de una ciudad de tradición colonial y republicana, es un centro cultural y artesanal de importancia en el país, la misma que fue declarada por la UNESCO como "Patrimonio Cultural de la Humanidad" en el año de 1999.

La Empresa Pública ETAPA EP, como responsable de la dotación de los servicios de agua potable y saneamiento, consciente de la magnitud del problema que se estaba produciendo, desde 1983 ha realizado una serie de actividades tendientes a la recuperación de la calidad de las aguas de los ríos que atraviesan la Ciudad y preservación de la salud de la población, para lo cual realizó la construcción de alrededor 70 Km. de interceptores en las márgenes de los cuatro ríos de Cuenca y de dos quebradas que atraviesan la ciudad, así como la

---

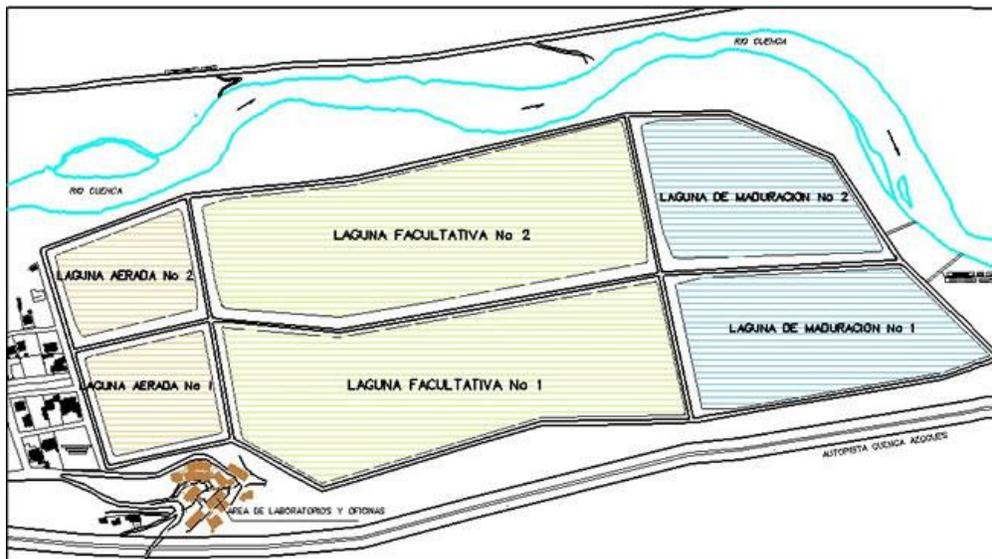
<sup>2</sup> I. Flores, 2012. Coordinador de Educación Ambiental, ETAPA EP, comunicación personal.

construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, la misma que actualmente esta en su fase de funcionamiento rutinario desde el mes de noviembre de 1999.

En forma complementaria y con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se han implementado los Programas de Control de la Contaminación por Vertidos Líquidos Industriales, de Recolección de Pilas Usadas y el de Recolección de Aceites Usados provenientes de mecánicas y lubricadoras. Además durante la operación de la misma se ha visto la necesidad de emprender con proyectos complementarios tendientes a optimizar, disminuir los costos de los procesos de tratamiento y prolongar la vida útil de la planta, manteniendo la calidad de los servicios y la imagen de la Empresa ante los usuarios y la comunidad en general.

### 1.2.1 Características de la Planta de Tratamiento

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de ETAPA EP, está constituida por Estructuras de Tratamiento Preliminar y dos módulos de tratamiento independientes compuestos por Lagunas de Estabilización (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cuenca. Fuente: Página web de ETAPA EP.

### 1.2.2 Principales Objetivos

Los principales objetivos perseguidos con el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para la ciudad de Cuenca, se pueden resumir en los siguientes:

- Interceptar y conducir las aguas residuales que anteriormente eran descargadas en los ríos que atraviesan la ciudad hacia la PTAR para su posterior depuración, y así contar con cuerpos acuáticos libres de contaminación, en los cuales se vuelvan a dar las condiciones necesarias para el desarrollo de la flora y la fauna.
- Tratar las aguas residuales generadas en el área metropolitana de la ciudad de Cuenca, con la finalidad de evitar de que las mismas sean fuente de proliferación de enfermedades que pudieran afectar a la salud de la población de la ciudad y de poblaciones que se encuentran localizadas aguas debajo de la misma.
- Devolver al medio ambiente aguas libres de contaminación.

A más de la consecución de los objetivos que fueron planteados en la fase de concepción del proyecto, desde un inicio y con el transcurrir del tiempo, el normal funcionamiento de la Estación de Tratamiento, ha permitido la consecución de otros logros, entre los cuales podemos citar:

- Se ha recuperado la belleza escénica de los ríos, patrimonio y característica particular de Cuenca y por lo que es identificada en todo ámbito.
- La recuperación de la calidad del agua de los ríos, ha permitido el retorno de actividades que dejaron de ser practicadas en aquellas épocas cuando no se disponía de interceptores y estación de tratamiento de aguas residuales. Una de tales prácticas constituye el lavado de ropa en los ríos, valor característico de la ciudad de Cuenca, a más de que se ha reactivado y fortalecido las actividades de

esparcimiento y turismo en áreas contiguas a los ríos, tal como son los parques lineales y ríos en general.

- La Estación de Tratamiento se ha convertido en un centro de capacitación e instrucción a nivel primario, secundario y superior de las Instituciones Educativas a Nivel Nacional, así como de Instituciones del Exterior. Los visitantes, dada la trascendencia de PTAR, se constituyen en agentes multiplicadores de las actividades desarrolladas por ETAPA EP.
- ETAPA EP ha apoyado el desarrollo de tesis de grado a nivel superior y de maestrías a nivel nacional e internacional en temas relacionados con la Planta de Tratamiento, con los consiguientes beneficios para la Empresa, por varios factores entre lo que podemos citar:
  - a) Efectuar trabajos específicos y necesarios realizados por mano de obra calificada, como el caso de futuros profesionales en estudios de Maestrías.
  - b) Permitir la profesionalización de estudiantes de la ciudad.
  - c) Dar a conocer a la Empresa a nivel internacional, en la cual a más de los valores característicos de ETAPA EP como son la excelencia en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, se ha logrado un conocimiento cabal y efectivo de su sistema de tratamiento de aguas residuales. Esto identifica a la Empresa como una entidad responsable por la conservación del Medio Ambiente, factor muy importante si se considera el reducido número de estaciones de tratamiento”<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Este capítulo ha sido tomado de la página web de Etapa: [http://www.etapa.net.ec/DGA/DGA\\_tra\\_agu\\_res\\_inf\\_gen.aspx](http://www.etapa.net.ec/DGA/DGA_tra_agu_res_inf_gen.aspx)

### 1.2.3. Mejoramiento integral del sistema de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba

#### 1.2.3.1 Introducción

“La planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucubamba es la principal instalación de tratamiento en la ciudad de Cuenca; concebida en el marco de la Primera Fase de los planes maestros de Agua potable y Alcantarillado de la ciudad y puesta en servicio en noviembre de 1999. La planta dispone de un proceso de depuración compuesto por estructuras de tratamiento preliminar y un sistema de lagunas de estabilización en dos líneas, constituido por lagunas aeradas primarias, lagunas facultativas secundarias y lagunas de maduración terciarias.

Este proceso de depuración implica la transformación de sustancias y la acumulación de los sólidos propios de las aguas residuales en el fondo de las lagunas aeradas y facultativas. Esto ocasiona una pérdida de volumen útil de tratamiento y en consecuencia una reducción de la eficacia del sistema; a más de que los lodos depositados en el fondo se encuentran demandando mayores cantidades de oxígeno. Lo cual se traduce en un mayor consumo de energía eléctrica por el incremento de horas de funcionamiento del sistema de aeración para mantener adecuados niveles de oxígeno disuelto en la masa de agua.

Por otro lado, debido a la nueva concepción efectuada para la PTAR Ucubamba, en la cual se amplía su vida útil hasta el año 2030, se ha previsto la instalación de equipo adicional para la inyección de oxígeno en las primeras unidades de tratamiento biológico. Esto permitirá absorber la carga adicional a ser transportada por los nuevos sistemas de alcantarillado que se construirán a corto plazo.

De igual forma, desde el inicio de funcionamiento de la PTAR, se han presentado inconvenientes operativos asociados con la acumulación de materiales pétreos en las estructuras de pretratamiento (cajón de llegada, cribas y canales de conducción y transición). También se distingue un deterioro de las estructuras y equipos mecánicos, así como la acumulación excesiva de materiales pétreos en los desarenadores con énfasis en la

época invernal, lo cual ocasiona el cierre temporal de la PTAR para efectuar labores de limpieza y desobstrucción. Esto conlleva un deterioro de la calidad del agua del río Cuenca debido al by pass temporal que es necesario realizar y también por los problemas ambientales en el sector asociados con olores.

Obras importantes para el mantenimiento de la planta de tratamiento están relacionadas con:

- Un sistema para la extracción y deshidratación de los lodos acumulados en la PTAR Ucubamba, el mismo que se está constituido por dragado, conducción a través de tuberías, bombeo, espesamiento, deshidratación y almacenamiento de los lodos deshidratados.
- Un sistema para la extracción de arenas en el cajón de llegada y en el canal de transición hacia las cribas, de tal forma que estos trabajos sean factibles de ser ejecutados con flujo normal y sin efectuar derivaciones hacia el río Cuenca.
- Un sistema de barrido, extracción y clasificación de arenas en los desarenadores, de tal forma de solventar las cargas actuales y futuras de arena, con énfasis en la época invernal.
- Ampliación de la capacidad de aereación y agitación en las lagunas aeradas de tal forma de solventar las sobrecargas en el sistema, la demanda bental controlada y el incremento de la carga en el afluente.
- Mejoras en el sistema relacionadas con la capa de rodadura y protección de diques y patios de maniobras, etc.
- Sistemas de fuerza y control.

### 1.2.3.2 Objetivos

El proyecto de mejoramiento integral del sistema de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba, tiene como objetivos principales:

- Evacuar materiales pétreos y los lodos acumulados en la PTAR con la totalidad del sistema en funcionamiento, evitándose de esta forma la contaminación y deterioro de la calidad del agua del río Cuenca, así como problemas ambientales asociados con olores y vectores en el sector de Ucubamba.
- Extraer los lodos acumulados en las lagunas aeradas y facultativas sin interferir en los procesos.
- Conducir y deshidratar los lodos hasta conseguir una sequedad adecuada, que permita reducir su volumen, y facilitar su transporte y disposición final.
- Tratar la carga orgánica excedente que será transportada a los nuevos sistemas de recolección e interceptación.
- Precautelar la integralidad del sistema de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba”<sup>4</sup>.

### 1.2.4 Perspectivas a futuro

#### 1.2.4.1 Viabilizar la nueva planta de tratamiento de aguas residuales

“En el segundo semestre de este año se iniciarán los estudios para el nuevo proyecto de la Empresa ETAPA EP. Una vez definidas las fuentes de financiamiento, la obra se ejecutaría en 2013.

---

<sup>4</sup> Este subtema ha sido extraído del documento: ETAPA. 2010. Mejoramiento Integral del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucubamba. Memoria Técnica del Proyecto.

Esta nueva planta de tratamiento de aguas residuales en Guangarcucho, requiere de una inversión base de 90.000.000 de dólares porque tendrá capacidad de tratar aguas servidas de Cuenca, Azogues y Biblián (Foto 1).



**Foto 1.** Se proyecta la construcción de la nueva planta de tratamiento que servirá a 3 ciudades andinas.

**Fuente:** Página web de Diario El Mercurio

Ahora las aguas servidas de las ciudades de Azogues y Biblián, van al río Burgay sin tratamiento, igual sucede en la zona de influencia de la parte norte de la laguna de oxigenación de Ucubamba, que se depositan directamente en el río Cuenca.

Carlos Julio Jaramillo, gerente de Agua Potable de ETAPA EP, sostiene que el proyecto cuando esté construido, podrá tratar 150.000 litros de agua por segundo. El diseño tiene un horizonte de vida base hasta el 2030, con capacidad de servir a más de 200.000 usuarios de Cuenca, Azogues y Biblián según los estudios de prefactibilidad.

Los diseños y estudios de factibilidad son realizados por dos empresas: una holandesa y otra suiza, mismas que utilizan tecnologías diferentes. La primera propone lodos activados, (separación de sedimentos en la operación) y la segunda un tratamiento físico químico (disolución de desechos en turbinas). Las dos son analizadas desde la óptica técnica, operativa y financiera. Si se opta por la tecnología holandesa, la construcción durará cuatro años, mientras que la Suiza un año, asevero el profesional.

La inversión en los estudios de prefactibilidad y factibilidad suma 1.300.000 dólares aproximadamente. Son financiados por la empresa y las firmas interesadas en hacer la obra con su tecnología. El área de terreno requerido para construir el proyecto es de 20 hectáreas y los predios ya están afectados en Guangarcucho. Solo es cuestión que el Concejo Municipal los declare de utilidad pública para adquirirlos en este trimestre.

Hay dos fuentes para financiar la construcción de la obra; la una del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la otra el Banco del Estado (BEDE). Además, existe una oferta de financiamiento de Bélgica, que tiene como fuente la Unión Europea, pero hay que estudiar plazos e intereses que convengan a la empresa y ciudadanía, anotó Jaramillo.<sup>5</sup>

#### 1.2.4.2 Alianzas Estratégicas

“ETAPA EP y EMAPAL firmaron un convenio estratégico para la construcción de la nueva Planta de Tratamiento De Aguas Residuales.

La firma de este convenio interinstitucional se dio con la visita a Cuenca del Alcalde de Azogues, quienes conjuntamente con el Burgomaestre de la capital azuaya, vieron necesaria esta alianza, que tienen por objetivo interceptar y conducir las aguas residuales que actualmente son descargadas a los ríos Cuenca y Burgay, así como a sus afluentes hasta el sector donde será emplazada esta planta de tratamiento, con lo que se tendrá una depuración, lo que permitirá contar con cuerpos acuáticos libres de contaminación.

Vale aclarar que estas asociaciones están aprobadas por la Ley Orgánica de Empresas Publicas, en su artículo 35, la misma que faculta y permite cualquier convenio que vaya en beneficio de los habitantes.

Este convenio tienen un plazo fijado de 10 años que corren desde ahora, pero adicional a eso se informa que desde el 2016 las aguas residuales de la planta de tratamiento cuencana

---

<sup>5</sup> Tomado de la página web de Diario El Mercurio: <http://www.elmercurio.com.ec/338798-nueva-planta-tratar-a-aguas-residuales-de-tres-ciudades.html>. Fecha: 28 de junio de 2012.

de Ucubamba que tiene la ciudad de Cuenca, serán derivadas hasta la nueva planta que se va a emplazar en Guangarcucho, con el objetivo de evitar las afecciones al ambiente de la población asentada en la capital azuaya”.<sup>6</sup>

### *1.3 ASESORAMIENTO DE ETAPA EP. EN SERVICIOS AMBIENTALES*

“El Gobierno Local, liderado por el Alcalde Paúl Granda, a través de su Empresa ETAPA EP , suscribió un Contrato de Consultoría por Régimen Especial a fin de permitir que la Empresa Cuencana ETAPA EP, brinde asistencia técnica a la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Agua Potable, Alcantarillado y servicios integrales, integrada por los Gobiernos Autónomos Descentralizados de los cantones Bolívar, Junín, San Vicente, Sucre y Tosagua de Manabí - EMAARS-EP-, de conformidad con la oferta presentada por ETAPA EP.

De acuerdo a los términos del contrato, ETAPA EP realizará la provisión de los servicios especializados de consultoría para la ejecución del plan de asistencia técnica, dotándole de herramientas técnicas, operativas, financieras, y administrativas que permitan generar capacidades locales para la prestación eficiente del servicio de agua potable, para lo cual realizará todo aquello que fuere necesario para la total ejecución del objeto de la Consultoría, de conformidad con los términos de referencia, las condiciones generales y especiales y los demás documentos contractuales. Por su parte, a la EMAARS-EP-, le corresponderá Implementar el Plan de Asistencia Técnica, con sujeción a los procedimientos realizados por la consultoría.

Oswaldo Larriva, gerente general de ETAPA EP, luego de la firma del documento y a nombre del Gobierno Local, expresó su complacencia por este logro que va en beneficio absoluto de las poblaciones Manabitas ubicadas en el centro y centro norte. Así mismo, exteriorizó su agradecimiento al Banco del Estado, pues sin su apoyo esta acción hubiese

---

<sup>6</sup> Sacado de la página web de Austral Tv:  
[http://www.australv.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1227:etapa-y-emapal-firmaron-convenio-estrategico-para-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales&catid=5:prov&Itemid=69](http://www.australv.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1227:etapa-y-emapal-firmaron-convenio-estrategico-para-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales&catid=5:prov&Itemid=69). Fecha: 27 de julio de 2012.

sido imposible concretarse, considerando que este Organismo (el Banco del Estado), financiará la consultoría de asistencia técnica por la suma de 450.500 dólares.

Así mismo, Larriva resaltó la labor que cumplirá la Empresa ETAPA EP en cumplimiento del contrato establecido, pues ésta no escatimará en brindar un asesoramiento de calidad a fin de solucionar el problema de carencia de agua en los cinco cantones mencionados porque, si no hay agua, no hay salud, sentenció.

Por su parte, para los cantones beneficiarios, la obra marca un hito en la historia de estas poblaciones ya que ello representa contar con el recurso agua, servicio indispensable para el Buen Vivir consagrado en nuestra Constitución. Durante muchos años estas poblaciones han sentido la verdadera necesidad de contar con líquido vital de buena calidad, de ahí que luego de varios intentos de solución a los graves problemas que ocasiona la falta de agua, cinco municipalidades de la provincia de Manabí, por voluntad propia, decidieron unirse y conformar la llamada Mancomunidad Centro Norte, a fin de lograr contar con este recurso indispensable para la vida de sus habitantes.

ETAPA EP como consultora deberá entregar la totalidad del trabajo, materia del presente contrato de servicios de consultoría a través de un informe final, en el plazo total de 365 días calendario, contados a partir de la fecha de entrega del primer desembolso”.<sup>7</sup>

#### *1.4 OTROS CONVENIOS DE SANEAMIENTO PROPUESTOS POR ETAPA EP.*

“Con la finalidad de continuar sirviendo con obras de infraestructura sanitaria a las comunidades rurales del cantón Cuenca, el Gobierno Local por intermedio de su empresa ETAPA EP, suscribió importantes convenios con las Juntas Parroquiales y representantes de los moradores en las parroquias de Santa Ana, Chiquintad y Tarqui.

---

<sup>7</sup> Esto ha sido extraído de la página web del Municipio de Cuenca: <http://www.cuenca.gov.ec/?q=node/10941>. Fecha: 17 de mayo del 2012.

#### 1.4.1 Santa Ana

Con Santa Ana se suscribió un convenio para la construcción de 71 unidades básicas sanitarias para servir a los sectores del Centro Parroquial, Auquilula, el Chorro, Playa los Ángeles y San Francisco de Mosquera. El presupuesto referencial al que asciende este convenio para la construcción de dicha obra es de 100 000 dólares.

#### 1.4.2 Chiquintad

De la misma manera, a fin de realizar la construcción del sistema de alcantarillado sanitario para servir a los habitantes del sector de Santa Teresita, en días anteriores se firmó un convenio entre la Empresa ETAPA EP, la Junta Parroquial y los moradores beneficiarios. El costo referencial al que asciende dicho convenio es de 400 000 dólares. Con esta obra se pretende servir aproximadamente a 1.000 habitantes de este importante sector del cantón Cuenca.

#### 1.4.3 Tarqui

Por su parte, en la parroquia Tarqui se ejecutará la construcción del sistema de agua potable para las comunidades de Tañiloma - El Cisne. Obra que según sus moradores ha sido considerada como prioritaria, pues han debido esperar muchos años a fin de contar con este elemento indispensable para la salud de los habitantes. El monto referencial al que asciende este convenio es de 196 500 dólares. La obra beneficiará a una población estimada de 75 familias de los sectores en mención; es decir alrededor de 300 habitantes.

Así mismo, se firmó un convenio para servir con obras de alcantarillado sanitario a los habitantes de la comunidad El Cisne, perteneciente a la misma parroquia Tarqui. La obra que ascenderá a la suma aproximada de 95 500 dólares, servirá a una población estimada de 35 familias que equivale a 150 habitantes aproximadamente”.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Este subtema ha sido recopilado de la página web del Municipio de Cuenca: <http://www.cuenca.gov.ec/?q=node/10694> Fecha: 02 de marzo de 2012.

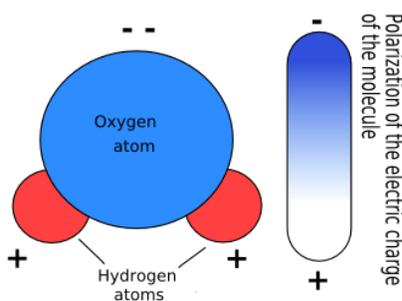
## 2. INTRODUCCIÓN

### 2.1 EL AGUA ELEMENTO DE VIDA: COMPOSICIÓN

“El agua está formada por dos átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O) unidos mediante enlaces covalentes, de manera que la molécula tiene una forma triangular plana. Además el agua se comporta como un dipolo, es decir tiene dos regiones con una cierta carga eléctrica. Una de ellas es positiva y la otra negativa.

El hecho de que el agua sea un dipolo se debe a que el hidrógeno y el oxígeno son átomos muy distintos desde el punto de vista de la electronegatividad. Es esta una propiedad atómica que indica la forma en que un átomo atrae hacia sí los electrones que comparte con otro en un enlace covalente.

En el caso del agua, el oxígeno es un átomo muy electronegativo. El hidrógeno es un átomo muy poco electronegativo. Los electrones que comparten en los dos enlaces covalentes que presenta la molécula de agua están “desplazados” hacia la región ocupada por el oxígeno. Eso implica que esa zona tenga un poco más (un diferencial) de carga negativa, mientras que los hidrógenos tienen diferenciales de carga positiva (Figura 2). Decimos que tienen diferenciales de carga para resaltar que el agua NO es una molécula cargada eléctricamente, el agua NO ES un ión. El agua, es una molécula polar. Esta polaridad es fundamental para entender las propiedades del agua, saber porque el agua se comporta químicamente como lo hace y por extensión su importancia dentro de los seres vivos”.<sup>9</sup>



**Figura 2.** Composición química del agua. **Fuente:** Página web La Guía

<sup>9</sup> Tomado de la página web de *La Guía*. <http://biologia.laguia2000.com/bioquimica/composicion-quimica-del-agua>.

## 2.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA

“El agua es inodora, incolora e insípida, es decir, no tiene un olor propio, no tiene color ni sabor. Su importancia reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que suceden en la naturaleza, no solo en organismos vivos sino también en la superficie no organizada de la tierra, así como los que se llevan a cabo en los laboratorios y en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua.

Por consiguiente el agua presenta las siguientes propiedades:

✚ **Disolvente:** El agua es descrita muchas veces como el solvente universal, porque disuelve muchos de los compuestos conocidos. Sin embargo, no lo es, porque no disuelve a todos los compuestos, y, de hecho, no sería posible construir ningún recipiente para contenerla.

El agua es un disolvente polar. Como tal, disuelve bien sustancias iónicas y polares, como la sal de mesa (cloruro de sodio). No disuelve, de manera apreciable, sustancias fuertemente apolares, como el azufre en la mayoría de sus formas alotrópicas. Esta cualidad es de gran importancia para la vida.

Algunas sustancias, sin embargo, no se mezclan bien con el agua, incluyendo aceites y otras sustancias hidrofóbicas. Membranas celulares, compuestas de lípidos y proteínas, aprovechan esta propiedad para controlar las interacciones entre sus contenidos químicos y los externos, lo que se facilita, en parte, por la tensión superficial del agua.

La capacidad disolvente es responsable de:

- a) Las funciones metabólicas.
- b) Los sistemas de transporte de sustancias en los organismos.

✚ **Polaridad:** Las moléculas de agua son muy polares, puesto que hay una gran diferencia electronegatividad entre el hidrógeno y el oxígeno. Los átomos de oxígeno son mucho más electronegativos (atraen más a los electrones) que los de

hidrógeno, lo que dota a los dos enlaces de una fuerte polaridad eléctrica, con un exceso de carga negativa del lado del oxígeno, y de carga positiva del lado del hidrógeno. Los dos enlaces no están opuestos, sino que forman un ángulo de  $104,45^\circ$  debido a la hibridación del átomo de oxígeno así que, en conjunto, los tres átomos forman una molécula angular, cargando negativamente en el vértice del ángulo, donde se ubica el oxígeno y positivamente, en los extremos de la molécula, donde se encuentran los hidrógenos. Este hecho tiene una importante consecuencia, y es que las moléculas de agua se atraen fuertemente, adhiriéndose por donde son opuestas las cargas. En la práctica, un átomo de hidrógeno sirve como puente entre el átomo de oxígeno al que está unido covalentemente y el oxígeno de otra molécula. La estructura anterior se denomina enlace de hidrógeno o puente de hidrógeno.

✚ **Cohesión:** es la propiedad con la que las moléculas de agua se atraen entre sí. Debido a esta interacción se forman cuerpos de agua por adhesión de moléculas de agua.

Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido casi incomprensible. Estos puentes se pueden romper fácilmente con la llegada de otra molécula con un polo negativo o positivo dependiendo de la molécula, o, con el calor.

La fuerza de cohesión permite que el agua se mantenga líquida a temperaturas no extremas.

✚ **Adhesión:** El agua por su gran potencial de polaridad, cuenta con la propiedad de la adhesión, es decir, el agua generalmente es atraída y se mantiene adherida a otras superficies.

✚ **Tensión superficial:** Por su misma propiedad de cohesión, el agua tiene una gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando tensión superficial. La superficie del líquido se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo

tiempo ofrecer cierta resistencia al intentar romperla; esta propiedad contribuye a que algunos objetos muy ligeros floten en la superficie del agua aún siendo más densos que esta.

Debido a su elevada tensión superficial, algunos insectos pueden estar sobre ella sin sumergirse e, incluso, hay animales que corren sobre ella como la araña de agua. Las gotas de agua también son estables también debido a su alta tensión superficial. Esto se puede ver cuando pequeñas cantidades de agua se ponen en superficies no solubles, como el vidrio, donde el agua se agrupa en forma de gotas.

✚ **Acción capilar:** El agua cuenta con la propiedad de la capilaridad, que es la propiedad de ascenso, o descenso, de un líquido dentro de un tubo capilar. Esto se debe a sus propiedades de adhesión y cohesión.

Cuando se introduce un capilar en un recipiente con agua, esta asciende espontáneamente por el capilar como si trepase “agarrándose” por las paredes, hasta alcanzar un nivel superior al del recipiente, donde la presión que ejerce la columna de agua se equilibra con la presión capilar. A este fenómeno se debe, en parte, la ascensión de la savia bruta, desde las raíces hasta las hojas, a través de los vasos leñosos.

✚ **Calor específico:** Esta propiedad también se encuentra en relación con la capacidad del agua para formar puentes de hidrógeno intermoleculares. El agua puede absorber grandes cantidades de calor que es utilizado para romper los puentes de hidrógeno, por lo que la temperatura se eleva muy lentamente. El calor específico del agua se define como la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura, en grados celsius, a un gramo de agua en condiciones estándar y es de  $1 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{g}$  que es igual a  $4,1840 \text{ J}/\text{K}\cdot\text{g}$

Esta propiedad es fundamental para los seres vivos ya que gracias a esto, el agua reduce los cambios bruscos de temperatura, siendo un regulador térmico muy bueno. Un ejemplo de esto son las temperaturas tan suaves que hay en las zonas costeras, que son consecuencias de esta propiedad. También ayuda a regular la

temperatura de los animales y las células permitiendo que el citoplasma acuoso sirva de protección ante los cambios de temperatura. Así se mantiene la temperatura constante.

La capacidad calorífica del agua es mayor que la de otros líquidos.

Para evaporar el agua se necesita mucha energía. Primero hay que romper los puentes y posteriormente dotar a las moléculas de agua de la suficiente, energía cinética para pasar de la fase líquida a la gaseosa. Para evaporar un gramo de agua se precisan 540 calorías, a una temperatura de 20°C.

✚ **Temperatura de fusión y evaporación:** Presenta un punto de ebullición de 100°C a presión de 1 atmósfera. El calor latente de evaporación del agua a 100°C es 540 cal/g.

Tiene un punto de fusión de 0°C a presión de 1 atmósfera, sin embargo, nuevos estudios por parte de un equipo de químicos de la Universidad de Utah (EEUU), han demostrado que el agua no se fusiona completamente a 0°C sino que es a -13°C que el hielo se solidifica por completo. El calor latente de fusión del hielo a 0°C es 80 cal/g. Tiene un estado de sobre enfriado líquido de -25°C.

La temperatura crítica del agua, es decir, aquella a partir de la cual no puede estar en estado líquido independientemente de la presión a la que esté sometida, es de 374°C, lo que corresponde con una presión de 217,5 atmósferas.

✚ **Densidad:** La densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión.

✚ **Cristalización:** La cristalización es el proceso por el que el agua pasa de su estado líquido al sólido cuando la temperatura disminuye de forma continua.

### 2.2.1 Otras propiedades

- Ph neutro
- Con ciertas sales forma hidratos.
- Reacciona con los óxidos de metales formando bases.
- Es catalizador en muchas reacciones químicas.
- Presenta un equilibrio de autoionización, en el cual hay iones  $H_3O^+$  y  $OH^-$ ”<sup>10</sup>

## 2.3 ESTADOS DEL AGUA EN LA NATURALEZA

2.3.1 “Estado sólido: Se encuentra en forma de nieve y hielo en los polos, en las cumbres de las montañas, en las tormentas de granizo en forma de bolas de hielo, en los glaciares, en el frigorífico en forma de cubitos de hielo.

2.3.2 Estado líquido: Se encuentra en los océanos, ríos, mares, lagos, lagunas, lluvia, aguas subterráneas, fuentes, es la que sale del grifo y la embotellada que bebemos.

2.3.3 Estado gaseoso: Está presente en el aire en forma de vapor de agua y se produce cuando el agua se evapora. El vapor de agua es un gas que es incoloro e inodoro, por lo que no lo podemos ver ni oler.

Las nubes y el vaho blanco que sale de una olla al hervir no son vapor de agua, sino minúsculas gotas de agua líquida que se produce cuando el vapor de agua se condensa al enfriarse y pasa de gaseoso a líquido.

Las nubes, la niebla y el rocío son fenómenos meteorológicos que nos hacen visible el vapor del agua que hay en la atmósfera cuando éste se enfría y pasa al estado líquido”.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Este capítulo fue tomado de Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Mol%C3%A9cula\\_de\\_agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Mol%C3%A9cula_de_agua)

<sup>11</sup> Se ha recopilado de Slideshare: <http://www.slideshare.net/asbonetti/el-agua-en-la-naturaleza-8381208>

### 2.3.4 Cambios de estado

“El agua puede pasar de un estado físico a otro por acción del frío o del calor. Estos cambios de estados son:

- ✚ **Fusión:** Es el paso de un sólido al estado líquido por medio de la energía térmica; durante este proceso isotérmico hay un punto en que la temperatura permanece constante. El “punto de fusión” es la temperatura a la cual el sólido se funde. Cuando dichas moléculas se moverán en una forma independiente, transformándose en un líquido.
  
- ✚ **Solidificación:** Es el paso de un líquido a sólido por medio del enfriamiento; el proceso es exotérmico. El “punto de solidificación” o de congelación es la temperatura a la cual el líquido se solidifica y permanece durante el cambio, y coincide con el punto de fusión si se realiza de forma lenta (reversible); su valor es también específico.
  
- ✚ **Vaporización:** Es el proceso físico en el que un líquido pasa al estado gaseoso. Si se realiza cuando la temperatura de la totalidad del líquido igualada al punto de ebullición del líquido, a esa presión al continuar calentando el líquido, éste absorbe el calor, pero sin aumentar la temperatura: el calor se emplea en la conservación del agua en estado líquido en agua en estado gaseoso, hasta que la totalidad de la masa pasa al estado gaseoso. En ese momento es posible aumentar la temperatura del gas.
  
- ✚ **Evaporación:** se produce a cualquier temperatura, aunque es mayor cuando más alta es la temperatura. Es importante e indispensable en la vida cuando se trata del agua, que se transforma en vapor de agua y al condensarse en nube, volviendo en forma de lluvia, nieve o rocío.

Cuando existe un espacio libre encima de un líquido caliente, una parte de sus moléculas está en forma gaseosa, al equilibrarse, la cantidad de materia gaseosa define la presión de vapor saturante la cual no depende de la temperatura.

✚ **Condensación:** Se denomina condensación al cambio de la materia que se encuentra en forma gaseosa a forma líquida. Es el proceso inverso a la vaporización. Si se produce un paso de estado gaseoso a estado líquido de manera directa, el proceso es llamado sublimación inversa. Si se produce un paso del estado líquido a sólido se denomina solidificación.

✚ **Sublimación:** es el proceso que consiste en el cambio de estado de la materia sólida al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido. Al proceso inverso se lo denomina sublimación inversa; es decir, el paso directo del estado gaseoso al estado sólido. Un ejemplo clásico de sustancia capaz de sublimarse es el hielo seco”.<sup>12</sup>

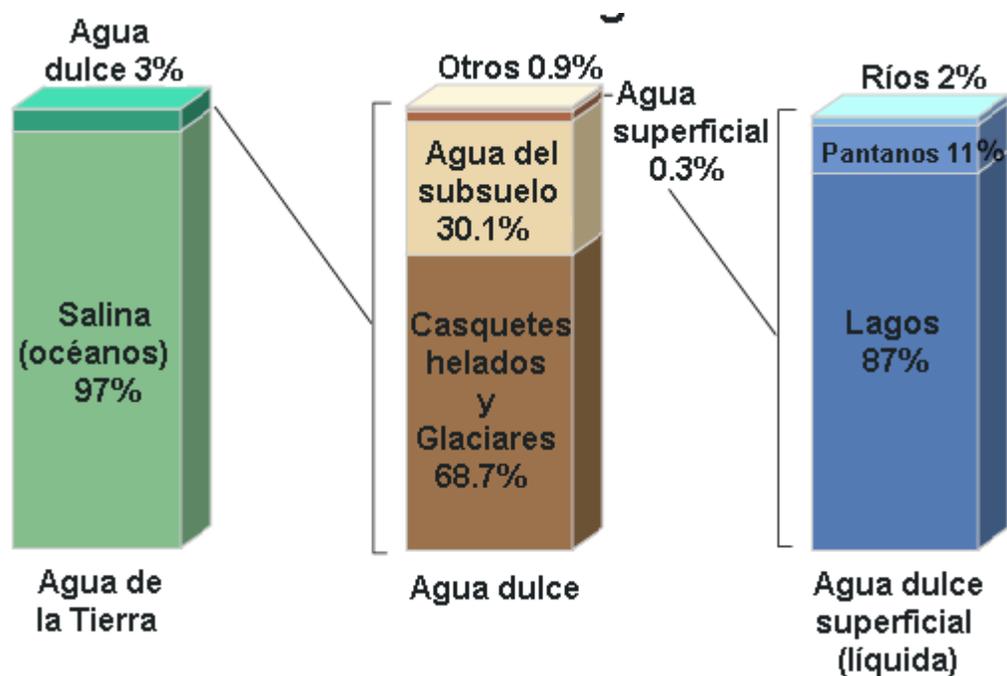
#### *2.4. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA*

El agua ocupa el 70% de la superficie del planeta. La mayor cantidad de agua que se encuentra en el planeta es salada, proveniente de los océanos y mares (97%). Del 3% de agua dulce, la mayor parte se encuentra congelada en los glaciares y casquetes polares (69%), otra se encuentra dentro del subsuelo y la porción más pequeña corre por la superficie (0.3%). Del agua superficial, la mayor parte se encuentra recogida en lagos y lagunas, y tan solo el 2% se encuentra en los ríos, que en su mayoría es el agua aprovechada para el consumo humano (Figura 3).<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Tomado de la página web de Wikipedia. [http://es.wikipedia.org/wiki/Cambio\\_de\\_estado](http://es.wikipedia.org/wiki/Cambio_de_estado)

<sup>13</sup> Tomado de la página web de Educación Ambiental en República Dominicana. <http://www.jmarcano.com/index.html>



**Figura 3.** Distribución del agua en la Tierra. Fuente: Página Web Educación Ambiental en la República Dominicana

“El agua representa entre el 50% y el 90% de la masa de los seres vivos (aproximadamente el 75% del cuerpo humano; en el caso de las algas, el porcentaje ronda el 90%).

En la superficie de la Tierra hay unos 1.386.000.000 km<sup>3</sup> de agua que se distribuye de la siguiente manera (Cuadro 1):

**Cuadro 1.** Distribución del agua en el Planeta tierra

Situación del agua	VOLUMEN KM3		PORCENTAJE	
	Agua dulce	Agua salada	de agua dulce	de agua total
OCÉANOS Y MARES		1.338.000.000	-	96,5
CASQUETES Y GLACIARES POLARES	24.064.000	-	68,7	1,74
AGUA SUBTERRÁNEA SALADA	-	12.870.000	-	0,94
AGUA SUBTERRÁNEA DULCE	10.530.000	-	30,1	0,76
GLACIARES CONTINENTALES	300.000	-	0,86	0,022
LAGOS DE AGUA DULCE	91.000	-	0,26	0,007
LAGOS DE AGUA SALADA	-	85.400	-	0,006
HUMEDAD DEL SUELO	16.500	-	0,05	0,001
ATMÓSFERA	12.900	-	0,04	0,001
EMBALSES	11.470	-	0,03	0,0008
RÍOS	2.120	-	0,006	0,0002

AGUA BIOLÓGICA	1.120	-	0,003	0,0001
TOTAL AGUA DULCE	<b>35.029.110</b>		<b>100</b>	-
TOTAL AGUA EN LA TIERRA	<b>1.386.000.000</b>		-	<b>100</b>

La mayor parte del agua terrestre está contenida en los mares, y presenta un elevado contenido en sales. Las aguas subterráneas se encuentran en yacimientos subterráneos llamados acuíferos y son potencialmente útiles al hombre como recursos. En estado líquido compone masas de agua como océanos, mares, lagos, ríos, arroyos, canales, manantiales y estanques.

El agua desempeña un papel muy importante en los procesos geológicos. Las corrientes subterráneas de agua afecta directamente a las capas geológicas, influyendo en la formación de fallas. El agua localizada en el manto terrestre también afecta a la formación de volcanes. En la superficie, el agua actúa como un agente muy activo sobre procesos químicos y físicos de erosión. El agua en su estado líquido y, en menor medida, en forma de hielo, también es un factor esencial en el transporte de sedimentos. El depósito de esos restos es una herramienta utilizada por la geología para estudiar los fenómenos formativos sucedidos en la Tierra”.<sup>14</sup>

## *2.5 DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL PLANETA*

“El agua dulce será cada vez un recurso más escaso y a diferencia del petróleo, no cuenta con sustitutos. Nuestro continente, con el 12% de la población mundial, encierra el 74% de las reservas de aguas superficiales y subterráneas del mundo.

El agua, como sabemos, está distribuida de manera desigual en el planeta. Hay unos pocos lugares que tienen mucha, y hay muchos, la mayoría, que tienen muy poca. La escasez de agua ha sido un problema común en diversas sociedades a lo largo de la historia, pero se agudizó durante la segunda mitad del siglo XX, cuando la demanda en el mundo se multiplicó por más de tres.

---

<sup>14</sup> Este fragmento a sido extraído de la página web de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

La disponibilidad de agua dulce en el planeta, en efecto, es hoy 50% menor que a mediados del siglo pasado, a causa de la presión demográfica, la contaminación y el despilfarro. La escasez del agua en el mundo está relacionada con la cantidad de agua dulce que tenemos y la demanda cada vez más creciente.

Las grandes reservas de agua dulce son las subterráneas y, si bien las aguas superficiales son muy importantes, en muchos casos están afectadas por problemas de contaminación.

Así la disponibilidad del agua en el planeta es la siguiente

América del Norte y Central = 15% agua / 8% población

América del Sur = 26% agua / 6% población

Europa = 8% agua / 13% población

África = 11% agua / 13% población

Asia = 36% agua / 60% población

Australia y Oceanía = 5% agua / <1% población

En la actualidad 1200 millones de personas tienen dificultades para acceder al agua potable. En los próximos 25 años, 2 de cada 3 personas sufrirán serias dificultades para proveerse de agua necesaria.

La sobre-explotación de ríos, arroyos y acuíferos, disminuye la disponibilidad de agua del planeta y compromete el desarrollo futuro de muchas sociedades humanas. Según las estimaciones de la ONU, una persona debe disponer de 50 litros de agua al día. En EEUU el promedio de consumo diario por persona es de 250 a 300 litros. Mientras que un habitante promedio de Somalia apenas obtiene 9 litros de agua por día.

El agua en malas condiciones transmite enfermedades como: hepatitis, cólera, encefalitis, dengue, diarreas, dengue hemorrágico, etc. Más de 5 millones de personas mueren cada año por causa de enfermedades asociadas a la ingestión de agua de mala calidad. Cada 8 segundos muere un niño por beber agua contaminada.

En América Latina la diarrea acaba con la vida de 18 millones de personas anualmente (la mayoría son niños). En África, 1 de cada 2 habitantes sufre alguna enfermedad por consumir agua insalubre.

América del Sur dispone de abundantes recursos que deben ser protegidos ambientalmente y como parte de nuestro patrimonio, porque significan una fuente de desarrollo actual y futura.

Uruguay ocupa el duodécimo lugar en el Mundo en disponibilidad de agua por persona, y ocupa el sexto lugar en disponibilidad de agua en América del Sur”.<sup>15</sup>

## *2.6. DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN AMÉRICA LATINA*

“Más del 46% de los recursos hídricos medios internos renovables del mundo, se encuentran en el continente americano. Solamente Brasil alberga el 20% del recurso hídrico mundial en la cuenca del Amazonas, mientras que Sudamérica alberga cuatro de los 25 ríos más caudalosos del mundo: Amazonas, Paraná, Orinoco y Magdalena. A esto se agrega la existencia de grandes lagos como el Maracaibo en Venezuela, el Lago Cocibolca en Nicaragua, el Titicaca compartido por Perú y Bolivia, el Poopó en Bolivia, y el Buenos Aires compartido por Chile y Argentina. Con esta riqueza hídrica, la disponibilidad del agua per cápita en América Latina debería ser algo menor a los 3100 m<sup>3</sup> por persona al año, siendo esta superior a la de cualquier otra región de la tierra.

A pesar de los avances que el Consejo Mundial del Agua ilustra en su reporte en América Latina para el año 2003, la región padece de serios problemas derivados del acceso al agua:

- ✚ 77 millones de habitantes (26 millones en zonas urbanas y 51 millones en zonas rurales) en América Latina y el Caribe carecen de acceso adecuado al agua potable.

---

<sup>15</sup> Tomado de la Comisión Nacional en Defensa del Agua y Vida. Página web: [http://www.aguayvida.org/recursoshidricos\\_disponibilidad\\_agua\\_mundo.html](http://www.aguayvida.org/recursoshidricos_disponibilidad_agua_mundo.html)

- ✚ Más de 130 millones de personas en América Latina (37 millones en regiones urbanas y 66 millones en regiones rurales) carecen de saneamiento en sus hogares. Uno de cada seis latinoamericanos cuenta con redes de saneamiento adecuados.
- ✚ Menos del 14% de las aguas residuales es tratado en plantas de tratamiento. El resto se descarga al ambiente sin tratamiento alguno”.<sup>16</sup>

## 2.7 DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN ECUADOR

“De acuerdo a un análisis elaborado por el *Instituto Internacional para el Manejo del Agua*, el Ecuador podría ser considerado un país privilegiado en el tema hídrico, pues se encuentra clasificado entre los países con “Poca o sin escasez de agua”. Sin embargo, sí cuenta con “escasez económica” del líquido vital en partes de su territorio.

El estrés hídrico del Ecuador es inferior al 30%, lo cual es positivo si se consideran las cifras de los países del norte de África, medio oriente y e incluso el norte de México, en donde pasa del 65%. No obstante, existen graves problemas de distribución y uso de la misma. Mientras que en las zonas más irrigadas el agua es poco utilizada y mal gestionada, en las zonas deficitarias la necesidad es cada vez más evidente. Así, los problemas de mal uso, poca irrigación e insuficiencia de agua se convierten en problemas para muchos ecuatorianos, en especial en la Costa.

El término “escasez económica” utilizado en el análisis antes mencionado se refiere a este problema, del que padece especialmente la región amazónica. En esa parte del país los recursos hídricos disponibles en la naturaleza son abundantes con respecto a su uso, pero la falta de capital financiero, institucional y humano, limitan el acceso al agua.

En este sentido, para poder tener una visión más precisa de las deficiencias que presenta este sistema, es necesario empezar hablando de la división de los recursos hídricos en el Ecuador, las vertientes hidrográficas. La Vertiente del Pacífico, ubicada en la zona

---

<sup>16</sup> Extraído de la pagina web del Centro Virtual de Información sobre el Agua. Página web:  
[http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_content&view=category&id=18&Itemid=300081](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=category&id=18&Itemid=300081)

occidental del territorio y formada, entre otras, por las cuencas Esmeraldas, Chota y Guayas, cuenta con una disponibilidad de agua de aproximadamente  $9,600 \text{ m}^3/\text{año}/\text{hab}$ . Por otro lado, en la Vertiente Amazónica, ubicada en la zona oriental, la disponibilidad es 11 veces más y llega hasta los  $111,100 \text{ m}^3/\text{año}/\text{hab}$ . Según la Organización Mundial de la Salud, la dotación crítica para supervivencia debería ser de al menos  $1,000 \text{ m}^3/\text{año}/\text{hab}$ ., mientras que el límite para el estrés hídrico es de  $1,700 \text{ m}^3/\text{año}/\text{hab}$ . [2] Esta situación confirma que el Ecuador es un país con recursos hídricos abundantes.

Ahora bien, al cuestionarse sobre la utilización del agua, que según la cifra anterior no debería hacer falta, las dificultades y falencias empiezan a aparecer. En cuanto al agua usada y destinada para consumo humano (6.1%), según cifras al 2008, solamente el 67% de los hogares cuentan con cobertura de agua potable ya sea entubada o a través de la red pública. Además, el 49% de los cantones que cuentan con este servicio lo reciben de manera racionada; y por si fuera poco, en el 54% de estos cantones el servicio es regular o malo.

Otro uso que se le da al agua, y fundamental en el Ecuador, es para el riego (80.6%). En un diagnóstico realizado por la SENAGUA, se identificó que la mayor inequidad y el mayor número de conflictos por el uso de los caudales se encuentran en este uso, siendo el caso de la cuenca del Guayas el más dramático. De los 3.14 millones de hectáreas que corresponden al área cultivable en el Ecuador, en la actualidad solamente 939,000 de ellas cuentan con infraestructura de riego. Esta cifra equivale al 30% de la superficie total cultivada mientras que el 70 % restante mantiene la producción de secano (con aguas lluvias). Hay que añadir que el 88% de los usuarios de agua de riego son minifundistas y disponen solo entre el 6% y 20% de los caudales, mientras que los grandes hacendados (1% - 4% de los usuarios) disponen de entre el 50% y 60% de los caudales. Esto demuestra un grave problema en el sector de riego, pues teniendo grandes cantidades de agua disponible, aún existen muchos sectores en donde los cultivos dependen de las aguas lluvias.

Por último, entre otros usos (2.4%) que se le da al agua se encuentra la generación hidroeléctrica. Aunque desde el año 1994 la energía eléctrica de origen hidráulico ha

disminuido, el uso del agua para este fin ha aumentado y sigue siendo importante. Aproximadamente el 43% de la demanda doméstica de electricidad es proveída por las hidroeléctricas.

Como se ha descrito, los principales usos del agua en el país son el riego, el consumo humano, y en una menor cuantía, pero importante, para la generación eléctrica. Sin embargo, en todos estos campos los problemas son graves y básicamente debidos a la falta de inversión. Muchas son las comunidades que ya se han organizado para poder autogestionar y acceder bajo su propia iniciativa al servicio de agua potable. En el caso del riego y generación eléctrica, la falta de inversión privada ha retrasado la construcción de las generadoras hidroeléctricas que además podrían ser utilizadas para la re-canalización del agua para una mejor irrigación. La escasez económica del agua es un problema que tiene solución, pues es un tema de administrar bien los recursos”.<sup>17</sup>

### 2.7.1 Aguas Superficiales

“De los 31 sistemas hidrográficos, 24 van hacia el Océano Pacífico y 7 hacia la Región Oriental. El escurrimiento superficial es de 432000 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales cerca de 115000 millones de m<sup>3</sup> van al Pacífico (27% del total) y 315000 millones de m<sup>3</sup> a la cuenca amazónica (73% del total) donde habitan tan solo el 18% de la población (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Disponibilidad de agua superficial en las principales vertientes del Ecuador

Vertiente	Superficie		Disponibilidad de agua en ríos	
	1000 km <sup>2</sup>	%	Millones de m <sup>3</sup> anuales	%
Pacífico	115.2	45	108.390	26,3
Galápagos	8.01	3	1.576	0,4
Amazónica	131.8	52	302.714	73,4
	255.0	100	412.680	100

**Fuente:** Galárraga, 2000. Estado y gestión de los recursos hídricos en Ecuador.

<sup>17</sup> Este capítulo fue recopilado de la página web de Fundación Ecuador Libre: [http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=801:ace-no-205-qel-agua-en-el-ecuador-abundante-pero-mal-administrada&catid=2:analisis-de-coyuntura-economica&Itemid=11](http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=801:ace-no-205-qel-agua-en-el-ecuador-abundante-pero-mal-administrada&catid=2:analisis-de-coyuntura-economica&Itemid=11)

En la región interandina o conocida como “Sierra”, están las cuencas altas, que son donde se encuentran las nacientes del agua y los ecosistemas protectores y reguladores de las mismas como los bosques altoandinos y pajonales. Y en las faldas de las montañas se producen alimentos que abastecen al 45% de la población del país.

Por tanto, la mayor parte de los ríos nacen en las montañas andinas. Dentro de los ríos que vierten al pacífico encontramos al río Santiago que constituye la Circunscripción a la cual pertenecen los ríos de Cuenca.

El río Santiago nace tras la unión de los ríos Namangoza y Zamora. El primero recibe las aguas del Paute y Upano. El segundo se forma en la provincia de Loja. El Santiago descarga sus aguas en el río Marañón.

Adicionalmente, las regiones de la Sierra de norte a sur presentan importantes sistemas lacustres, por ejemplo en Imbabura se encuentran: el lago San Pablo, las lagunas de Cuicocha, Mojanda y Yaguarcocha entre otras. Hacia el sur se encuentran lagunas como: la de Colta en Chimborazo, Quilotoa en Cotopaxi, y la de Culebrillas en Cañar. Hacia el sur existen importantes sistemas lacustres altoandinos cruciales para el abastecimiento de agua. Ya en la Amazonía se destacan lagos como Limoncocha, Tarapoa, Zancudococha y Jatuncocha.

### 2.7.2. Acuíferos

Se reconocen 26 sistemas hidrogeológicos de los cuales 22 pertenecen a la región interandina, tres a la región oriental y una en la porción insular.

El INAMHI tiene identificado unos 3590 pozos, de los cuales solo el 26% cuenta con estudios. El principal uso reportado para los acuíferos está relacionado al consumo doméstico”.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Los subcapítulos correspondientes a aguas superficiales y acuíferos fueron tomados de: Centro del Agua para América Latina y el Caribe. 2010. Recursos Hídricos Ecuador 2010.

## *2.8 DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN AZUAY*

Azuay alberga alrededor del 5% de la población del Ecuador; alrededor del 39% de esta población reside en la capital provincial de Cuenca. La población de la provincia en 1990 era de 506090. La provincia del Azuay está en la sección sur – central del Ecuador. Azuay tiene un área de superficie de territorio de 8639 km<sup>2</sup> y ocupa alrededor del 3% de la masa territorial total del país.

El agua es un recurso esencial para la vida. Pero su disponibilidad presente y futura depende de un manejo adecuado y de la protección de las fuentes hídricas. Sin embargo, los esfuerzos en estos temas tienen poca acogida en Azuay.

Un reciente estudio técnico-informativo de las cuencas hídricas de Azuay lo confirmó. El mismo establece que la calidad y cantidad del agua disminuyó en la última década. Hay múltiples factores, pero el principal es la descarga de las aguas servidas a los ríos.

Para el estudio se dividió a la provincia (8 718 km<sup>2</sup>) en las sub cuencas del Jubones, Paute, Cañar y Naranjal-Pagua. Cada una tiene sus subcuencas que nacen en las estribaciones de la Cordillera de los Andes.

De 100 muestras tomadas en cursos de agua, el 60 % no es apto para el consumo humano. Esto por la alta concentración de coniformes fecales (heces), especialmente cerca a los poblados.

También hay trazas de pesticidas en las aguas de los ríos Santa Bárbara y Rircay (cuenca del Jubones), deterioro del ecosistema de altura y la desprotección de las fuentes.

La precipitación anual en Azuay se calcula en 8 170 millones de m<sup>3</sup>. En agosto la lluvia es menor al promedio mensual.

Según un miembro del Foro Regional del Agua, a excepción de Cuenca, los restantes 14 cantones azuayos no tienen sistemas para tratar las aguas servidas. Estas van directamente a los afluentes aumentando la contaminación.

En términos generales, la cantidad del agua es suficiente para el abastecimiento. Pero la situación varía por subcuencas. Por ejemplo, en ciertas épocas hay déficit o drenajes menores en la cuenca del Jubones (ríos Rircay y León).

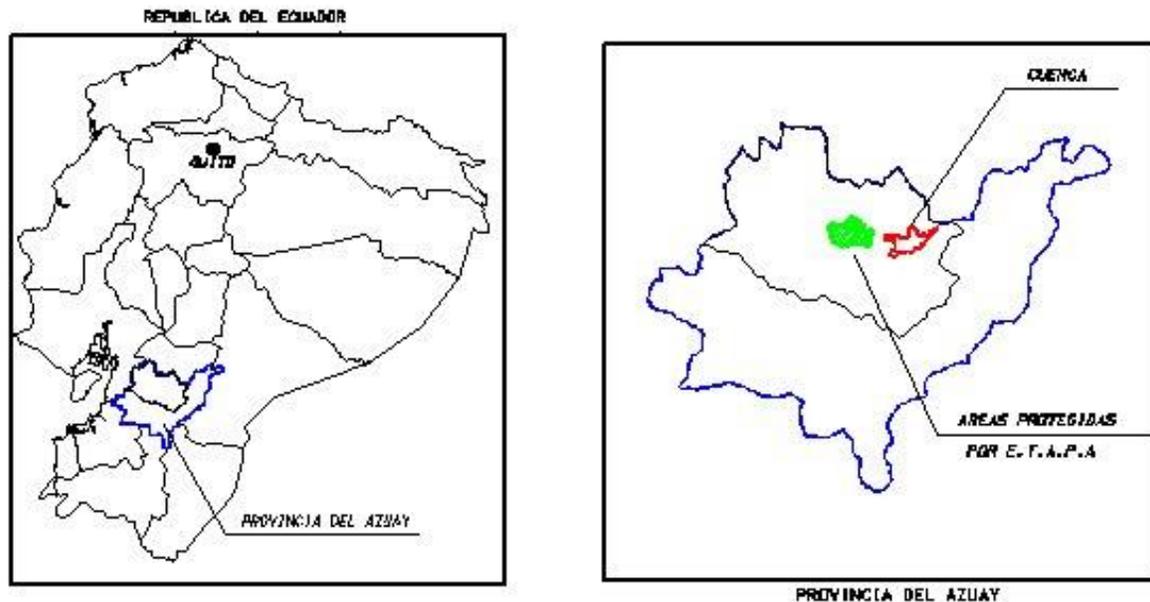
En la provincia existen 351 juntas de agua reconocidas jurídicamente. El 66,3 % del líquido concesionado es sobre vertientes o agua superficial. Por eso, la provincia depende de los ecosistemas reguladores de caudal. Y la deforestación incide de forma directa sobre la disponibilidad del recurso hídrico<sup>19</sup>.

“ETAPA EP es la empresa encargada de dotar de agua potable a Cuenca, la tercera ciudad del Ecuador. Su tarea inició en 1984 con la adquisición de áreas estratégicas para asegurar la disponibilidad de agua para la ciudad. En la actualidad posee alrededor de 8.759 ha, que comprenden 6.754 ha en la microcuenca del río Mazán, 1.628 ha en la micro cuenca de Surocucho y 377 ha dentro de la microcuenca del río Llullugchas. Un porcentaje muy alto de estas áreas corresponde a zonas de páramo, en donde se originan los afluentes principales del río Tomebamba, del cual se capta el agua para ser potabilizada y consumida por los pobladores. La adquisición de estas zonas se facilitó debido a que carecen de población habitando en ellas.

En las áreas protegidas (Figura 4) se llevan a cabo labores de protección y recuperación; estudios de flora y fauna, con la publicación de varios libros de divulgación al respecto. Se realizan estudios de calidad del agua en los ríos y lagos, usando parámetros físico-químicos, bacteriológicos y biológicos (organismos zooplanctónicos y bentónicos).

---

<sup>19</sup> Cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de América. 1998. Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador.



**Figura 4.** Provincia del Azuay y sus áreas protegidas. Fuente: Página web Condesan.

Otra zona de suma importancia para la ciudad de Cuenca es la cuenca del río Machángara, debido a que en ella se emplazan varios proyectos hidroeléctricos y sus aguas son usadas para proveer de agua potable a un gran porcentaje de la población. Por ello, ETAPA EP y otras entidades de carácter nacional y regional conformaron el *Consejo de Cuenca del río Machángara*, con el fin de lograr el desarrollo sustentable de la cuenca, con énfasis en la gestión y manejo del recurso hídrico.

De estas áreas protegidas la Empresa ha estado "tomando" el recurso agua como materia prima para su posterior potabilización y distribución. Desde hace algunos años el valor correspondiente a los gastos necesarios para poder manejar estas áreas ha sido fijado como un porcentaje de los ingresos que por la venta de servicios, en este caso agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Este porcentaje se ha destinado de forma sistemática a la gestión del recurso, esta gestión entendida como el asegurar la disponibilidad (calidad más cantidad) en todas sus formas, no solo en las áreas protegidas de la Empresa, sino a través de los otros mecanismos descritos como Manejo de Cuencas Hídricas, extensionismo y asistencia técnica a las comunidades, es decir, la condición principal que se cumple es la de reinvertir el dinero recaudado en las áreas de fuentes.

Por la crisis económica y factores de elevación de costos, este porcentaje ha tenido que ser revisado constantemente, y es aspiración de ETAPA EP poder finalmente reflejarlo en la planilla de cada consumidor, de forma que cada usuario del sistema sepa cuanto dinero esta pagando por la conservación de las fuentes de agua. Por lo tanto el primero y mayor servicio ambiental que estan prestando las zonas de páramo, que son fuentes de abastecimiento de la ciudad de Cuenca, ya ha sido valorado e incorporado a la contabilidad clásica de ETAPA EP.

La visión es la de incorporar el área del Parque Nacional Cajas, puesto en manos de la I. Municipalidad de Cuenca y ETAPA EP para su conservación y manejo, así como proponer la valoración de nuevos servicios ambientales como secuestro de carbono, entre otros”.<sup>20</sup>

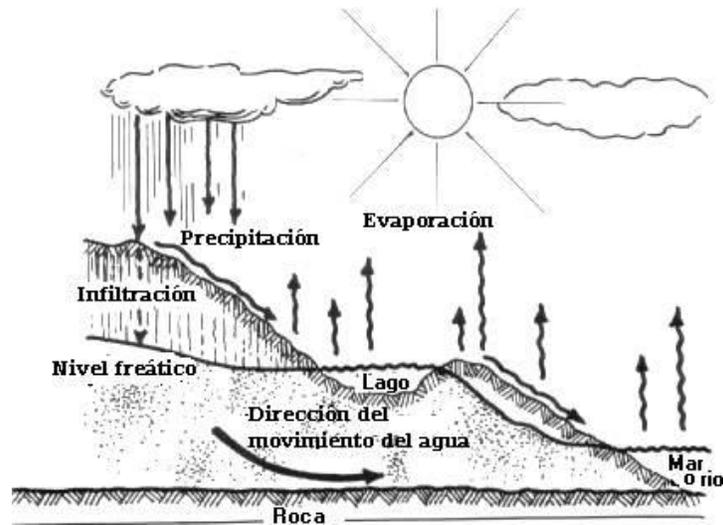
### 3. EL AGUA CUMPLE UN CICLO: VAMOS A CONOCERLO

#### 3.1 CICLO HIDROLÓGICO

“El ciclo hidrológico se podría definir como el proceso que describe la ubicación y el movimiento del agua en nuestro planeta. Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada del océano vuelve al océano después de pasar por las etapas de precipitación, escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea (Figura 5).

---

<sup>20</sup> Lloret, P. Áreas Protegidas versus servicios ambientales. Página web: <http://www.condesan.org/e-foros/paramos2/PonenciaPLTema3.htm>



**Figura 5.** Esquema del ciclo hidrológico como ocurre en la Naturaleza. **Fuente:** Página web de Educación ambiental en República Dominicana.

El concepto del ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía solar y la gravedad.

### 3.1.1 Fases del ciclo hidrológico

- ❖ **Evaporación:** El ciclo se inicia sobre todo en las grandes superficies líquidas (lagos, mares y océanos) donde la radiación solar favorece que continuamente se forme vapor de agua. El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera, donde se enfría y condensa formando nubes.
- ❖ **Precipitación:** Cuando por condensación las partículas de agua que forman las nubes alcanzan un tamaño superior a 0,1 mm comienza a formarse gotas, gotas que caen por gravedad dando lugar a las precipitaciones (en forma de lluvia, granizo o nieve).
- ❖ **Retención:** Pero no todo el agua que precipita llega a alcanzar la superficie del terreno. Una parte del agua de precipitación vuelve a evaporarse en su caída y otra

es retenida (agua de intercepción por la vegetación, edificios, carreteras, etc., y luego se evapora.

- ❖ Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en charcas, lagos y embalses (almacenamiento superficial) volviendo una gran parte de nuevo a la atmósfera en forma de vapor.
- ❖ **Escorrentía Superficial:** Otra parte circula sobre la superficie y se encuentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos (escorrentía superficial). Esta agua que circula superficialmente irá a parar a otros cuerpos de agua, donde una parte se evaporará y otra se infiltrará en el terreno.
- ❖ **Infiltración:** Pero también una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno (infiltración) a través de los poros y fisuras del suelo y rocas, rellenando de agua el medio poroso.
- ❖ **Evapotranspiración:** En casi todas las formaciones geológicas existe una parte superficial cuyos poros no están saturados en agua, que se denomina zona no saturada, y una parte inferior saturada en agua, y denominada zona saturada. Una buena parte del agua infiltrada nunca llega a la zona saturada sino que es interceptada en la zona no saturada. En la zona no saturada una parte de esta agua se evapora y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, y otra parte, mucho más importante cuantitativamente, se consume en la transpiración de las plantas. Los fenómenos de evaporación y transpiración en la zona no saturada son difíciles de separar, y es por ello por lo que se utiliza el término evapotranspiración para englobar ambos términos.
- ❖ **Escorrentía subterránea:** El agua que desciende, por gravedad – percolación y alcanza la zona saturada constituye la recarga de agua subterránea.

El agua subterránea puede volver a la atmósfera por evapotranspiración cuando el nivel saturado queda próximo a la superficie del terreno. Otras veces, se produce la descarga de las aguas subterráneas, la cual pasará a engrosar el caudal de los ríos, rezumando directamente en el cauce o a través de manantiales, o descarga directamente en el mar, u otras grandes superficies de agua, cerrándose así el ciclo hidrológico.

La energía solar es la fuente de energía térmica necesaria para el paso del agua desde las fases líquidas y sólidas a la fase de vapor, y también es origen de las circulaciones atmosféricas que transportan el vapor del agua y mueven las nubes.

La fuerza de gravedad da lugar a la precipitación y el escurrimiento, El ciclo hidrológico es un agente modelador de la corteza terrestre debido a la erosión y el transporte y disposición de sedimentos por vía hidráulica. Condiciona la cobertura vegetal y, de una forma más general, la vida en la Tierra.

El ciclo hidrológico es un proceso continuo pero irregular en el espacio y el tiempo. Una gota de lluvia puede recorrer todo el ciclo o una parte de él. Cualquier acción del hombre en una parte del ciclo, alterará el ciclo entero para una determinada región. El hombre actúa introduciendo cambios importantes en el ciclo hidrológico de algunas regiones de manera progresiva al desecar zonas pantanosas, modificar el régimen de los ríos, construir embalse, etc.

El ciclo hidrológico no sólo transfiere vapor de agua desde la superficie de la Tierra a la atmósfera sino que colabora a mantener la superficie de la Tierra más fría y la atmósfera más caliente. Además juega un papel de vital importancia: permite dulcificar las temperaturas y precipitaciones de diferentes zonas del planeta, intercambiando calor y humedad entre los puntos en ocasiones muy alejados.

Las tasas de renovación del agua, o tiempo de residencia medio, en cada una de las fases del ciclo hidrológico no son iguales. Por ejemplo, el agua de los océanos se renuevan

lentamente, una vez cada 3000 años, en cambio el vapor atmosférico lo hace rápidamente, cada 10 días aproximadamente”.<sup>21</sup>

### *3.2 CICLO INTEGRAL DEL AGUA EN CUENCA*

“El ciclo del agua es probablemente uno de los más importantes en la Naturaleza. Se trata de un proceso por el cual el agua se renueva constantemente. Esto quiere decir que el agua cambia de forma una y otra vez, pasando de los océanos a la atmósfera y de la atmósfera a la tierra (entre el cielo y la tierra). Por un momento nos imaginamos a nuestros antepasados utilizando el agua, esa misma agua es la que vemos actualmente.

Al hablar del ciclo integral del agua esto hace referencia a la circulación del agua desde su origen (nacimiento) hasta que es utilizada por los seres vivos, más específicamente por el ser humano. Pero no termina ahí, sino que, algo importante a considerar es al momento de su uso, el agua debe ser devuelta en buenas condiciones a la naturaleza.

“La gestión de los recursos hídricos en Cuenca se encuentra bajo la responsabilidad de ETAPA EP. En la actualidad, cuando la escasez del agua se ha convertido en uno de los temas de discusión a nivel mundial, la empresa ha asumido el manejo responsable de este recurso como un reto que debe emprenderse bajo un concepto integral, para garantizar la dotación de agua potable a todos los habitantes.

La prestación del servicio se inicia con el cuidado de las fuentes, siendo una de las estrategias de la empresa la adquisición de predios y áreas boscosas para reducir y evitar los impactos humanos en las microcuencas. De esta manera se protege las fuentes hídricas y los remanentes de bosque, garantizando la cantidad y calidad del agua, que continúa con un proceso de potabilización eficiente en plantas de tratamiento que cuentan con la más alta tecnología y los más rigurosos procedimientos de control de calidad. Se complementa con

---

<sup>21</sup> El ciclo hidrológico ha sido tomado de la página web:  
[http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/PHN/Ciclo\\_Hidrologico.asp](http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/PHN/Ciclo_Hidrologico.asp)

Página Web de Educación ambiental en República Dominicana: <http://www.jmarcano.com/nociones/ciclo1.html>

un sistema de alcantarillado que cubre toda la ciudad, y finalmente con el proceso de tratamiento de aguas residuales, único en el país, que devuelve el agua utilizada por la población en condiciones adecuadas para la naturaleza.

Fortaleciendo este ciclo, la empresa centra sus esfuerzos en el ser humano a través de una serie de programas de educación ambiental, tanto en la área urbana como en la rural, en iniciativas de reciclaje, en los programas de recolección de pilas y aceites usados, con la finalidad de ir sembrando en las nuevas generaciones una conciencia ambiental sólida que contribuya a preservar los recursos de hoy y del mañana. Un trabajo intenso con las comunidades ubicadas en las zonas rurales sensibles permite el desarrollo de prácticas amigables con la naturaleza, posibilitan la generación de recursos para la población.

Prácticas como la mencionadas han servido para Cuenca sea designada por la organización mundial de la salud y la organización panamericana de la salud como “ciudad saludable”, lo que compromete aun mas el trabajo de ETAPA EP en esta área de servicio”.<sup>22</sup>

### 3.2.1 Programa manejo integrado de cuencas para la protección de fuentes de agua (MICPA).

“A pesar que el 70% del territorio de las fuentes de agua para Cuenca están declarados como Áreas de Bosque y Vegetación Protectora desde 1985, cuya competencia en la regulación y ordenamiento le corresponde al Ministerio del Ambiente (MAE), este instrumento legal y el órgano competente para su aplicación han sido débiles para detener la degradación de los recursos naturales, toda vez que el dominio de la tierra está en mano de propietarios particulares.

En tal virtud ETAPA EP adoptó estrategias propias para aportar a la conservación, en donde se prioriza la participación de los propietarios y se los incluye en la construcción de

---

<sup>22</sup> Este capítulo ha sido tomado de: Etapa 2009. Gestión de agua potable, saneamiento, y gestión ambiental. Capítulo 4. Informe de labores 2004-2009.



### 3.2.1.2 Incentivo económico a la conservación de páramos.

Esta estrategia busca canalizar el incentivo gubernamental del Programa Socio Bosque y su capítulo Socio páramo a propietarios de importantes remanentes de bosque y páramo para que comprometan su conservación por 20 años recibiendo por parte del Ministerio del Ambiente un incentivo máximo de 30 dólares por hectárea y por año. ETAPA gracias a la firma de un Memorándum de entendimiento con el Programa Socio Bosque apoya a través de sus técnicos el proceso de promoción, ingreso y seguimiento de los propietarios interesados. Desde el año 2010 con el apoyo de ETAPA han ingresado 4.454 hectáreas, es decir el 5,19% del territorio de las fuentes de agua, lo que le significa un gasto evitado de \$41.920 dólares por año que a futuro será mayor.

### 3.2.1.3 Acuerdos Mutuos por el Agua

Esta estrategia se la implementa desde el año 2011 en los valles inmediatamente aguas arriba de las captaciones, en donde ancestralmente se realiza ganadería lechera. Lo que se pretende es negociar acuerdos de mutuo beneficio y de largo plazo con los propietarios asentados en las orillas de los ríos para lograr restaurar áreas de bosque de ribera, páramo y bosque de montaña (Fotos 2 y 3), y simultáneamente apoyarle a mejorar sus actividades ganaderas de forma sustentable, en sitios con aptitud, para minimizar los impactos negativos de la ganadería, reducir la contaminación a los ríos y mejorar sus ganancias. Como socio estratégico, se ha firmado un convenio con el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP), para la implementación y asesoramiento de la parte productiva a los propietarios.



**Foto 2 y 3.** Proceso de negociación de Acuerdos Mutuos por el Agua.

Este acuerdo se plasma en un convenio que formaliza los compromisos y condiciones para 10 años, con esta estrategia se ha logrado firmar convenios que representan 505 ha comprometidas dentro de un AMA (Foto 4 y 5), de acuerdo a lo siguiente:

- Recuperar 5,4 km de bosques de ribera, que representan 2,69 ha que actúan como filtro biológico para disminuir la contaminación y ayudan a evitar la erosión en las orillas.
- Conservar 423,7 ha de páramos y bosques nativos
- Implementar buenas prácticas ganaderas en 61,4 ha que tiene aptitud.
- Manejar 17,6 ha de plantaciones de pino y áreas degradadas
- Garantizar la no intervención del páramo y bosque de montaña.



**Foto 4 y 5.** Firma de convenios Acuerdos Mutuos por el Agua.

### 3.2.1.4 Acuerdos Voluntarios de Conservación

Con los propietarios que no reúnen las condiciones para firmar un Acuerdo Mutuo por el Agua pero que tienen apertura a la conservación se han establecido acuerdos de carácter voluntario basados en su conciencia ambiental para establecer bosques de ribera en 54,6 km.

### 3.2.1.5 Impulso a las iniciativas de conservación de Organizaciones

Dentro de las áreas de aporte de agua existen importantes terrenos comunales y de otras organizaciones, que tienen sus títulos de propiedad comunitarios, pero que por ventaja viven fuera del terreno comunal. De forma participativa se han construido proyectos para mejorar sus actividades productivas en los lugares donde habitan en la zona baja con el compromiso de conservar el terreno comunal. Se ha trabajado fuertemente en el fortalecimiento de la estructura organizacional y de esta manera se ha logrado crear las condiciones para emprender un proceso de conservación con las Cooperativas Purubín y Malal (Cuadro 3 y Fotos 6 y 7)

**Cuadro 3.** Apoyo a organizaciones en la protección de fuentes de agua

<b>Organización</b>	<b>Área en conservación (ha)</b>
Cooperativa Purubín	1.976
Cooperativa Malal	855
<b>Total</b>	<b>2.831</b>



**Foto 6 y 7.** Cooperativa Purubín, en recorrido con funcionarios de ETAPA EP.

### 3.2.1.6 Denuncias de infracciones ambientales

Al ser el Ministerio del Ambiente, el ente controlador de los bosques protectores, ETAPA EP viene denunciando las principales infracciones ambientales dentro de las áreas de aporte de agua. Del 2008 al 2011, se presentaron un total de 38 denuncias al Ministerio del Ambiente, solamente cinco procesos llegaron a sentencia y de ellos únicamente tres fueron ejecutadas, lo que demuestra que la institución competente ha sido débil para detener la degradación de los recursos naturales (Fotos 8, 9, 10 y 11)

Ante esta debilidad institucional, ETAPA con fecha 28 de abril de 2011, suscribió con el Distrito Provincial del Azuay del Ministerio del Ambiente, el Convenio de Cooperación Interinstitucional para el Fortalecimiento de la Difusión y Aplicación de la Normativa ambiental vigente en las fuentes de agua para el cantón Cuenca, apoyando con el financiamiento para la contratación de dos profesionales (abogado y técnico) que permitan una amplia difusión y oportuna aplicación de la normativa ambiental vigente a fin de que pueda ejercer su autoridad ambiental y detener la degradación de páramos y bosques nativos ubicados en sitios de importancia para la conservación de fuentes de agua. ETAPA EP, financia un monto de \$20.591 para el año 2011.



**Fotos 8, 9, 10 y 11.** Infracciones ambientales denunciadas al Ministerio del Ambiente.

### 3.2.1.7 Coordinación interinstitucional

La protección de las fuentes de agua requiere el aporte de diversas instituciones y competencias, por esta razón ETAPA ha establecido una serie de alianzas, entre las que destacan:

- Ministerio del Ambiente Nacional, a través de un Memorándum de entendimiento para Socio Bosque desde el año 2010 con el objetivo de fortalecer el trabajo de cooperación mutua para optimizar el proceso de ingreso al Proyecto Socio Bosque de propietarios individuales y comunidades interesadas, localizadas en las áreas de aporte de los principales sistemas de agua potable del cantón Cuenca, que se ubican en las subcuencas hidrográficas del Tomebamba, Machángara, Yanuncay, Tarqui y Jadán.

- INIAP, existe un convenio por el cual personal técnico de INIAP apoya la implementación de los Acuerdos Mutuos por el Agua en lo referente a implementación de buenas prácticas ganaderas. El aporte canalizado desde el INIAP es de \$166.000 y ETAPA aporta \$166.000, con un plazo de 36 meses, firmado en abril del 2011.
- CG PAUTE - MAE, convenio por el cual se ejecuta el proyecto “Gestión Integral del Bosque Protector Yanunay-Irquis” para la protección de fuentes hídricas de aporte al sistema Sustag e Irquis, por un monto de \$143.692; en donde el CGPaute aporta \$77.494; ETAPA \$61.918 y el MAE \$ 4.280. El convenio fue firmado en abril de 2010 y se ejecuta hasta la fecha (Foto 12).



**Foto 12.** Acreditación de un guardabosque adhonorem.  
Convenio CGPaute – MAE – ETAPA.

- MAE - Junta Parroquial de Victoria del Portete, a través de un convenio para la Implementación de Prácticas Agroforestales y Alternativas Productivas para la Protección de Fuentes de Agua y Adaptación al Cambio Climático en el Área de Aporte del Sistema de Agua Potable Tarqui – Victoria del Portete en la Microcuenca del Río Irquis, por un monto de \$30.466, firmado en el año 2010 con un plazo de 2 años.
- Agencia Alemana de Cooperación (GIZ), se mantiene un convenio que permite contar con la asesoría temática en gestión y manejo de cuencas hidrográficas. Esto

significa un aporte anual de \$ 23.520 del DED desde el año 2008 hasta la fecha, y la contraparte de ETAPA ha sido \$39.480.

- RARE Internacional, mediante Convenio, un profesional de ETAPA se especializa en Mercadotecnia Social y Ambiental lo cual apoyará a reforzar las acciones de sensibilización ambiental que se realiza en las fuentes de agua y que permite mejorar las condiciones de trabajo, convenio que tiene un monto de \$ 40.0000 (Foto 13).



**Foto 13.** Campaña Juntos por el río Yanuncay. Convenio RARE – ETAPA.

### 3.2.1.8 Financiamiento del programa

El programa MICPA se financia con fondos provenientes del presupuesto de ETAPA EP, fondos del proyecto BID desde el programa protección de fuentes y cursos naturales de agua, además de fondos provenientes de los convenios antes descritos (Cuadro 4)<sup>23</sup>.

**Cuadro 4.** Financiamiento del Programa MICPA ejecutado por ETAPA EP.

Fuente de financiamiento	Presupuesto inicial	Presupuesto comprometido
ETAPA EP	1.559.661	850.000
Préstamo BID	268.000	181.000
Convenios y proyectos		109.400

<sup>23</sup> Todo el capítulo referido al Programa **MICPA** ha sido abordado por Ing. Ruth Auquilla, coordinadora del MICPA dentro de la Dirección de Gestión Ambiental.

### 3.2.2 Parque Nacional Cajas

#### 3.2.2.1 Descripción general

“El Cajas constituye un escenario único en el mundo dentro del inventario de los paisajes lagunares conocidos. En efecto, a pesar de que existan lugares con ciertas similitudes en el planeta, no hay ninguno que combine tanta variedad lacustre asociada con una gran biodiversidad (Foto 14).



**Foto 14.** Panorámica del Parque Nacional Cajas.

Su nombre proviene de la palabra quechua “caxas” que quiere decir frío. Otra versión nos habla de que su nombre viene por la apariencia producida por su tipo de formación geológica, que forma “cajas” en las cuales se encuentran las lagunas.

El 90.6% del área corresponde al ecosistema de páramo herbáceo, exceptuando pequeñas áreas, localizadas al sureste (Mazán) y oeste (Canoas), caracterizadas por presentar alturas absolutas inferiores a los 3.600msnm y espacios geográficos variados.

#### 3.2.2.2 Creación del PNC

El Parque Nacional Cajas fue creado mediante acuerdo ministerial N° 203 del 6 de junio de 1977 como Área Nacional de Recreación, para luego mediante acuerdo Interministerial N°.

0322 del 26 de julio de 1979, establecer sus límites, y finalmente mediante resolución N°. 057, del 5 de noviembre de 1996, se procede a cambiar la categoría de Área Nacional de Recreación a Parque Nacional Cajas. Actualmente tiene una superficie de 28.544 has.

El Ministerio de Turismo y Ambiente suscribió con la I. Municipalidad de Cuenca, un convenio de descentralización para la gestión y manejo del Parque Nacional Cajas, el 16 de marzo del 2.000.

El 5 de abril del 2002, el I. Concejo Municipal, resolvió delegar a ETAPA EP las obligaciones y responsabilidades para la gestión y manejo del Parque Nacional Cajas.

### 3.2.2.3 Administración y manejo

El Parque Nacional Cajas es Patrimonio Natural del Estado, constituye parte del conjunto de áreas silvestres que se destacan por su valor protector, científico, escénico, educacional, paisajístico y recreacional, por su flora y fauna, y porque en él se constituyen ecosistemas que contribuyen a mantener el equilibrio del ambiente. Sus límites y su superficie comprenden los establecidos en el Acuerdo Ministerial N°. 177 del 12 de diciembre de 2002, inscrito en el Registro de la Propiedad del cantón Cuenca con N°. 10539 de 16 de diciembre del 2002, dictado por la Ministra del Ambiente.

La administración, manejo, regulación y control corresponden a la I. Municipalidad de Cuenca la cual delegó a la Empresa Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Saneamiento Ambiental de Cuenca ETAPA EP, la que para un mejor y más participativo manejo conformó la Corporación Municipal Parque Nacional Cajas, gestión que se desarrolla en función de los principios y derechos de protección ambiental así como el mantenimiento de la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para el abastecimiento de agua a los centros poblados del cantón Cuenca.

El Parque Nacional Cajas constituido por un conjunto lacustre único en el país, ubicado en la divisoria continental de aguas y con ecosistemas alto-andinos de transición, en función

de la producción de agua integra a otras áreas de conservación, garantiza la conservación del bosque andino y de páramo, administrado bajo un sistema de decisiones compartidas y descentralizadas, permite mantener las funciones y servicios ambientales y contribuye a mejorar la calidad de vida de la población local a través del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

#### 3.2.2.4 ¿Cómo aportas a la conservación del PNC al visitarlo?

- Respetando normas de control establecidas dentro del PNC.
- La entrada al Parque Nacional Cajas es gratuita sin embargo por normas de seguridad el registro de ingreso en las oficinas de control es OBLIGATORIO.
- Todo turista esta sujeto a cumplir las normas y reglamentos que se aplican en las Áreas Protegidas del Ecuador amparadas en la ley.
- Todo visitante puede colaborar con la conservación del Parque denunciando cualquier irregularidad observada al interior del PNC”.<sup>24</sup>

### 3.2.3 Plantas de Potabilización

#### 3.2.3.1 Planta de Potabilización de El Cebollar

“La Planta de Tratamiento de El Cebollar abastece de agua potable a la ciudad de Cuenca con 2` 100.000 m<sup>3</sup> por mes sirviendo a 200.000 personas. Está situada en la zona noroeste a 2639 msnm. La Planta potabiliza desde 1949 con excelente calidad, garantizando la salud de todos sus clientes. En el transcurso del tiempo se ha ampliado hasta triplicar la capacidad inicial de procesamiento teniendo una capacidad actual máxima de 1000 lts/seg (Foto 15).

---

<sup>24</sup> Parque Nacional Cajas. Página web de ETAPA: [http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC\\_viscaj\\_des\\_gen.aspx](http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_viscaj_des_gen.aspx)



**Foto 15.** Planta de Potabilización de El Cebollar.

#### 3.2.3.1.1 Descripción

La planta de El Cebollar tiene el sistema de tratamiento del tipo convencional, es decir, tiene las siguientes fases:

- **Captación:** La principal fuente de abastecimiento es el río Tomebamba que nace en la zona de El Cajas, cuya captación está en el sector conocido como Mazan. Existe otra captación secundaria cercana a la población de Buenos Aires que aporta con aproximadamente el 30% del caudal total. Las captaciones son del tipo lateral convencional.
- **Conducción:** El agua es transportada a la Planta por medio de dos canales cerrados, el principal de aproximadamente 8 km. y el secundario de 12 km. Esta unidad es continuamente vigilada con la intención de evitar algún tipo de contaminación. Pasa por dos quebradas por medio de sifones de hierro fundido a presión, cuentan con cámaras de entrada y salida para mantenimiento.
- **Mezcla rápida:** Con la finalidad de facilitar la formación de flocs, la mezcla rápida se realiza adicionando Sulfato de Aluminio tipo B seco, en dosis que varían según la

calidad de agua cruda, como promedio se utiliza 35 mg/lt para lo cual se dispone de dos dosificadores gravimétricos que trabajan alternadamente.

- **Floculación:** Los floculadores son de tipo hidráulico de flujo horizontal y están compuestas por 5 unidades en donde se produce el fenómeno de la floculación previo dosificación de químicos. Con la finalidad de favorecer el trabajo de estas unidades, adicionalmente se coloca un polímero catiónico en dosificaciones de 0,7 mg/lt.
- **Sedimentación:** La unidad de sedimentación está formada por tres tanques de flujo ascendente con un área total de 640 m<sup>2</sup>, que representan una tasa superficial de 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, mediante módulos de sedimentación de ABS; en este lugar los flóculos sedimentan arrastrando consigo a los patógenos y partículas contaminantes del agua.
- **Filtración:** En la planta se dispone de un área de filtración total de 375 m<sup>2</sup>, consta de 12 filtros rápidos, 4 de construcción reciente de tasa declinante y 8 antiguos. El lecho está conformado de grava, arena y antracita con una altura promedio de 1,6 m. Las carreras entre lavados es de 24 a 30 horas.
- **Desinfección:** Con la finalidad de enviar el agua en condiciones adecuadas para consumo humano se procede con la desinfección, operación que se realiza con cloro gas las 24 horas del día en los 365 días del año. El producto se lo adquiere en cilindros de 1 tonelada y la dosificación en el agua es de 1 mg/lt.
- **Reserva:** Para tener un abastecimiento continuo y con caudales según sean necesarios en cada una de las zonas de distribución, la planta de El Cebollar dispone de cinco tanques de reserva internos que tienen una capacidad conjunta de 9.500 m<sup>3</sup> y de cinco tanques externos: Turi con 1500 m<sup>3</sup>, Cruz Verde con 6000 m<sup>3</sup>, Cristo

Rey con 1000 m<sup>3</sup>, Cebollar Alto (R1) con 1000 m<sup>3</sup> y Cebollar bajo (R2) con 1500 m<sup>3</sup>.<sup>25</sup>

### 3.2.3.2 Planta de Potabilización de Tixán



“La Planta de tratamiento de TIXAN (Foto 16) abastece de agua a la ciudad de Cuenca, República del Ecuador. Esta situada cercana a la población de Tixán en la parroquia Chiquintad Cantón Cuenca provincia del Azuay. Su ubicación es en la margen izquierda del canal de riego Machangara a una altitud de 2.690 m. s.n.m.

**Foto 16.** Vista lateral de la planta de potabilización de Tixán.

La construcción de la primera etapa de esta planta se realizó desde enero de 1994 hasta abril de 1997. Su capacidad inicial de tratamiento es de 840 l/s.

La fuente de abastecimiento para la Planta de Tratamiento de Tixán es el río Machangara, el cual nace en la cordillera del mismo nombre, tiene una cuenca de aporte con una área de 208 km<sup>2</sup> siendo un afluente principal del río Paute. La cuenca alta del río de encuentra regulada por los embalses de Chanlud y Labrado.

La captación es del tipo derivación lateral convencional; desde la captación el agua es transportada por el canal abierto de riego Machángara a lo largo de 5 km, hasta el sitio de la toma construida en el cauce del mismo; de esta toma, el agua es derivada hacia la planta potabilizadora.

Tixán es una planta del tipo convencional integrada por los procesos de coagulación, sedimentación, filtración rápida y desinfección.

Las unidades de floculación son mixtas, compuestas de dos cámaras de floculación mecánicas seguidas de un floculador hidráulico de flujo vertical.

<sup>25</sup> Planta El Cebollar. Página web de ETAPA: [http://www.etapa.net.ec/Agua/agua\\_pot\\_pla\\_pot\\_ceb.aspx](http://www.etapa.net.ec/Agua/agua_pot_pla_pot_ceb.aspx)

Se dispone de ocho sedimentadores de placas paralelas de flujo ascendente con una tasa superficial de diseño de  $130 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ .

El Sistema de filtración esta compuesto por ocho unidades, intercomunicadas tanto a la salida como a la entrada. Cada filtro tiene  $32 \text{ m}^2$  de área filtrante, con lechos dobles de arena y antracita.

El drenaje de los filtros es de placas de concreto con boquillas de plástico tipo EIMCO para aplicar aire o agua. El sistema de desinfección esta compuesto de dos dosificadores de cloro gas que tienen una capacidad máxima de  $10 \text{ Kg/h}$ .

La cámara de contacto tiene un tiempo de retención de 6 minutos, recibe agua que rebosa de cada vertedero de control de los filtros. El control de elemento de operación y registro de datos esta gobernado por autómatas de lógica programables (PLCs).

El centro de control esta dotado de dos ordenadores, uno de visualización de operaciones, alarmas, introducción de órdenes y visualización del comportamiento de válvulas, compuertas y otros elementos. El segundo con visualización y registro de reservas externas, niveles caudales de ingreso y salida.

#### 3.2.3.2.1 ¿Cómo funciona la planta de tratamiento?

Para potabilizar el agua, en la planta se utilizan tres procedimientos básicos:

- a) **Coagulación y sedimentación:** Al agua que ingresa a la planta de tratamiento se le adicionan químicos. Estos químicos son los llamados coagulantes (en la planta se utiliza un fino polvo llamado sulfato de aluminio o alumbre) y los ayudantes de coagulación. En el agua el sulfato de aluminio forma pequeñísimas bolitas llamadas flóculos. Bacterias, lodo y otras impurezas son atrapadas por los flóculos. Luego de esto el agua pasa por un sedimentador, donde los flóculos caen al fondo. La coagulación y sedimentación remueven la mayor parte de impurezas.

- b) **Filtración:** Luego de los sedimentadores el agua pasa a través de un filtro. El filtro tiene una capa de arena y otra de carbón (antracita); todas las partículas que no se sedimentaron quedan atrapadas en el filtro.
- c) **Desinfección:** Es la parte final del tratamiento que mata todas las bacterias remanentes. En la planta utilizamos cloro para desinfectar el agua”<sup>26</sup>

### 3.2.3.3 Planta de Potabilización de Sustag



La Planta de Sustag es la más reciente manejada por ETAPA EP (Foto 17). La planta está ubicada en la zona occidente de la ciudad de Cuenca, a 24 km de la ciudad de Cuenca y a una altitud de 2918.93 m.s.n.m.

**Foto 17.** Planta de Potabilización de Sustag vista desde arriba.

El agua a ser tratada es tomada del río Yanuncay que de acuerdo a los conocedores del tema es el agua más difícil de tratar debido a sus características y sobre todo por su cambiante composición.

El proceso de potabilización en la mencionada planta es de forma convencional e incluye: captación, desarenador, mezcla rápida, floculación mecánica e hidráulica, sedimentación, filtración y desinfección.

La planta potabilizadora lleva funcionando alrededor de dos años y abastece de líquido vital a los pobladores de San Miguel de Putushi, que cuenta con un tanque de reserva de 2500 m<sup>3</sup>; Narancay, que tiene un tanque de 5000 m<sup>3</sup>; Baños con uno de 4500, y San Joaquín que posee un tanque de 1500 metros cúbicos. Esta planta es la más actual del país y está entre las más modernas a nivel sudamericano. Esto implica maquinaria y equipos de última tecnología de procedencia en gran parte española ya que el diseño tiene dicho origen.

---

<sup>26</sup> Planta de Tixán. Página web de ETAPA: [http://www.etapa.net.ec/Agua/agua\\_pot\\_pla\\_pot\\_tix.aspx](http://www.etapa.net.ec/Agua/agua_pot_pla_pot_tix.aspx)

El caudal máximo que se puede potabilizar es de 460 l/s y tiene proyecto de ampliación para tratar 800 l/s. La dosificación de químicos es por medio de bombeo siendo esta una forma más eficiente y exacta de dosificación respecto a las demás plantas potabilizadoras las cuales utilizan dosificación por gravedad.

Es muy importante comentar que la PTAP de Sustag es amigable con el medio ambiente pues tiene algunos procesos que impiden la contaminación. Uno de estos es la recirculación de agua de lavado de los filtros para ser tratada nuevamente. Otro sistema es el de extracción de fugas de cloro gas, siendo este químico el más peligroso de las plantas potabilizadoras y por último el de espesamiento, acondicionamiento y deshidratación de lodos en filtro banda.

En la Planta de Sustag como en otras similares se utilizan químicos como el sulfato de aluminio (coagulante) y poli electrolito (ayudante de coagulación) para poder separar los sólidos suspendidos y disueltos del agua y también a los microorganismos del mismo. El agua con los mencionados químicos pasa a través de los floculadores mecánicos e hidráulicos donde se empieza a formar el floc, luego pasa a los decantadores donde se retiene el floc en casi su totalidad. En el fondo de los decantadores están instaladas unas purgas programables para evacuar todo el floc acumulado y este es llevado por gravedad a un espesador de fangos.

El espesador de fangos es un mecanismo que se utiliza para la concentración de fangos y reducción de volumen a estabilizar o transportar. El agua clarificada de los decantadores se dirige a los filtros rápidos donde las impurezas que anteriormente no fueron eliminadas son retenidas por un lecho filtrante de arena. Es imprescindible que cada cierto tiempo los filtros sean lavados y toda esta agua de lavado es conducida por gravedad hacia un depósito de recuperación de lavado de filtros y posteriormente por bombeo hacia el espesador de fangos.

Además se tiene construido un cárcamo de bombeo donde se recogen residuos de desagües procedentes del tratamiento y luego son bombeados al depósito de recuperación de lavado

de filtros. Para evitar el impacto en las aguas de río Yanuncay del vertido de los fangos producidos en los sedimentadores y los que se producen en el depósito de recuperación provenientes de las aguas de lavado de filtros, se ha previsto el tratamiento de los fangos mediante un proceso de espesamiento, acondicionamiento y deshidratación en filtro banda (Fotos 18, 19 y 20).<sup>27</sup>



**Fotos 18, 19 y 20.** Planta potabilizadora de Sustag, la más actual que trata el agua de la ciudad de Cuenca.

#### 3.2.3.4 Plantas de Potabilización Rurales

“En el Cantón Cuenca existe una diversificación de Sistemas de abastecimiento de agua con diferentes tipos de tratamiento. Las más importantes son las plantas de tipo convencional o filtración múltiple etapas.



Los sistemas para poblaciones y caudales pequeños tienen un tratamiento de desinfección.

**Foto 21.** Ingreso del agua a la planta de tratamiento.

El objetivo de ETAPA EP, es el asegurar el suministro, mantener y ampliar la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento, para ello realiza la administración, operación, mantenimiento y asistencia técnica en todos los sistemas del cantón.

<sup>27</sup> Astudillo, F. y L. Bermeo. 2011. Diseño de un sistema automatizado de secado, almacenamiento y despacho de lodos deshidratados de la planta de tratamiento de agua potable Sustag y simulación mediante un software especializado. Tesis de Grado.

En el cantón se tiene registrado 174 proyectos de abastecimiento de agua distribuidos en las 21 parroquias rurales de los cuales 19 sistemas tienen más de 500 usuarios; 9 entre 250 a 500 usuarios, 83 sistemas entre 50 y 250 usuarios; y 63 sistemas menores a 50 usuarios. A continuación se describen los siguientes:

**a) Sidcay**

- Caudal promedio de ingreso a la planta = 9 l/s
- Caudal necesarios 12,97 l/s.
- Número de conexiones actuales = 1150
- Construcción, ETAPA EP, con aporte comunitario en la mano de obra, se esta ejecutando la reconstrucción del sistema, con inversión de ETAPA EP.
- Administración Autónoma Comunitario, no disponen de un sistema de micromedición.
- Recaudación: Junta de Agua.

**b) Llacao**

- Caudal de ingreso irregular, depende del canal de La Dolorosa desde Checa 9 l/s. en promedio.
- Caudal necesario = 8,5 l/s.
- Número de conexiones actuales = 756
- Construcción ETAPA EP con aporte comunitario en la mano de obra
- Administración Municipal (ETAPA EP)
- Tarifa Básica = \$0,08 mensual hasta 15 m<sup>3</sup>.

**c) Sinincay**

- Caudal promedio de ingreso a la planta = 22 l/s
- Caudal necesarios = 14,4 l/s.

- Número de conexiones actuales = 1277
- Construcción, ETAPA EP, con aporte comunitario en la mano de obra (Foto 22 y 23).
- Administración: una parte de los usuarios pagan a la Empresa, otros no cancelan, existe una organización que administra y recauda los valores.
- La operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, las redes de distribución y domiciliarias está a cargo de ETAPA EP.
- Tarifa Básica = \$ 0,20 mensual hasta 20 m<sup>3</sup>.
- Recaudación = ETAPA EP y la Junta de agua.



Fotos 22 y 23. Sistemas de tratamiento de agua en las parroquias rurales

#### d) Sayausí

- Caudal promedio de ingreso a la planta = 11 l/s
- Caudal necesario actual 5,28 l/s.
- Número de conexiones actuales = 468
- Construcción, ETAPA EP
- Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema: ETAPA EP.
- Existen Sistemas paralelos de agua no tratada: Tres de Mayo, San José de Balzay, Virgen del Milagro, La Cofradía, Sayausí, etc.
- Tarifa Básica = Igual que en la ciudad.

#### e) San Joaquín

- Caudal promedio de ingreso a la planta = 16 l/s

- Caudal necesarios 12,21 l/s.
- Número de conexiones actuales = 1082
- Construcción, ETAPA EP.
- Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema: ETAPA EP.
- Tarifa Básica = Igual que en la ciudad.
- Recaudación: ETAPA EP.

#### **f) Paccha**

- Caudal promedio de ingreso a la planta = 0,5 l/s
- Caudal necesario = 2,71 l/s.
- Número de conexiones actuales = 240
- Construcción, ETAPA EP, con la mano de obra de la comunidad.
- Administración, Operación y Mantenimiento del sistema: ETAPA EP.
- Tarifa Básica = Igual al de la ciudad
- Recaudación: ETAPA EP.

#### **g) Baños**

- Número de conexiones actuales = 1680
- Construcción, ETAPA con la mano de obra de la comunidad
- Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema: Junta de Agua.
- Modelo de gestión autónoma.
- Recaudación: Junta de agua.

#### **h) El Valle Centro Parroquial**

- Caudal promedio de Bombeo = 16 l/s
- Caudal necesarios 16 l/s.
- Número de conexiones actuales = 1354
- Construcción: ETAPA EP

- Administración, operación y mantenimiento del sistema de bombeo, redes y domiciliarias por: ETAPA EP.
- Tarifa Básica = Igual que en la ciudad.
- Recaudación: ETAPA EP.

#### **i) Checa**

- Caudal promedio de ingreso a la planta =19 l/s
- Caudal necesarios 8,5 l/s.
- Número de conexiones actuales = 750
- Construcción, ETAPA EP, con aporte comunitario en la mano de obra.
- Administración autónoma comunitario, no disponen de micro medición, la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, las redes de distribución está a cargo de ETAPA EP.
- La Empresa no recauda por la operación y mantenimiento del sistema.
- Recaudación: Comités barriales”.<sup>28</sup>

#### *3.2.4 Programa De Educacion Ambiental Urbano “Agua Para Tod@s”*

ETAPA EP, a través de la Subgerencia de Gestión Ambiental lleva adelante desde 1998 el Programa de Educación Ambiental “Agua para Tod@s”, dirigido a niños, niñas y educadores de escuelas del cantón Cuenca, el cual busca formar en la niñez, hábitos, costumbres y una cultura de respeto a los tan vulnerables recursos naturales, principalmente el agua, reflejados en acciones que se generan en el patio de la escuela, se transmiten al hogar y se manifiestan en toda la ciudadanía cuencana.

El Programa cuenta con el aval del Ministerio de Educación a través de un convenio interinstitucional, el cual permitirá trabajar en el tema ambiental de manera coordinada y eficaz.

---

<sup>28</sup> Este capítulo fue tomado de la Web de Etapa. Plantas de Potabilización Rurales:  
[http://www.etapa.net.ec/Agua/agua\\_pot\\_pla\\_pot\\_rur.aspx](http://www.etapa.net.ec/Agua/agua_pot_pla_pot_rur.aspx)

### 3.2.4.1 Objetivo

Crear una adecuada conciencia ambiental dentro de los centros educativos de la ciudad, promoviendo los principios y valores ambientales, con énfasis en el uso correcto del agua, para contribuir con el mejoramiento continuo de la calidad de vida de los ciudadanos y de esta manera propiciar la conservación y sostenibilidad de los recursos naturales.

#### a) Objetivos específicos

- Desarrollar proyectos institucionales de educación y gestión ambiental en los centros educativos de la ciudad, con énfasis en las escuelas fiscales.
- Aplicar estrategias de gestión ambiental que identifiquen y generen soluciones a problemas ambientales presentes en las escuelas.
- Promover el uso correcto del agua potable dentro de los centros educativos, como una medida de responsabilidad ambiental.

### 3.2.4.2 Fases del programa

El programa de educación ambiental se ejecuta en las siguientes fases:

***I Fase.- Diagnóstico ambiental de la escuela:*** esta actividad la realiza el Educador Ambiental de ETAPA EP y comprende:

- Cuantificación del consumo de agua potable, identificación de desperdicios y fugas de agua.
- Evaluación de los hábitos alimenticios de los niños y los productos que se ofertan en los bares.
- Valoración de la generación de basura en el centro educativo.
- Evaluación del correcto uso de la energía eléctrica
- Evaluación de las condiciones físicas de las baterías sanitarias
- Valoración de la gestión ambiental institucional.

## *II Fase.- Capacitación*

- Capacitación a docentes que pertenecen a la comisión ambiental, mediante talleres participativos, con el fin de proporcionar las herramientas metodológicas y didácticas que faciliten la aplicación del eje transversal de ambiente en cada Institución educativa. Esta fase comprende la réplica de lo aprendido por los docentes a los compañeros dentro de la escuela.
- *Formación y capacitación del Ecogrupo:* en cada escuela se conforma un eco grupo con niños y niñas, los mismos que reciben capacitación en temas ambientales y participan de visitas educativas al Parque Nacional Cajas, Planta de Potabilización de Agua y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cuenca, con la finalidad de conocer y valorar la importancia de realizar un manejo integral del agua en nuestra ciudad, lo cual les permite contar su experiencia para difundirla en la escuela y en sus hogares.

## *III Fase.- Diseño e implementación de proyectos institucionales*

En cada institución educativa, se elaboran los “*Proyectos Institucionales de Educación Ambiental*” en donde participan docentes, niños y ETAPA EP, tomando como insumo los resultados obtenidos en el diagnóstico ambiental. Los proyectos contienen las estrategias aplicadas al uso responsable del agua, reducción de desechos, reparaciones de fugas y refuerzo de hábitos respetuosos y solidarios con los recursos naturales, los cuales serán ejecutados de acuerdo a un cronograma.

\* Las tres primeras fases del programa se ejecutan durante todo el año lectivo, al final del mismo se determinan los resultados alcanzados, tanto en el consumo del agua, gestión ambiental y beneficios formativos (Fotos 24, 25, 26 y 27).

#### IV Fase.- Sostenibilidad:

La sostenibilidad se ejecuta en el siguiente año lectivo, en el cual el centro educativo es responsable de elaborar un plan de sostenibilidad y ejecutarlo, dando continuidad al proyecto institucional de educación ambiental. Es importante resaltar el compromiso e involucramiento de los docentes miembros de la comisión y de los niños del Ecogrupo, período en el que contarán con el acompañamiento quincenal del Educador Ambiental de la Subgerencia de Gestión Ambiental de ETAPA EP.



**Foto 24.** Actividades Ecogrupos separación residuos



**Foto 25.** Salidas parque nacional El Cajas



**Foto 26.** Campañas en las escuelas



**Foto 27.** Conmemoraciones Día del Agua

### 3.2.5. Programa De Educacion Ambiental Rural "Agua Vida"

#### 3.2.5.1 Introducción

El Programa de Educación Ambiental Rural Agua Vida fue concebido en base a la necesidad capacitar a los niños de las áreas rurales del Cantón Cuenca, como estrategia para complementar los programas que se desarrollan dentro de la Jefatura de Protección de

Fuentes Hídricas de la empresa ETAPA, de esta manera busca reforzar la conservación de los recursos naturales, fundamentalmente del agua, el suelo y la vegetación nativa, para evitar contaminación y proteger las fuentes de agua en las principales cuencas hidrográficas

El Programa se desarrolla a través de capacitaciones mensuales a niños, maestros y padres de familia, en temáticas vinculadas a la protección del agua y cuidado del medio ambiente, las mismas que se desarrollan a lo largo del año lectivo, mediante la utilización de métodos lúdicos. Para el efecto cuenta con un equipo de Educadores Ambientales y herramientas como el aula móvil, que está provista de materiales de capacitación entre ellos: una biblioteca, videoteca, pizarra, juegos, títeres, televisión, DVD, maquetas, los que están destinados para complementar la enseñanza lúdica.

### 3.2.5.2 Objetivo del programa

“Generar una cultura ambiental en niños, profesores y padres de familia de las escuelas rurales del cantón Cuenca, con énfasis en la protección del recurso hídrico, a través de métodos lúdicos de capacitación”.

### 3.2.5.3 Capacitación

Este eje está orientado a capacitar en temas relacionados con el Medio Ambiente, dirigido a los maestros, niños y padres de familia (Foto 28, 29, 30 y 31).



Foto 28 y 29. Capacitación a Niños



**Foto 30 y 31.** Capacitación y trabajo con los padres de familia

### 3.2.5.3 Proyectos ambientales escolares

#### a) Huertos escolares

En 36 escuelas se implementó el huerto escolar, en el cual se cultivaron diferentes especies como: col, coliflor, brócoli, lechuga, acelga, rábano, remolacha, etc. Los productos cosechados se utilizaron para complementar la alimentación escolar en algunas de las escuelas que preparan el almuerzo para los niños.

En otras escuelas los niños llevan los productos a sus hogares, valorando así mucho más los alimentos cosechados en el huerto escolar de una manera orgánica.

De esta manera se transforma espacios que no estaban siendo utilizados, aprovechándolos productivamente para mejorar la alimentación ya sea en la escuela y/o en los hogares de los niños. El trabajo en los huertos contó con la participación de padres de familia, niños que se capacitaban en el programa (Fotos 32, 33, 34 y 35).



**Foto 32 y 33.** Antes y después de la adecuación del huerto escolar en la escuela Medardo Neira Garzón



**Fotos 34 y 35.** Cosecha de los productos del huerto.

## b) Componente hidrosanitario

El objetivo de trabajar en este componente fue el de mejorar las condiciones de salubridad de las baterías sanitarias. Además se coordinó con los Directores y maestros para evitar desperdicio de agua, con el arreglo de daños e identificación de fugas (Foto 36).



**Foto 36.** Niños colaborando en la limpieza de las baterías sanitarias

### c) Información de carteleras ecológicas

Durante el año lectivo, mensualmente se realizaron carteleras ecológicas, con el propósito de fomentar en los niños la cultura del cuidado del medio ambiente. Los niños participaron activamente trayendo cada uno su noticia ecológica. Además en algunas escuelas se realizaron trabajos de manualidad con materiales reciclados (Fotos 37 y 38).



**Fotos 37 y 38.** Carteleras de las escuelas y trabajo con materiales reciclados

#### d) Jardineras

Como parte de los proyectos ambientales escolares y para mejorar el aspecto físico de las escuelas se realizan jardineras, dentro de los centros educativos motivando así, a los Niños, Maestros y Padres de Familia, a cuidar su entorno (Fotos 39, 40 y 41).<sup>29</sup>



Fotos 39, 40 y 41. Jardineras de la escuela Ignacio Malo

### 3.2.6. Gestión De Desechos

#### 3.2.6.1 Descripción

A ETAPA EP, le corresponde ejecutar políticas ambientales y programas de acción, dirigidos a proteger y cuidar los recursos hídricos, además de proteger sus instalaciones de saneamiento. Entre éstos programas se encuentran, los de recolección de aceite usado de

---

<sup>29</sup> La información obtenida del programa de educación ambiental tanto urbano como rural fue proporcionada por Iván Flores, coordinador de dicho programa. Cabe destacar que la información recopilada de educación ambiental, son de programas que se encuentran en ejecución constante desde el 2003, y que no guardan relación directa con los paquetes educativos que es uno de los productos de la consultoría

motor y el programa de recolección de pilas usadas, debido a la elevada capacidad contaminante que poseen y al efecto de los metales pesados sobre los seres vivos.

#### 3.2.6.2 Objetivos

- Controlar y proteger los cuerpos receptores naturales y artificiales, enmarcándose en las disposiciones legales vigentes para el efecto.
- Recuperar y proteger la calidad del agua de los ríos que atraviesan la ciudad.
- Contribuir al funcionamiento eficiente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad.
- Eliminar la contaminación del suelo por la mala disposición de desechos.
- Proteger la salud de la población.
- Caracterizar las descargas líquidas industriales en los diferentes establecimientos o industrias generadoras.

#### 3.2.6.3 Gestión de aceite usado

Entre los principales resultados obtenidos con la aplicación del Programa de Recolección de Aceites Usados se tienen:

- Puesta en marcha del tercer vehículo recolector de aceites usados, con el auspicio de la industria privada: Valvoline (Fotos 42 y 43).
- Firma de convenio con ALFADOMUS, disposición de aceites usados con mejores condiciones económicas para la empresa.



Foto 42 y 43. Entrega del nuevo vehículo recolector a la ciudad.

Conversaciones mantenidas con otras municipalidades para recolectar el aceite usado en otras jurisdicciones, crear sinergias para recolectar aceite usado en la provincia del Azuay (Figuras 7 y 8).

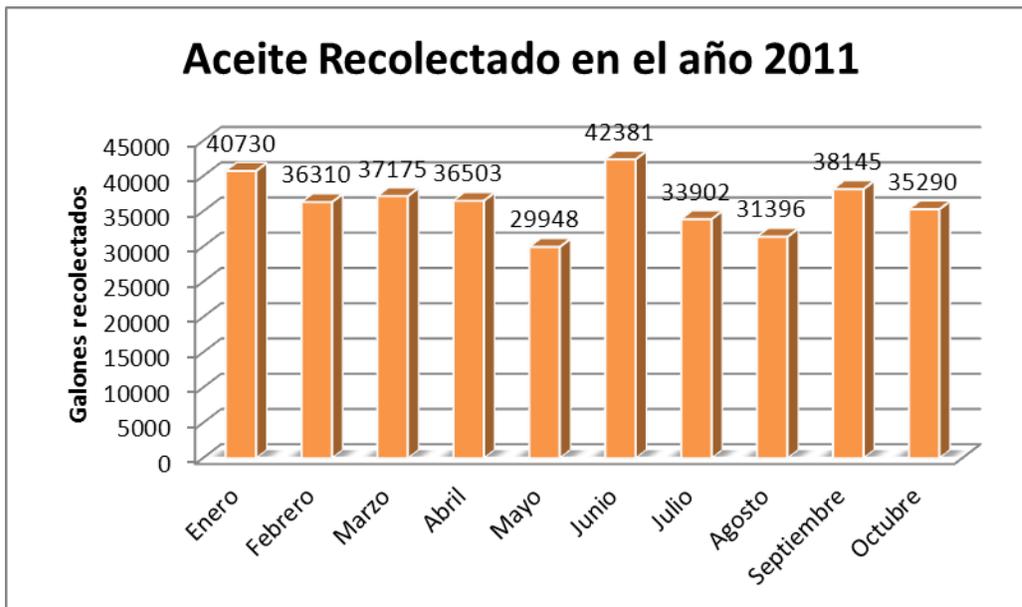


Figura 7. Número de galones recolectados en el año 2011 hasta la fecha.

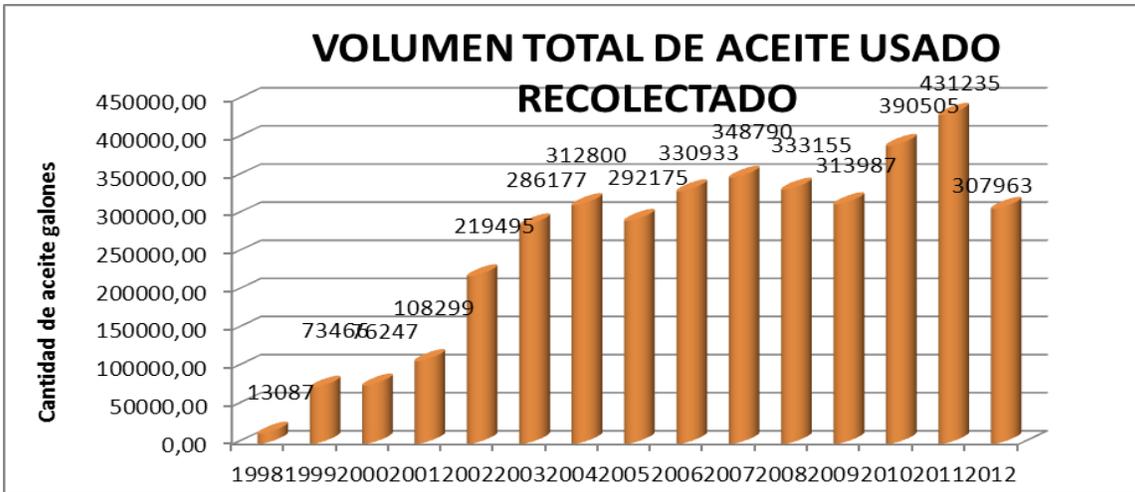


Figura 8. Galones de aceite recolectados desde el inicio del programa hasta la fecha.

### 3.2.6.4 Gestión de pilas usadas

Este programa busca crear conciencia entre la población acerca del manejo adecuado de desechos peligrosos, como el caso de las pilas usadas (Figura 9).

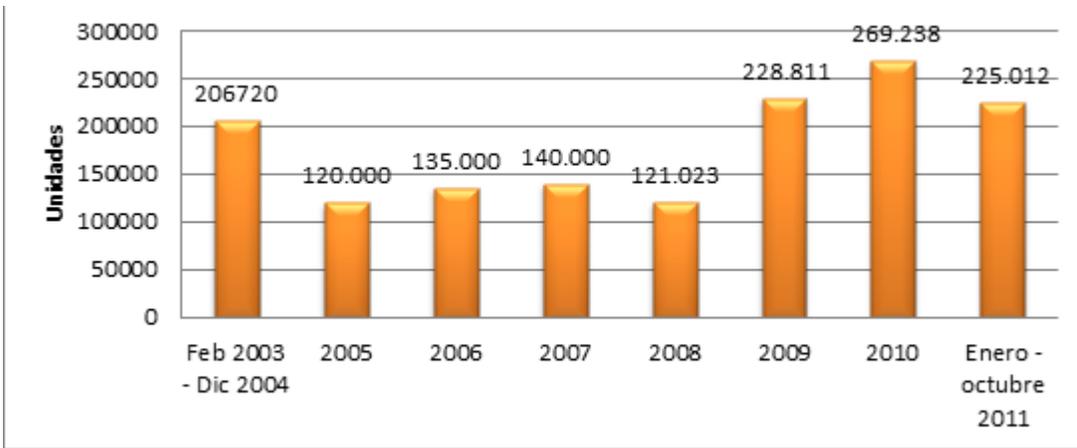


Figura 9. Número de pilas recolectadas desde el inicio del programa hasta la fecha.

Existen varios puntos de recolección en diferentes lugares de la ciudad como centros comerciales, almacenes, puntos de pago de agua y teléfono, etc.

Tomando en cuenta la contaminación que se genera por los metales pesados que puede poseer una pila (1 pila con metales pesados contamina 200 000 litros de agua), así se puede

concluir que durante este año, en el cual se ha incrementado la recolección significativamente se ha evitado la contaminación de aproximadamente 56.298'000.000 litros de agua (Fotos 44, 45 y 46).



**Fotos 44, 45 y 46.** Gestión de pilas usadas en escuelas y centros comerciales.

### 3.2.6.5 Gestión de descargas líquidas industriales

ETAPA EP, desde el año 1996 estableció el “PROGRAMA DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR DESCARGAS LÍQUIDAS INDUSTRIALES”, el cual controla el tipo de desechos líquidos industriales que generan los diferentes establecimientos, mediante el monitoreo de las actividades que desarrollan. De esta manera se ha logrado reducir significativamente la contaminación de los ríos de nuestra ciudad a causa de este tipo de desechos y adicionalmente se garantiza el normal funcionamiento de la PTAR.

Uno de los primeros pasos dentro del control de la contaminación en los establecimientos generadores de desechos líquidos es la realización de la inspección de los procesos, en la

cual se verifica el tipo de efluente que genera el establecimiento, luego de la misma se tendrá todos los elementos para calificar el tipo de descarga (industrial o doméstica), si amerita que el establecimiento atraviere por un proceso de muestreo y caracterización de sus descargas líquidas y sobre todo cuantos días se debería hacer la actividad de caracterización. Además de establecer el número de descargas líquidas que posee. Cabe mencionar que los tiempos para realizar las actividades tanto de inspección como de caracterización van a depender de la actividad que desarrolle dentro de sus procesos (Cuadro 5).<sup>30</sup>

**Cuadro 5.** Caracterización de empresas inspeccionadas por aguas residuales en el año 2010.

<b>Descripción</b>	<b>INDUSTRIAS INTERVENIDAS</b>	
<b>Indicador</b>		<b>2010</b>
<i>Vertidos totales de aguas residuales, según su naturaleza y destino</i>	Número de industrias inspeccionadas	62
	Número de industrias caracterizadas	22

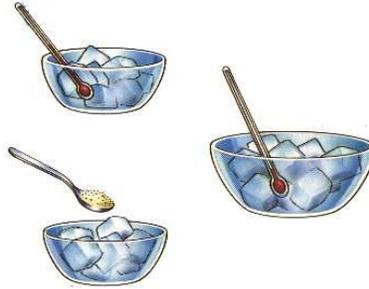
### 3.3 ZONA DE EXPERIMENTOS: CICLO HIDROLOGICO

#### 3.3.1 Experimento 1: *Enfría el hielo*

1. Pon seis cubitos de hielo en un cuenco y mide su temperatura (debe ser de unos 0° C).
2. Echa una cucharadita de sal sobre los cubitos de hielo (Figura 10).

---

<sup>30</sup> La información del Programa de Desechos ha sido obtenida del Ing. Javier Crespo, coordinador de Residuos Peligrosos.



**Figura 10.** Procedimiento del experimento “enfía el hielo”

**3.** Toma otra vez la temperatura y verás... ¡que ha descendido!. El hielo necesita absorber calor para fundirse, pero la sal no se lo proporciona. Por tanto, el hielo tiene que absorber su propio calor y esto hace que su temperatura baje aún más.

**Pon atención...** observa las gotitas de agua

Con un mechero de alcohol, calienta el agua hasta que hierva.

Ilumina el vapor con una linterna y podrás ver pequeñas gotitas de agua (Figura 11).<sup>31</sup>



**Figura 11.** Con una linterna ayúdate para observar las pequeñas gotitas

### 3.3.2 Experimento 2: *Formación de las nubes*

Necesitarás:

- Un clavo grueso
- Un martillo

---

<sup>31</sup> Página web: <http://centros3.pntic.mec.es/cp.la.canal/agua/experim.htm>

- Una botella transparente chica
- Un tapón de corcho para la botella
- Agua caliente

#### Cómo lo hacemos

1. Pídele a un adulto que haga un agujero en el tapón con el clavo y el martillo.
2. Enjuaga lentamente la botella con agua caliente y tápala con el tapón.
3. Sopla todo el aire que puedas a través del agujero del tapón y cúbrelo inmediatamente con un dedo.
4. Cuenta hasta cinco y saca el tapón

#### ¿Qué observas?

Las nubes se forman cuando el aire caliente y húmedo (vapor) se encuentra con aire más frío. Al entrar en contacto con el aire frío, el vapor de agua se condensa, es decir, se vuelve líquido. De manera similar, al soplar dentro de una botella, ésta se llena de aire caliente y húmedo que viene de los pulmones. Este aire tiene una temperatura y una presión más alta que el aire que le rodea. Al destapar la botella entra aire más frío y a menor presión, lo que hace que el vapor de agua se convierta en una pequeña nube, visible brevemente.<sup>32</sup>

#### 3.3.3 Experimento 3: *Conservar gotas de lluvia*

##### Necesitarás:

- Harina
- Un sartén
- Gotas de lluvia
- Una cuchara
- Una bandeja para hornear

Recuerda pedirle a un adulto que te ayude antes de continuar.

---

<sup>32</sup> Página web del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: <http://www.imta.gob.mx/educacion-ambiental/aprende/nubes.swf>

Procedimiento:

1. Cubre el sartén con una capa de harina de por lo menos 2,5 cm de espesor.
2. Coloca el sartén bajo la lluvia, preferentemente cuando esté empezando a llover o durante una llovizna LEVE. (Si está lloviendo demasiado fuerte el experimento no funcionará bien.)
3. Una vez que hayan caído unas cuantas gotas en la harina (4 o 5, no más) entra en casa con el sartén.
4. Con la cuchara coge las gotas de lluvia atrapadas en la harina y colócalas en la bandeja para hornear.
5. Pídele a un adulto que meta la bandeja en el horno a 350°C.
6. Espera unos minutos a que las gotas se endurezcan, cuidado que no se vayan a quemar. Pídele a un adulto que retire la bandeja del horno y observa el resultado.

Al poner la sartén bajo la lluvia, recogiste las gotas que caían. Estas se hundieron en la harina formando bolitas duras. Con el calor del horno, la harina endureció, creando moldes de gotas de lluvia. Si quieres puedes pintar tus gotas y guardarlas como recuerdo de un día lluvioso.<sup>33</sup>

### 3.3.4 Experimento 4: *Formación de la escarcha*

Necesitarás:

- Cubos de hielo
- Una lata
- Una cuchara de sal

Procedimiento:

1. Coloca los cubos de hielo dentro de la lata.
2. Añade la sal y mezcla rápidamente.

---

<sup>33</sup> Página web del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: <http://www.imta.gob.mx/educacion-ambiental/aprende/lluvia.swf>

Continúa mezclando por algunos instantes.

Los cubos de hielo hacen que la lata se enfríe. Al agregar la sal, el hielo se derrite más rápidamente y la temperatura baja aún más. Las diminutas gotas de agua que existen en el aire se adhieren a la superficie exterior de la lata y se congelan de inmediato, formando así la capa de escarcha.<sup>34</sup>

### 3.3.5 Experimento 5: *Evapotranspiración*

#### Procedimiento

1. Coloca una bolsa de plástico sobre una pequeña rama de hojas de un arbusto o un árbol pequeño en un lugar soleado. Déjalo durante dos o tres días (Figura 12).



**Figura 12.** Cobertura plástica sobre una rama de árbol

2. Mira la bolsa cada día y verás gotas de agua en su interior. Si los días son muy calurosos, se acumulará gran cantidad de agua dentro de la bolsa (Figura 13).



**Figura 13.** Obsérvese las pequeñas gotas de agua sobre la funda plástica

---

<sup>34</sup> Página web del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: <http://www.imta.gob.mx/educacion-ambiental/aprende/escarcha.swf>

### ¿Cómo funciona?

Las hojas de las plantas tienen agujeros muy pequeños por toda la superficie. En los días de calor, por estos agujeritos salen gotas de agua que se evaporan. Esto es lo que se acumula dentro de la bolsa (Figura 14).



**Figura 14.** Calor expulsado a través de una hoja

### Por eso:

En un día de mucho calor, los árboles pueden necesitar tanto como 50 cubos de agua. Las hojas expulsan esta agua al aire.

### Otras observaciones

- Intenta cubrir con una bolsa de plástico una planta de interior. Riégala y colócala al sol en cerca de una ventana.
- Coloca el tallo de una flor blanca en agua teñida. Los pétalos tomarán enseguida el color del agua.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> Página web de Educared, zona de experimentos.  
<http://208.116.32.249/educared/estudiantes/experimentos/experimento.asp?id=27&title=canalizando-el-agua>

## 4. CONOCE DONDE NACE EL AGUA

### 4.1 FUENTES HÍDRICAS

Las fuentes hídricas son todas las corrientes de agua ya sea subterránea o sobre la superficie de las cuales los seres humanos podemos aprovecharlas para la generación de energía, uso personal, actividades, agrarias y ganaderas, etc.

#### 4.1.1 Tipos de fuentes hídricas

##### 4.1.1.1 Lago

Un lago es un cuerpo de agua dulce o salada, más o menos extensa que se encuentra alejada del mar, y asociada generalmente a un origen glaciario. El aporte de agua a los lagos viene de los ríos y del afloramiento de agua freáticas.

##### 4.1.1.2 Laguna

Es un depósito natural de agua, generalmente dulce y de menores dimensiones que el lago.

##### 4.1.1.3 Humedal

Es una zona de tierras, generalmente planas, en que la superficie se inunda permanente o intermitentemente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres

##### 4.1.1.4 Embalse

Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce. La obstrucción del cauce puede

ocurrir por causas naturales como, por ejemplo; el derrumbe de una ladera en un tramo estrecho de río o arroyo, la acumulación de placas de hielo o las construcciones hechas por los animales, y por obras construidas por el ser humano como son las presas.

#### *4.2 IMPORTANCIA DE LAS FUENTES HÍDRICAS EN CUENCA*

El 85% del territorio de las cuencas proveedoras de agua está cubierto por páramo. El páramo es un recurso precioso, que modera los flujos de agua, absorbe mucha agua cuando llueve (actúa como una esponja) y la suelta lentamente a lo largo del año. Esto ayuda a reducir las inundaciones y a tener agua durante el período de estiaje, ya que la ciudad de Cuenca no tiene glaciales. Estas características de alta capacidad de retención de agua y regulación de caudales son esenciales para millones de personas en ciudades y áreas rurales de la zona andina. La vocación de los páramos es esencialmente la prestación de servicios ambientales.

Las fuentes hídricas que alimentan a los sistemas de agua urbano y rural del cantón Cuenca, se originan en las cabeceras de las microcuencas hidrográficas de los ríos Tomebamba, Machángara, Yanuncay, Tarqui, Sidcay y Jadán. Estas fuentes de abastecimiento de consumo humano está siendo presionadas por actividades antrópicas como ganadería incompatible, quemas incontroladas, deforestación, avance del urbanismo, drenajes, apertura de vías, invasiones, subdivisión de terrenos, cambio de uso de suelo, etc. Entre las consecuencias de estas actividades se puede citar:

- ✚ Pérdida de la capacidad de retención de agua del páramo.
- ✚ La deforestación disminuye el aporte de la materia orgánica al suelo, ocasionando mayor exposición a la radiación solar y por tanto desecamiento del suelo, lo que disminuye la porosidad del suelo y por lo tanto su capacidad de almacenar el agua.
- ✚ Disminución de los flujos base como consecuencia de la disminución de la porosidad e infiltración del suelo.
- ✚ Contaminación por aguas residuales domésticas, fertilizantes, pesticidas, bacterias, patógenos, heces, aceites, etc.

- ✚ Procesos erosivos.
- ✚ Drenajes de pantanos y drenajes artificiales en actividades agropecuarias.
- ✚ Reducción de páramos y bosques.
- ✚ Afectación de hábitats, disminución severa de poblaciones de biodiversidad y afectación de interacciones ecológicas, entre otras.<sup>36</sup>

### 4.3 PÁRAMOS DEL ECUADOR

“Los páramos son ecosistemas semi - húmedos y fríos que en el Ecuador se encuentran formando un corredor casi intacto sobre la Cordillera de los Andes, por encima del límite superior actual o potencial de bosque (Mena et al. 2001) (Figura 15). Forman un ejemplo ideal para aplicar la visión de ecosistema de la Convención de Diversidad Biológica, porque su importancia para la sociedad ecuatoriana y para el mundo en general se caracteriza por sus atributos biológicos, pero también sus atributos geográficos, sociales y económicos apoyan a su gran valor.

---

<sup>36</sup> Programa Protección de Fuentes Hídricas de la Página web de ETAPA:  
[http://www.etapa.net.ec/DGA/dga\\_pro\\_fue\\_hid\\_man\\_com.aspx](http://www.etapa.net.ec/DGA/dga_pro_fue_hid_man_com.aspx)



Probablemente aún más llamativo para grandes grupos de pobladores andinos que los atributos biológicos son los geográficos. Especialmente el rol del páramo como regulador hídrico determina probablemente más que cualquier otra característica su valor para la población. Todas las grandes ciudades de los Andes del Norte dependen para su agua potable y para la mayoría de su electricidad del agua de páramo, pero también el campo, especialmente en la Sierra seca de Venezuela y el centro del Ecuador produce los alimentos gracias al agua de riego proveniente del páramo (Medina & Mena 2001). Pero también el suelo en sí ayuda a que el páramo tenga este gran valor. En primer lugar, el suelo orgánico es la clave detrás de la regulación hídrica pero este suelo en sí, especialmente en zonas de origen volcánico, es un almacén de carbono y un potencial de productividad agrícola aprovechado para papas, habas, mellocos y pasto para ganado (Podwojewski & Poulénard 2000). Finalmente, el paisaje en sí, con volcanes espectaculares, valles planos con turberas y lagunas vistosas, pendientes y afloramientos rocosos aparentemente inaccesibles y la inmensidad del páramo lo hacen uno de los ecosistemas más apreciados por turistas nacionales y extranjeros y las lagunas como Cuicocha y nevados como el Cotopaxi hacen de las Áreas Protegidas en la cual éstos se encuentran, los lugares naturales más visitadas del país (Narváez 2001).

La diversidad del páramo no está reflejada solo en su flora, fauna y paisaje, sino también en sus habitantes. La diversidad cultural y étnica hacen que la alta montaña, aparte de la amazonía, sea el único lugar donde todavía se hallan rasgos del Ecuador nativo, indígena. La mayor población indígena Quichuahablante vive en los páramos, practica su agricultura con algunas prácticas muy tradicionales, habla su idioma, tiene su cultura y vestimenta y está en un continuo proceso de cambio y adaptación, lo que quiere decir que es una cultura diversa y viva (Ramón 2002). Lo que socialmente hace importante el páramo para la sociedad es que durante los siglos, desde épocas preincaicas hasta ahora, la gente ha intervenido en el páramo y lo ha modificado. Esto dio origen al concepto que en alguna manera se puede considerar el páramo como un paisaje cultural y, de todas maneras, como un espacio de vida para casi un millón de habitantes en los Andes (Suárez 2002).



El bosque es uno de los recursos naturales más importantes con que cuenta el Ecuador para su desarrollo; constituye una unidad ecosistémica formada por árboles, arbustos y demás especies vegetales y animales resultados de un proceso ecológico espontáneo que interrelaciona otros recursos como el agua, la biodiversidad, el suelo, el aire, el paisaje, etc.<sup>38</sup>

#### *4.5 LA RELACION DEL BOSQUE CON EL AGUA*

En las montañas y elevaciones de la cordillera donde tenemos bosques nacen muchos de los ríos que llegan hasta nuestras costas, así que las condiciones del bosque tienen una relación con la cantidad y calidad del agua.

Una zona forestada cercana al río funciona como esponja: estas áreas tienen un sistema de raíces muy desarrollado que absorbe grandes cantidades de agua reduciendo la cantidad y velocidad en que esta llega al río. Esto tiene como efecto reducir inundaciones y pérdida de suelo, y ayuda a mantener un flujo continuo en nuestras quebradas y ríos.

Relacionado a cuenca hidrológica los bosques proporcionan los siguientes beneficios:

- regulación de los flujos de agua
- conservación de la calidad del agua
- control de la erosión y sedimentación
- reducción de la salinización del suelo/regulación del nivel freático
- conservación de hábitats acuáticos.<sup>39</sup>

---

<sup>38</sup> Barrantes, G. et al. s/a. El bosque en el Ecuador: una visión transformada para el desarrollo y la conservación.

<sup>39</sup> García, I. et al. 2004. La relación agua-bosque: delimitación de zonas prioritarias para pago de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca del río Gavilanes, Coatepec, Veracruz.

#### 4.6 HUELLA HÍDRICA

“Los habitantes utilizan una gran cantidad de agua para beber, cocinar y lavar. Pero utilizan todavía más en la producción de bienes tales como alimentos, papel, prendas de algodón, etc. La huella hídrica es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor. La huella hídrica de un individuo, comunidad o comercio se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o comunidad así como los producidos por los comercios”.<sup>40</sup>

“La huella hídrica o huella de agua se define como el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad. El uso de agua se mide en el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, ya sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad de masa para empresas. La huella de agua se puede calcular para cualquier grupo definido de consumidores (por ejemplo, individuos, familias, pueblos, ciudades, provincias, estados o naciones) o productores (por ejemplo, organismos públicos, empresas privadas o el sector económico).

La huella de agua es un indicador geográfico explícito, que no solo muestra volúmenes de uso y contaminación de agua, sino también las ubicaciones. Sin embargo, la huella de agua no proporciona información sobre cómo el agua consumida afecta positiva o negativamente a los recursos locales de agua, los ecosistemas y los medios de subsistencia”.<sup>41</sup>

“El interés por la huella hídrica se origina en el reconocimiento de que los impactos humanos en los sistemas hídricos pueden estar relacionados, en última instancia, al consumo humano y que temas como la escasez o contaminación del agua pueden ser mejor entendidos y gestionados considerando la producción y cadenas de distribución en su

---

<sup>40</sup> Huella Hídrica. Página web: <http://www.huellahidrica.org/?page=files/home>

<sup>41</sup> Wikipedia. Huella hídrica. Página web: [http://es.wikipedia.org/wiki/Huella\\_h%C3%ADdrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Huella_h%C3%ADdrica)

totalidad, señala el catedrático Arjen Y. Hoekstra, creador del concepto de la huella hídrica y director científico de la “Red de la Huella Hídrica”.

Los problemas hídricos están a menudo íntimamente relacionados con la estructura de la economía mundial. Muchos países han externalizado significativamente su huella hídrica al importar bienes de otros lugares donde requieren un alto contenido de agua para su producción. Este hecho genera una importante presión en los recursos hídricos en las regiones exportadoras, donde muy a menudo existe una carencia de mecanismos para una buena gobernanza y conservación de los recursos hídricos. No solo los gobiernos sino que también los consumidores, comercios y la sociedad en general pueden jugar un papel importante para alcanzar una mejor gestión de los recursos hídricos”<sup>42</sup>.

#### 4.6.1 Más cifras y acontecimientos

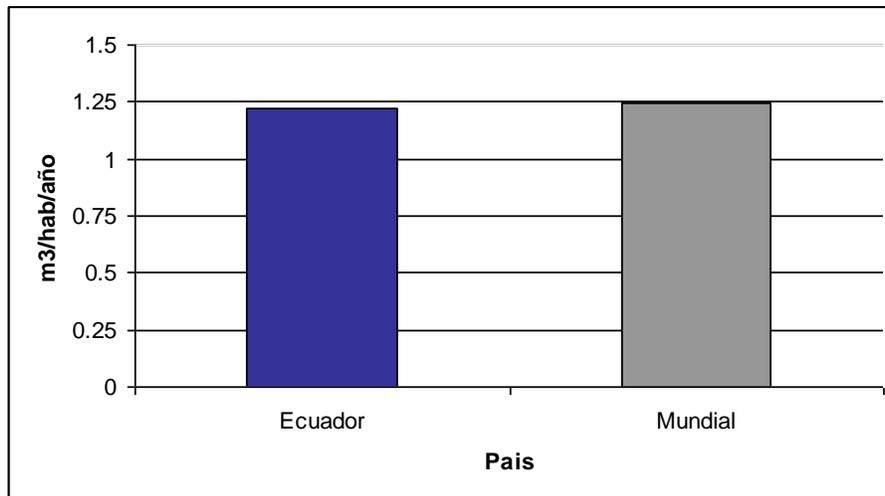
- ✚ “13 000 litros de agua son necesarios para producir 1 kg de carne de vacuno;
- ✚ 3 920 litros de agua para producir 1 kg de pollo;
- ✚ 3 000 litros de agua para producir 1 kg de arroz;
- ✚ 2 700 litros de agua para producir 1 camiseta de algodón;
- ✚ 2 000 litros de agua para producir 1 kg de papel;
- ✚ 140 litros de agua para una taza de café.
- ✚ 230 litros de agua para un gramo de oro.
- ✚ 8000 litros de agua para un par de zapatos de piel.
- ✚ 4100 litros de agua para una camiseta de algodón.
- ✚ 2000 litros de agua para un vaso de leche.
- ✚ 190 litros de agua para un vaso de zumo de manzanas.
- ✚ 185 litros para una bolsa de patatas.
- ✚ 140 litros para una taza de café.
- ✚ 135 litros para un huevo.
- ✚ 70 litros para una manzana.

---

<sup>42</sup> Huella Hídrica. Página web: <http://www.huellahidrica.org/?page=files/home>

- ✚ 50 litros para una naranja.
- ✚ 35 litros para una taza de té.
- ✚ 10 litros para una hoja de papel A4".<sup>43,44</sup>

Ecuador tiene una huella hídrica equivalente a 1,218 m<sup>3</sup>/hab/año, la cual se aproxima al promedio mundial que es de 1,243 (Figura 17).<sup>45</sup>



**Figura 17.** Huella hídrica media de Ecuador y el Mundo (expresado en m<sup>3</sup>/hab/año)

Otro ejemplo que se destaca es la cantidad de agua que consume una persona que vive en Cuenca, que esta alrededor de los 220 litros/día.<sup>46</sup>

## 4.7 ZONA DE EXPERIMENTOS

### 4.7.1 Experimento 1: *Separamos la sal del agua*

#### Materiales

- Dos platitos de plásticos

<sup>43</sup> Wikipedia. Huella hídrica. Página web: [http://es.wikipedia.org/wiki/Huella\\_h%C3%ADdrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Huella_h%C3%ADdrica)

<sup>44</sup> Extraído de la página web de Ecosofía: [http://ecosofia.org/2008/04/huella\\_hidrica\\_cuanta\\_agua\\_gastamos.html](http://ecosofia.org/2008/04/huella_hidrica_cuanta_agua_gastamos.html)

<sup>45</sup> Hoekstra. Water Footprints of Nations 1997-2001. Página web: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)

<sup>46</sup> Programa Agua para Todos. ETAPA EP.

- Agua
- Sal
- Cucharilla
- Papel y rotulador negro.
- Lupa.

### Procedimiento

Teniendo ya la mezcla realizada, echamos un poco de la mezcla en un platito y la misma cantidad en el otro platito, pero esta vez sólo con agua.

Indicamos con un pequeño cartelito los contenidos de ambos platitos (agua y agua con sal).

Ponemos ambos platitos en la ventana para que les de el sol. Y observamos lo que sucede a la mañana siguiente.

Como dijimos en el experimento anterior una mezcla homogénea es aquella en que sus componentes no se diferencian, pero si mantienen sus propiedades. Con la evaporación del agua se pueden separar ambas sustancias y obtener la sal inicialmente echada.<sup>47</sup>

#### 4.7.2 Experimento 2: *Descubriendo las propiedades del agua*

En este sencillo experimento comprobaremos que, para que el agua se encuentre en reposo, debe estar sometida a la misma presión en toda su superficie. Y además comprobaremos que la presión atmosférica varía con la altura.

---

<sup>47</sup> Notas de experimentos en primaria e infantil. Página de Facebook: [http://es-es.facebook.com/note.php?note\\_id=184534158248249](http://es-es.facebook.com/note.php?note_id=184534158248249)

Para ello sólo necesitaremos 2 jeringuillas iguales (20 ml), un tubo cuyo diámetro interior se ajuste a la boquilla de las jeringuillas, dos daditos de porexpan y un matraz (o bien un pequeño recipiente con agua).



**Foto 47.** Jeringas unidas a través de un tubo.

En PRIMER LUGAR, quitamos los émbolos a las jeringuillas y unimos las boquillas de las mismas a través del tubo (Foto 47). Después, con cuidado, llenamos de agua una de las jeringuillas. El agua, automáticamente, fluirá hasta la otra jeringuilla. Seguimos echando agua hasta que las dos jeringuillas se llenen hasta un poco menos de la mitad.

Utilizaremos los daditos de porexpán para poder ver mejor el nivel del agua, ya que flotan en su superficie. Así que colocamos un dadito de porexpán en cada una de las jeringuillas (Foto 48).



**Foto 48.** Colocación de dos dados en cada uno de los extremos de las jeringas

AHORA, mantenemos las dos jeringuillas a la MISMA ALTURA, y observamos que el nivel del agua (señalado por los daditos de porexpán) es el mismo en ambas jeringuillas. Comprobamos que las dos jeringuillas están igual de llenas.



**Foto 49.** Obsérvese los cambios en el agua al subir y/o bajar uno de los tubos.

A continuación BAJAMOS un poco una de las jeringuillas hasta que se encuentre un poco más baja que la otra, y empezamos a observar cambios. El agua de la jeringuilla que hemos bajado comienza a subir, y la jeringuilla comienza a llenarse. En un momento dado, el flujo del agua se detiene, la jeringuilla más baja se ha llenado más, mientras que la otra se ha vaciado un poco (Foto 49). Observamos, de nuevo, que los dos daditos de porexpán se han recolocado otra vez hasta alcanzar ¡la misma altura!.

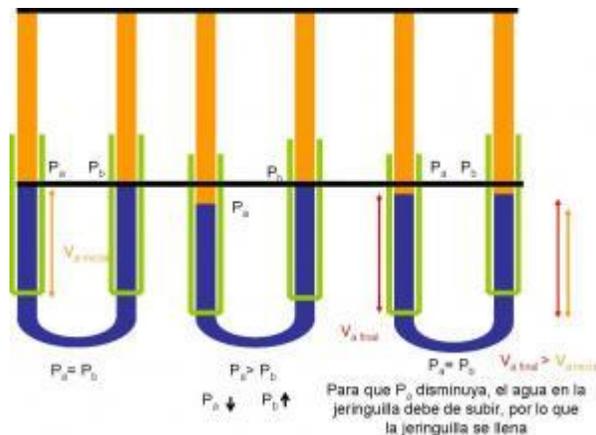


**Foto 50.** Al invertir los tubos se da el mismo proceso anterior

POR ÚLTIMO, ELEVAMOS un poco la jeringuilla hasta que sobrepase un poco a la otra, y enseguida empezamos a observar de nuevo cambios (Foto 50). El agua de la jeringuilla que hemos subido comienza a bajar, y la jeringuilla comienza a vaciarse. En un momento dado, el flujo del agua se detiene, la jeringuilla más alta se ha vaciado bastante, mientras que la otra se ha llenado más. Observamos, sin embargo, que los dos daditos de porexpán se han recolocado de nuevo hasta alcanzar ¡la misma altura!

¿POR QUÉ OCURRE ESTO?. ¿Por qué los daditos de porexpán acaban estando siempre a la misma altura?

La responsable de ello es la PRESIÓN ATMOSFÉRICA, que es la fuerza por unidad de superficie que la atmósfera ejerce sobre todos los objetos de la Tierra. En nuestro experimento, sobre cada una de las jeringuillas, existe una columna de aire atmosférico encima. Esta columna de aire, debido a que tiene masa, pesa, y ejerce una fuerza sobre la superficie del agua del interior de la jeringuilla (Figura 18).



**Figura 18.** Presión atmosférica ejercida por la atmósfera en la superficie del agua

En el primer caso, las dos jeringuillas son iguales (ofrecen la misma superficie interior) y están a la misma altura, por lo que las columnas de aire que tienen encima son iguales, y la presión sobre el agua es la misma.

Pero cuando bajamos una de las jeringuillas, la columna de aire que tiene encima se hace más grande, por lo que su peso es mayor, y la presión que ejerce también. Pero hemos visto que la superficie del agua de ambos lados tiene que estar a la misma presión. Por ello, el agua de la jeringuilla más baja debe disminuir su presión, y lo hace subiendo, por lo que comienza a fluir. La jeringuilla más baja se va llenando y la otra se va vaciando, hasta que ambas presiones se igualan, y esto ocurre cuando los daditos de porexpán en ambas jeringuillas se encuentran a la misma altura.

El proceso es el contrario cuando elevo la jeringuilla. La presión disminuye, por lo que el agua fluye para igualar las presiones, y sale de la jeringuilla que he subido entrando en la que ha quedado a menos altura. Por ello observo que la jeringuilla que he elevado se va vaciando (y la otra llenando) hasta que el agua alcanza la misma altura en las dos jeringuillas.<sup>48</sup>

#### 4.7.3 Experimento 3. *El agua fría se mezcla con el agua caliente*

En este experimento podremos ver si el agua fría y el agua caliente se mezclan. Es importante pedir la ayuda de un adulto y debes estar dispuesto a salir un poco mojado o a tener que secar la cocina al terminar.

##### Materiales:

- Dos frascos de vidrio del mismo tamaño
- Agua fría y agua caliente
- Colorantes de cocina azul y rojo
- Cartulina
- Tijeras
- Una bandeja

---

<sup>48</sup> Gluones: recursos para la física y la química en el bachillerato. Página web: <http://gluones.wordpress.com/2008/08/20/experimentos-con-agua-03/>

Procedimiento:

1. Coloca ambos frascos sobre la bandeja
2. Llena uno de ellos con agua caliente y añádele una gota de colorante rojo, llena el otro con agua muy fría y ponle colorante azul, el agua debe casi rebosar el frasco.
3. Ahora corta un trozo de cartulina que sea mayor que la boca de los frascos y colócala sobre el frasco azul, golpeala levemente para que se adhiera al la boca del frasco y lo selle completamente.
4. Ahora debes girar el frasco y colocarlo completamente hacia abajo, no de medio lado porque el agua se va a salir. Puedes practicar este paso antes para estar seguro de que puedes hacerlo.
5. Coloca el frasco sobre la boca del frasco rojo y pide a alguien que sostenga ambos frascos mientras tu halas la tarjeta.
6. ¿Qué sucede? ¿qué pasa con el agua de los frascos? ¿Se ha mezclado el color?



**Foto 51.** Frascos unidos, uno contiene agua caliente y el otro agua fría

Si todo ha salido bien el agua debe quedarse en su lugar ya que el agua caliente es menos densa que el agua fría y se conserva en la parte de arriba (Foto 51).

Ahora enjuaga los dos frascos y repite los pasos del 1 al 6, pero colocando el agua caliente (rojo) abajo y el agua fría (azul) arriba (Foto 52).



**Foto 52.** Proceso inverso, el frasco con agua fría se encuentra arriba y el frasco con agua caliente abajo. Observe como se mezclan las aguas.

¿Qué sucede ahora? Tan pronto retiras la barrera entre los dos frascos el agua caliente comienza a subir mezclándose con el agua fría formando agua de color violeta.

En el agua caliente las moléculas del agua se mueven rápidamente y comienzan a separarse, al crear espacio entre ellas y en el mismo volumen hay menos moléculas, lo que lo hace ligeramente más liviano y por lo tanto va hacia la superficie.<sup>49</sup>

#### 4.7.4 Experimento 4: *El proceso de escorrentía del agua*

##### Necesitas:

---

<sup>49</sup> Proyecto Azul. Página web: <http://www.proyectoazul.com/2009/02/el-agua-fria-se-mezcla-con-el-agua-caliente/>

- 1 vaso con agua
- 1 vaso vacío
- papel toalla

### Instrucciones:

1. Enrosca uniendo un par de papeles toalla hasta que parezcan una especie de sogá. Esta será la “mecha” que sirva para transportar el agua (algo así como la mecha de una vela que se encarga de llevar cera a la llama).
2. Pon un extremo de la mecha en el vaso lleno y el otro en el vaso vacío.
3. Observa los resultados. Tienes que tener paciencia (Figura 19).



**Figura 19.** Paso del agua de un vaso lleno a un vaso vacío

### Por qué funciona

Este debería ser el resultado: tus papeles toalla se empiezan a mojar; luego de unos minutos, verás que el vaso vacío se empieza a llenar, hasta que en un punto alcanza el mismo nivel de agua que el vaso que inicialmente estaba lleno. A este proceso se le llama acción capilar y lo que hace es permitir que el agua se transporte por los pequeños huecos de la fibra del papel toalla. Este proceso también se da en las plantas. Es así como el agua va de la raíz al resto de la planta.<sup>50</sup>

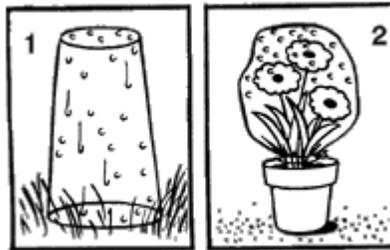
---

<sup>50</sup> Página web de Educared, zona de experimentos.  
<http://208.116.32.249/educared/estudiantes/experimentos/experimento.asp?id=50&title=agua-en-movimiento>

#### 4.7.5 Experimento 5. *La importancia de las plantas para la producción del agua*

La transpiración es un proceso mediante el cual las plantas desprenden vapor de agua a la atmósfera. Las raíces absorben el agua del suelo. El agua pasa a través del tallo al tronco, llega hasta las hojas y se evapora en el aire a través de ellas. También los tallos, las ramas y las flores desprenden vapor, aunque la mayor parte es emitida por las hojas. A continuación se exponen 5 experimentos que ilustran este importante proceso del ciclo del agua:

- a) Coge un vaso, o un frasco de cristal, y colócalo, boca abajo, sobre la hierba. Muy pronto verás que el agua, evaporándose de la hierba y el suelo, se condensará hasta formar gotitas de agua en el frasco (Figura 20).



**Figura 20.** Gotas de agua presentes en fundas plásticas colocadas sobre las plantas

- b) Riega una planta en su tiesto. Colócale encima una bolsa de plástico transparente y ponla al sol. Muy pronto verás cómo se forman gotitas de agua dentro de la bolsa (Figura 20).
- c) Llena tres botellas con una misma cantidad de agua. En la primera botella coloca una rama sin hojas. En la segunda una rama con pocas hojas. En la tercera una rama con muchas hojas. Después de unos pocos días verás que una gran cantidad de agua ha desaparecido de la tercera botella, de hecho, se ha evaporado a través de las hojas (Figura 21).



**Figura 21.** Botellas con agua en diferente proporción de acuerdo a las ramas presentes en ellas.

**d)** Esta experiencia nos muestra como la transpiración puede salvar su vida

A veces ocurre que algunos excursionistas o exploradores se encuentran sin agua potable. Pero si tienes un plástico fino transparente, que lleves encima, puedes conseguir fácilmente agua del aire. Sigue los siguientes pasos:

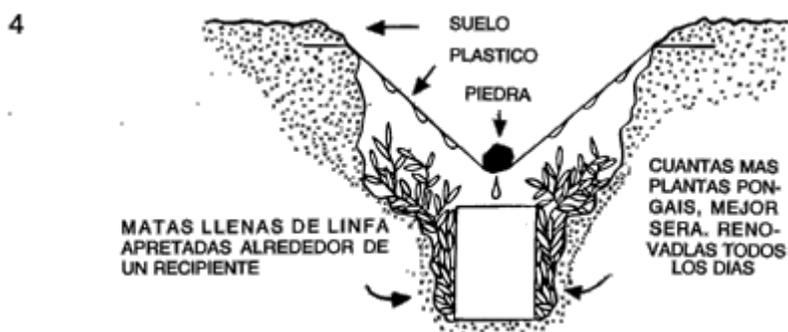
1. Excava un agujero de unos 75 m<sup>2</sup> y una profundidad de 45 cm.
2. En el centro del agujero coloca un recipiente cualquiera
3. Rodea el recipiente con arbustos cargados de hojas
4. Coloca el plástico (que deberá tener al menos un metro cuadrado) sobre el agujero, y sujétalo con piedras o tierra alrededor

Coloca una pequeña piedra en el centro del plástico, de forma que ésta última se incline sobre el recipiente (Figura 22).

### Cómo Funciona

El suelo y los arbustos que están en el agujero desprenden vapor de agua... y se produce, por tanto, la transpiración. La humedad del aire debajo del plástico se condensa en la parte inferior del plástico mismo. Las gotitas de agua se deslizan por el plástico hasta caer en el

recipiente (señala de manera visible el lugar. Cuando ya no necesites el agujero, vuela a taparlo con tierra)<sup>51</sup>



**Figura 22.** Experimento sobre la transpiración de las plantas para obtener agua.

## 5. QUE ESTÁ PASANDO CON EL AGUA

### 5.1. QUE ESTA PASANDO CON EL AGUA EN EL MUNDO

“En la agenda política internacional el tema de la escasez del agua se ha vuelto prioritario, por ejemplo, el acceso al agua es un punto importante de los acuerdos de paz entre Israel y sus vecinos. Pero este aspecto no está confinado al Medio Oriente, puesto que el compartir ríos es un asunto de índole de seguridad nacional, precisamente por la importancia del agua para el desarrollo; actualmente cerca del 40% de la gente en el mundo vive en más de 200 cuencas de ríos compartidos”.<sup>52</sup>

“El crecimiento de la población no sólo en Oruro sino en todo el mundo contribuye a que en un futuro este elemento vital que es el agua sea más escaso, además de que algunas instituciones privadas realizan una mala gestión y distribución del mismo”.<sup>53</sup>

<sup>51</sup> Página web de Meduco (Colectivo para el Mejoramiento de la Educación). Zona del agua: Página web: <http://www.meduco.org/colaboraciones/0004/textos/agua.html>

<sup>52</sup> La problemática del agua. Tomado de la página web de monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua/problemadelagua.shtml>

<sup>53</sup> Diario La Patria, jueves 7 enero 2010: <http://lapatriaenlinea.com/?t=crecimiento-de-la-poblacion-provoca-disminucion-en-la-oferta-del-agua&nota=13975>

“Y es que ante una situación de escasez del agua la amenaza se cierne sobre tres aspectos fundamentales del bienestar humano: la producción de alimentos, la salud y la estabilidad política y social. Esto se complica aún más si el recurso disponible se encuentra compartido, sin considerar el aspecto ecológico.

Es por esto que, la gestión del recurso deberá tender a evitar situaciones conflictivas debidas a escasez, sobreexplotación y contaminación, mediante medidas preventivas que procuren un uso racional y de conservación”.<sup>54</sup>

“Investigadores explicaron que el suministro de agua disponible debe repartirse entre un número cada vez mayor de personas, cada país tiene una cantidad más o menos fija de recursos hídricos internos, que se definen como el caudal medio anual de los ríos y acuíferos generados por las precipitaciones.

Con el tiempo esta reserva interna renovable se va dividiendo entre un número cada vez mayor de personas y actividades hasta que sobreviene la escasez del líquido elemento, las personas también provocan este problema al contaminar y sobreexplotar los suministros existentes.

De esta forma es que los expertos indican que para la descontaminación de los recursos hídricos en todo el mundo, se necesita inversiones sustanciales para un tratamiento de aguas residuales y adoptar una reglamentación más eficaz en todos los Estados, de esa forma evitar que la cantidad de agua requerida para diluir y transportar los desechos líquidos no irá en aumento.

Por otro lado, ya escuchamos que la cuarta guerra mundial será por el agua. Los investigadores calculan que, para aproximadamente 6.250 millones de habitantes en el planeta, se necesita un 20 por ciento más de agua.

---

<sup>54</sup> La problemática del agua. Tomado de la página web de monografias.com:  
<http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua/problemadelagua.shtml>

La pugna es entre quienes creen que el agua debe ser considerada un bien comerciable como el trigo o el café, y quienes expresan que es un bien social relacionado con el derecho a la vida por el cual se va luchando.

Sin embargo, el problema no es la falta de agua dulce potable, sino la mala gestión y distribución de los recursos hídricos, puesto que en muchos habitantes de países subdesarrollados, la mayoría niños mueren todos los años de enfermedades asociadas con la falta de agua potable, saneamiento adecuado e higiene.

Por ello es que los expertos recomiendan, que mientras contemos con este líquido elemental, aprender a racionalizar el agua y buscar estrategias que nos ayuden a ahorrar agua para cuando esta falte”.<sup>55</sup>

“La conceptualización de la conservación del recurso agua debe entenderse como un proceso que cruza a varios sectores, por lo que la estrategia debe considerar todo: lo económico, lo social, lo biológico, lo político, etc.

La calidad del agua son fundamentales para el alimento, la energía y la productividad. El manejo juicioso de este recurso es central para la estrategia del desarrollo sustentable, entendido éste como una gestión integral que busque el equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental a través de un mecanismo regulador que es la participación social efectiva.

El agua es un recurso imprescindible pero escaso para la vida. Menos del 1% del agua del planeta es dulce y accesible para el hombre aunque este porcentaje varía considerablemente según el lugar, el clima o la época del año”.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Diario La Patria, jueves 7 enero 2010: <http://lapatriaenlinea.com/?t=crecimiento-de-la-poblacion-provoca-disminucion-en-la-oferta-del-agua&nota=13975>

<sup>56</sup> La problemática del agua. Tomado de la página web de monografias.com: <http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua/problemadelagua.shtml>

## 5.2 *QUE ESTA PASANDO CON EL AGUA EN LATINOAMERICA*

“La presión sobre las fuentes de agua está en aumento en Latinoamérica, la región en desarrollo más urbanizada del mundo, con más de 80% de la población que vive en pueblos y ciudades, subraya un estudio de Naciones Unidas presentado en el VI Foro Mundial del Agua.

La congregación de seis días fue inaugurada en la ciudad de Marsella, al sur de Francia, por el primer ministro francés François Fillon, y entre los señalamientos presentados en el informe de la reunión, la urbanización excesiva, la globalización y el cambio climático son ahora los nuevos desafíos para la gestión del agua en América Latina y el Caribe.

El documento agrega que la creciente presión sobre el agua coloca a los gobiernos de la región frente a nuevos retos, para impulsar una distribución más equitativa del líquido vital y mejorar su acceso. Además de explicar que los desafíos relacionados tienen que ver con variaciones en el clima, con el desarrollo económico, y con la gestión.

El informe precisa que con las excepciones de México y algunas otras pequeñas naciones de Centroamérica, los países de la región basan gran parte de su economía en la exportación de recursos naturales, cuya producción demanda abundantes recursos hídricos.

“El aumento en la demanda global de recursos mineros, agrícolas y energéticos hará que aumente también la demanda de agua”, subraya el estudio, que nota que los “cambios económicos y sociales tienen consecuencias obvias en el uso del agua y la demanda de ésta”.

La producción de estos productos se financia en gran parte con capital externo y muchas de las instalaciones son de propiedad extranjera, “lo que tiene como resultado que el mayor motor de crecimiento económico en la región está sujeto a factores que caen fuera del control directo de los gobiernos nacionales”.

La expansión de la minería de cobre y oro en Chile y Perú se da sobre todo en zonas áridas, lo que genera una mayor competencia por el agua tanto por parte de la agricultura de exportación como para cubrir las necesidades de las poblaciones indígenas.

Otros factores importantes en el tema del agua son por eso los actores macroeconómicos relacionados con el comercio mundial y la naturaleza y la eficacia de los sistemas institucionales a los que corresponde la gestión del agua.

“los glaciares de la región ya están en retroceso debido al cambio climático”, lo que afecta al abastecimiento de agua de unos 30 millones de personas en la región. Cerca del 60% del agua de Quito y 30% de la de La Paz proceden de glaciares.”

El documento concluye señalando que “se observa una incapacidad general para crear instituciones capaces de enfrentar la gestión del agua en condiciones de escasez y conflicto”, pero nota algunos avances en países que han emprendido reformas de gestión, como Brasil y México, y en menor medida Argentina, Chile”.<sup>57</sup>

### *5.3 QUE ESTA PASANDO CON EL AGUA EN EL ECUADOR*

“El agua es uno de los bienes más importantes para el ser humano. Constituye parte integral de nuestras actividades productivas tan variadas como la agricultura o la generación de energía. Si bien el 70% de la superficie del planeta está cubierto por agua, la mayor parte es agua salina. Siendo así que el agua dulce, esencial para el consumo humano, resulta escasa, representando solamente el 2,5% del total del agua encontrada a través de la superficie.

A pesar de su relativa escasez, Ecuador es un país rico en recursos hídricos. Cuenta con una escorrentía media total de 432,000 hm<sup>3</sup> por año, lo que se traduce en 43,500 m<sup>3</sup> por habitante al año, siendo superior a la media mundial de 10,800 m<sup>3</sup> por habitante. Este volumen de agua, corre a través de las 79 cuencas hidrográficas y 137 sub-cuencas que

---

<sup>57</sup> Informe 21 Diario venezolano. Página web: <http://informe21.com/actualidad/12/03/13/en-america-latina-aumenta-la-poblacion-y-disminuye-el-agua>

posee el país. Estas cuencas, se encuentran distribuidas a lo largo de dos vertientes que nacen de la sierra ecuatoriana, las cuales son: vertiente del Pacífico (lado occidental) y vertiente del Amazonas (lado oriental)

No obstante, a pesar de ser Ecuador un país privilegiado en materia hídrica, este presenta un problema de distribución natural de la misma. En el caso de la vertiente del Pacífico, esta solamente distribuye el 11,5% del caudal hídrico. Cabe remarcar, que la vertiente del Pacífico cubre el 87% de la población del país y el 48% del territorio nacional, lo cual es una causa para el estrés hídrico que suele presentar el país; mientras que la vertiente Oriental distribuye el 88,5% del caudal hídrico del país, cubriendo solamente el 12,5% de la población y el 52% del territorio nacional.

Por otro lado, los usos del agua se dividen en: consuntivo y no consuntivo. En el caso del uso consuntivo, es aquel dentro del cual el agua no regresa a la corriente superficial o subterránea inmediatamente después de ser usada. A nivel nacional el uso consuntivo, está distribuido de la siguiente manera: el uso doméstico (12,3%), productivo (81%) e industrial (6,3%). A pesar que el uso doméstico, es uno de los principales usos del agua para la satisfacción de necesidades humanas y representa solo el 12,3% del uso consuntivo del agua, los servicios de agua potable y saneamiento no llegan al 100% de su cobertura a nivel nacional. De acuerdo a cifras oficiales, la cobertura de estos servicios fue del 67% para todos los hogares a nivel nacional. Luego, se tiene al uso no consuntivo del agua, el cual es aquel que utiliza el agua y la regresa inmediatamente a su entorno después de ser usada, un ejemplo de aquello es: la generación de energía hidroeléctrica, principal fuente de electricidad en el país.

A raíz de dichos aspectos en la distribución del agua, el Gobierno decidió crear la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) en el 2008, con el fin de velar y manejar con equidad la distribución de dicho recurso en el Ecuador. Adicionalmente, se han invertido USD 66 millones para programas, tales como: Socio Agua y Saneamiento Rural y el programa de agua potable con subvención fiscal. Además, el Ejecutivo ha buscado fortalecer a la SENAGUA a través de la Ley de recursos Hídricos, convirtiéndola en la

Autoridad única del agua, encargada de la regulación, aprovechamiento y control del agua, permitiendo así establecer las tarifas para el recurso y sancionar infracciones concernientes a su aprovechamiento. Actualmente, esta ley se encuentra en segundo debate.

Finalmente, debido a su escasez e importancia resulta imposible llegar a un consenso universal sobre su gestión, lo cual dificulta aún más su distribución. De modo que, en caso de aplicar derechos de propiedad a un bien considerado público por muchos, sustentado en un mercado libre, podría suministrar agua donde el Estado no ha logrado llegar. Tal como se dio en el caso argentino, donde tras la privatización del agua el 85% de las infraestructuras de distribución se crearon en los barrios más pobres de la ciudad de Buenos Aires”.<sup>58</sup>

#### 5.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

“La contaminación hidráulica o contaminación del agua es cuando se le agrega o echa algún material, y eso afecta a su comportamiento normal.

La contaminación de las aguas puede venir de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante sin duda es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana. Por otra parte una fuente superficial puede restaurarse más rápidamente que una fuente subterránea a través de ciclos de escorrentía estacionales. Los efectos sobre la calidad serán distintos para lagos y embalses que para ríos, y diferentes para acuíferos de roca o de arena y grava.

---

<sup>58</sup> Fundación Ecuador Libre. Documento escrito por Julio Clavijo Acosta donde constan las referencias citadas. Pagina web: [http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13:cap-no-157-qel-agua-y-su-situacion-en-el-ecuadorq&catid=3:capsula-de-entorno-economico&Itemid=12](http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=13:cap-no-157-qel-agua-y-su-situacion-en-el-ecuadorq&catid=3:capsula-de-entorno-economico&Itemid=12)

#### 5.4.1. Principales contaminantes del agua

Según la OMS (Organización Mundial de la salud) el agua está contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales. En los ríos y quebradas, los microorganismos descomponedores (bacterias y hongos) mantienen siempre igual el nivel de concentración de las diferentes sustancias que puedan estar disueltas en el medio. Este proceso se denomina *auto depuración del agua*. Cuando la cantidad de contaminantes es excesiva, la autodepuración resulta imposible.

Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- ✚ Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- ✚ Agentes infecciosos como: bacterias, parásitos y virus.
- ✚ Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- ✚ Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tenso-activas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- ✚ Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- ✚ Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- ✚ Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- ✚ Sustancias radioactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.

- ✚ El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

La contaminación tiende a concentrarse en los lugares próximos a las zonas habitadas e industrializadas. Así, la contaminación marina de origen atmosférico es, en determinadas zonas adyacentes a Europa (Báltico, mar del Norte, Mediterráneo), por término general, diez veces mayor que mar adentro, en el propio Atlántico norte; cien veces superior que en el Pacífico norte y mil veces más elevada que en el Pacífico sur. Sin embargo, y como consecuencia de la circulación general de los aires y de las aguas, cada año se detectan nuevos contaminantes en zonas tan apartadas como la Antártida –se ha encontrado DDT en la grasa de los pingüinos antárticos- o las fosas oceánicas”.<sup>59</sup>

## 5.5 ZONA DE EXPERIMENTOS

### 5.5.1 Experimento 1: *Atraer y repeler agua*

#### Materiales:

- Ensaladera con agua
- Fósforos
- Terrones de azúcar
- Trozo de jabón.

El azúcar y el jabón producen diferentes acciones cuando los ponemos en contacto con la superficie del agua.

#### Procedimiento:

Colocamos varios fósforos sobre el agua y estos flotarán. Cuando el terrón de azúcar toca la superficie del agua, en el centro de la ensaladera, los fósforos se acercan a él. Esto no

---

<sup>59</sup> El subcapítulo de Contaminación del agua, el cual incluye los principales contaminantes del agua ha sido extraído de la página web de Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_h%C3%ADrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_h%C3%ADrica)

ocurre porque el azúcar tiene “propiedades magnéticas” (si las tuviera tampoco atraería a los fósforos ya que no son de metal). El azúcar es sumamente poroso y el agua entra en los espacios existentes. El agua se mueve desde el lugar de mayor concentración (ensaladera con agua) al lugar de menor concentración (interior del terrón de azúcar).

Ahora reemplazamos el terrón de azúcar por un pequeño trozo de jabón. Observamos un fenómeno inverso, los fósforos se alejan. El jabón entrega rápidamente sobre la superficie del agua una película “aceitosa” (jabonosa) que cambia (disminuye) la tensión superficial del agua. El movimiento de esta película (alejándose del jabón) arrastra en su movimiento a los fósforos.

Hemos comprobado como dos diferentes tipos de fenómenos físico-químicos pueden transformarse en “combustible” para mover “cosas”.

### 5.5.2 Experimento 2: *Densidad del agua*

#### Materiales:

- Un huevo fresco
- Una jarra o vaso
- Agua
- Sal
- Una cuchara.

#### Procedimiento:

El agua líquida y el agua sólida (hielo) poseen las mismas moléculas pero las densidades son diferentes. El hielo puede flotar en agua líquida.

También podemos aumentar la densidad del agua líquida, aumentando la posibilidad de flotación de ciertos materiales que colocamos en agua.

En el vaso o jarra con agua introducimos un huevo fresco. La densidad del agua líquida es menor que la densidad del huevo. El huevo fresco no flota en agua líquida.

Podemos aumentar la densidad del agua con el agregado de sal. Mezclamos varias cucharadas con sal en el agua e introducimos nuevamente el huevo. Ahora el huevo flota ya que el agua salina tiene una densidad superior al agua sin sal.

El agua del Mar Muerto (en la frontera entre Israel y Jordania) es un claro ejemplo de agua con una altísima proporción de sal en su interior. Nos podemos “sentar” en el Mar Muerto sin hundirnos.<sup>60</sup>

### 5.5.3 Experimento 3: *Agua contra aceite:*

#### Que se necesita

- Gotero o pajilla de beber soda
- Vaso de Agua
- Aceite de cocina
- Vaso de papel o plástico
- Alcohol (Foto 53)



**Foto 53.** Ingredientes para el experimento agua contra aceite

---

<sup>60</sup> Los experimentos 1 y 2 han sido tomados de página web de Ciencia Online, zona de experimentos: <http://www.cienciaonline.com/2007/02/08/experimentos-con-agua/>

### Se hace esto

1. Succiona unas cuantas gotas de alcohol con el gotero.
2. Suelta lentamente el alcohol debajo de la superficie del agua en le vaso.
3. Vierte algo de aciete de cocina en un vaso de papel o plástico.
4. Rellena el gotero con algunas gotas de aceite de cocina (Foto 54).
5. Deja que el aceite se escurra del gotero justo debajo de la superficie del agua en el vaso.



**Foto 54.** Procedimiento del experimento agua contra aceite

### Qué ocurre

El alcohol desaparece pero el aceite forma burbujas que flotan a la superficie y se quedan flotando ahí. Las moléculas de agua y alcohol se atraen. Al dejar el gotero las moléculas de alcohol inmediatamente se aseguran a la molécula de agua más cercana. Las moléculas de alcohol y agua forman una solución.

Las moléculas de aciete y agua son opuestas y no se atraen unas a las otras. En realidad tratan de empujarse mutuamente. Las moléculas de aceite empujan contra la presión de las moléculas de agua que las rodean y forman unas burbujas de aceite. Como el agua es más pesada que el aceite, las burbujas de aciete son presionadas a salir a la superficie del agua.<sup>61</sup>

---

<sup>61</sup> Este experimento fue extraído de la página web de ciencia fácil: <http://www.cienciafacil.com/aguacontraaceite.html>

#### 5.5.4 Experimento 4: *¿Flota o se Hunde?*

##### Necesitas:

- 3 vasos grandes
- Un huevo
- Agua
- Sal

##### Montaje:

Llena dos vasos con agua, añade sal a uno de ellos, agítalo para disolverla. Coloca el huevo en el vaso que tiene solo agua y observa su comportamiento. Colócalo ahora en el que tiene agua con sal, observarás que flota. En el tercer vaso pon el huevo, añade agua hasta que cubra y un poco más. Agrega agua con sal, hasta que consigas que el huevo quede entre dos aguas (ni flota ni se hunde). Si añades agua, observarás que se hunde. Si agregas un poco de agua salada, lo verás flotar de nuevo (Figura 23).



**Figura 23.** Experimento del huevo en el agua: flota o se hunde.

##### ¿Qué sucede?

Sobre el huevo actúan dos fuerzas, su peso y el empuje (la fuerza que hace hacia arriba el agua). Si el peso es mayor que el empuje, el huevo se hunde. En caso contrario flota y si son iguales, queda entre dos aguas.

Al añadir sal al agua, conseguimos un líquido más denso que el agua pura, lo que hace que el empuje que sufre el huevo sea mayor y supere el peso del huevo: el huevo flota. Así también se puede explicar el hecho de que sea más fácil flotar en el agua del mar que en el agua de ríos y piscinas.<sup>62</sup>

### 5.5.5 Experimento 5: *Desentrañando la tensión superficial del agua*

Vamos a realizar un experimento muy sencillo en el que estudiaremos de qué depende la permeabilidad de un material y comprobaremos los efectos de la tensión superficial del agua.

Para ello sólo necesitamos una jeringuilla, dos botes (uno de ellos con tapa roscada), un trozo de tela (por ejemplo de un pañuelo) y una goma elástica.



**Foto 55.** Colocación de la tela sobre el recipiente plástico

En primer lugar, introducimos agua en un primer bote para, a partir de él, llenar una jeringuilla con agua.

Después, vamos a utilizar la tela como tapa del bote roscado, colocándola encima y ajustándola (bien tensa) con la goma elástica. Como verás parece que el bote lleva turbante (Foto 55).

---

<sup>62</sup> El experimento 4 fue tomado de la página web de Aguas del Valle, el agua experimentos: <http://portal.aguasdellvalle.cl/educacion/experimentos/flota-o-se-hunde/>

Proseguiremos acercando la jeringuilla con agua al bote que acabamos de preparar. Colocamos la jeringuilla apoyándola levemente sobre la tela (sin presionarla demasiado para que no se destense). Y ahora la vaciamos. Como comprobarás el AGUA ATRAVIESA la tela, sin prácticamente mojarla ni derramarse por fuera. Es como si la tela no existiera (Foto 56).



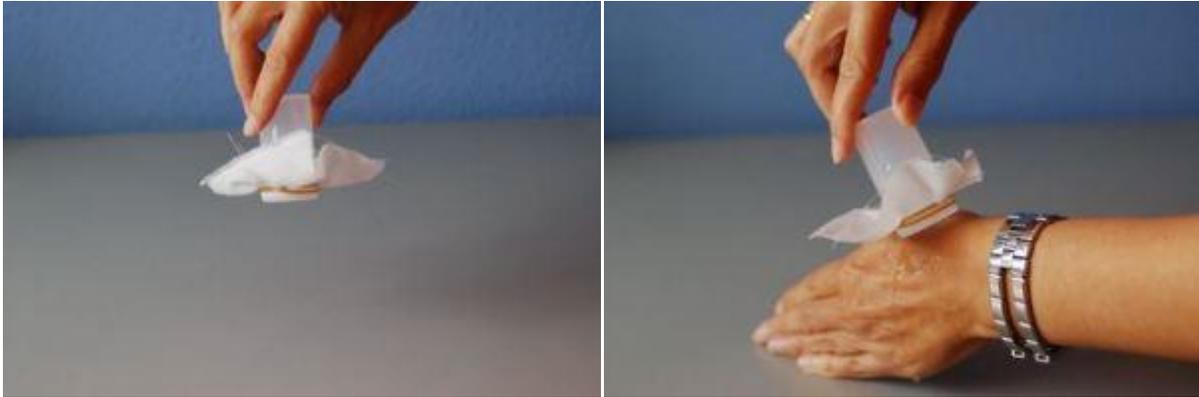
**Foto 56.** Colocación del agua sobre el recipiente tapado con la tela

¿Por qué ocurre esto?

Si hubieras realizado el experimento echando el agua desde el primer bote y no desde la jeringuilla comprobarías que poca agua entraría en el bote preparado, la mayor parte de ésta se desparramaría por la tela. ¿Por qué parece variar la permeabilidad de la tela, si en los dos casos su porosidad no se ha alterado y el fluido es el mismo?. ¿Qué es lo que ha cambiado?.

Efectivamente ha variado la presión del agua incidente. Como has podido comprobar la PERMEABILIDAD de un material depende de la PRESIÓN del fluido que lo quiere atravesar. Si la presión del agua aumenta, ésta atraviesa a mayor velocidad los poros del material.

Vamos a comprobar que la tela sigue bien tensa y ¡hop! ponemos el bote boca abajo. ¿Qué crees que ocurrirá ahora? (Foto 57). ¿Se saldrá el agua?. Al fin de al cabo la fuerza de la gravedad la está empujando hacia abajo. Pues bien, como puedes comprobar, el agua NO ATRAVIESA la tela y se mantiene dentro del bote, que no se vacía como esperabas (Fotos 57 y 58).



**Foto 57 y 58.** Se comprueba que el agua no cae desde el recipiente al ponerlo boca abajo.

¿Pero qué ocurre si apoyo el bote boca abajo sobre mi mano?. Fíjate, el agua comienza a atravesar la tela y empieza a fluir por la mano. Parece que ahora el agua sí hace caso a la fuerza de la gravedad. ¿Por qué ocurre esto?

Pues bien, la responsable de lo que ocurre en estas dos últimas experiencias es la tensión superficial del agua. Al poner el bote boca abajo y mantenerlo suspendido en el aire, la tensión superficial del agua mantiene a sus moléculas unidas formando una delgada película, y el agua no atraviesa la tela. Pero al rozar la tela con un cuerpo rugoso (en este caso la mano) se rompe la tensión superficial del agua, y por ello el agua comienza a fluir hacia abajo como consecuencia de la gravedad.<sup>63</sup>

## *5.6 OTRAS CAUSAS PARA QUE EL AGUA DE CONSUMO SE ESTÉ REDUCIENDO*

“Aunque el agua de grifo está clasificada como agua apta para el consumo humano, en realidad, contiene muchos elementos nocivos para la salud, los cuales no producen la muerte instantánea pero perjudican al organismo y, a la larga, según la opinión de muchos expertos, son responsables de la aparición de muchas enfermedades degenerativas como el

---

<sup>63</sup> Página web Gluones, experimentos con agua: <http://gluones.wordpress.com/2008/08/12/experimentos-con-agua-01/>

cáncer, enfermedades de corazón, etc. El agua se contamina fundamentalmente por las siguientes causas y esto reduce el agua de consumo humano:

- ✚ Contaminación industrial: viene producida por los vertidos que las industrias realizan directamente en los ríos o en la atmósfera a través de las chimeneas de expulsión de los humos. Las partículas expulsadas al aire se depositan con la lluvia en el suelo y se filtran hacia los acuíferos subterráneos contaminando las aguas.
- ✚ Contaminación agrícola y ganadera: es aquella que se produce por el tratamiento de los productos con herbicidas y abonos químicos. Estos productos se incorporan al agua por filtración del terreno hacia las aguas subterráneas.  
Las explotaciones ganaderas también son responsables de la contaminación del agua, fundamentalmente por la producción de grandes cantidades de residuos orgánicos en forma de purinas que producen la contaminación de acuíferos.
- ✚ Contaminación doméstica o urbana: Es la producida por hogares al verter en el desagüe gran cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos. Entre todos podríamos mencionar los plásticos, el vidrio, el papel usado en los baños, restos de muebles o electrodomésticos o las materias fecales ricas en bacterias. A los vertidos voluntarios que son filtrados mediante depuradoras, hay que sumar aquellos que se producen de una manera accidental por roturas o escapes en las conducciones y que se filtran directamente hacia el subsuelo.

A la contaminación doméstica hay que añadir la producida por los autos en las ciudades y carreteras con emisión de humos que depositados por la lluvia son responsables, junto con las emisiones de las industrias, de la lluvia ácida. No se deben olvidar tampoco los vertidos incontrolados de aceites de motor, sumamente contaminantes, los líquidos de frenos, etc”.<sup>64</sup>

---

<sup>64</sup> Tomado de la pagina web Bonical On Line – Aguas contaminadas: <http://www.botanical-online.com/aguacontaminantes.htm>

## 6. LO QUE VAMOS HACER PARA CONSERVAR EL AGUA

De acuerdo a la experiencia del catedrático Jorge Montaña expuesto en el I Congreso Ecuatoriano de Hidrogeología (2005) a nivel mundial se evidencian 3 escenarios posibles.

En el **primer escenario** aumenta la demanda de agua, la línea de pobreza alcanzará valores de 3 billones de habitantes que continuarán con problemas de abastecimiento. Habrá más conflictos y los países poderosos se pelearán por el acceso y control del agua.

En el **segundo escenario** los países con más desarrollo tecnológico se verán en la obligación de crear fondos de asistencia social para los países pobres.

En el **último escenario** posible se crean nuevas formas de organización en torno al agua, que respeten los valores y principios locales. El agua pasa a ser un bien común.<sup>65</sup>

Por otro lado, algunas instituciones internacionales propusieron escenarios para el uso del agua dando como resultado historias diferentes pero con temas en común, siendo las características principales para las próximas cuatro décadas las siguientes:

- Crecimiento continuado de la población y rápida urbanización. Se piensa que la población alcanzará la cifra de 9 mil millones para el año 2050 donde los dos tercios vivirán en ciudades. Esto exigirá aumentar significativamente la productividad a fin de garantizar que una menor cantidad de productores rurales satisfacen las necesidades urbanas.
- Creciente demanda de agua donde las extracciones para los países en desarrollo serán un 27% mayores en 2035 que en 1995. El agua de riego no experimentará un

---

<sup>65</sup> Jorge Montaña. 2005. Tomado del I Congreso Ecuatoriano de Hidrogeología.

crecimiento significativo tanto como el agua para industria, centros urbanos y cría de ganado.<sup>66</sup>

### *6.1 LO QUE VAMOS HACER PARA CUIDAR EL AGUA*

En el lugar donde vivimos es importante reconocer que ecosistemas existen y realizar compromisos para cuidar y conservar el agua. Algunos de ellos podrían estar relacionados con:

- Sembrando árboles cerca de las fuentes, ríos, parques, parques lineales, etc.
- No quemar los bosques, páramos, chaparros o lugares con vegetación.
- Hacer campañas de protección de flora y fauna
- Hacer un inventario de las plantas y animales que hay en mi comunidad.
- No tener animales silvestres como mascotas en mi casa.

Al cuidar la vegetación también cuidamos la fauna, ya que ahí se encuentra el habitat de estas especies, es decir su casa. Existen algunos documentos de referencia para consultar sobre la biodiversidad de la zona como la guía de animales del Parque Nacional Cajas elaborado por ETAPA EP.

#### 6.1.1 Que puedo hacer yo para cuidar el agua

- ✚ Cerrando las llaves de agua después de utilizarla.
- ✚ Lavarme los dientes con un vaso de agua.
- ✚ Ducharme en el menor tiempo posible.
- ✚ Regar las plantas en la mañana o en la tarde.
- ✚ Usar detergentes biodegradables.
- ✚ Lavar el carro con una cubeta de agua.

---

<sup>66</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2006. Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: poder, pobreza y crisis mundial del agua. Grupo Mundi-Prensa, Madrid, España.

### 6.1.2 Que puede hacer mi Escuela para cuidar el agua

- ✚ Cerrar las llaves de agua después de utilizarlas.
- ✚ Cuidar que no hay fugas en las llaves de agua y en los inodoros.
- ✚ Sembrar plantas en mi escuela y a sus alrededores.
- ✚ Revisar las cañerías del agua.

### 6.1.3 Que puede hacer mi comunidad y/o ciudad para cuidar el agua

- ✚ Realizar campañas de ahorro de agua.
- ✚ Hacer un desfile por el día del agua.
- ✚ Sembrar árboles.
- ✚ Recoger la basura para que no se taponen las rejillas de las calles.

## GLOSARIO

**Agua residual:** define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.

**Agua clarificada=sin turbiedad= cristalina**

**Aguas subterráneas=Agua que esta debajo de la tierra**

**Actividad Antrópica:** cualquier acción o intervención realizada por el ser humano sobre la faz del planeta. Son actividades antrópicas, por ejemplo: la deforestación, la pesca, la agricultura, las mayoría de las emisiones de gases de carbono a la atmósfera (de origen fabril, vehicular, etc.)

**Alfadamus:** Alfadamus, fue fundada el 17 de Octubre de 1957, en la provincia del Guayas, en el recinto Petrillo Km. 30 vía Daule, Para ello, la compañía ha utilizado el principal elemento "La Arcilla", para la elaboración de baldosas, adoquines, plaquetas, bloques vistos, ladrillos, etc.

**Antropogénico:** se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

**Arquitectura popular:** la arquitectura popular como el arte popular, es la arquitectura de las clases populares, realizada por los propios usuarios o por artesanos con escasa instrucción, los cuales construyen diversos tipos de edificios, básicamente los alojamientos

de las áreas rurales, así como diversos tipos de edificaciones auxiliares destinadas a fines propios o secundarios, relacionados con la vida y el trabajo.

**Cohesión:** es la atracción intermolecular entre moléculas semejantes. La cohesión junto con la adhesión son las dos causas de la Capilaridad, que es un ejemplo de Tensión Superficial.

**Depuración:** el procedimiento y el resultado de depurar se conoce como depuración. El verbo depurar, por su parte, refiere a purgar, higienizar, filtrar o reacondicionar una cosa.

**Deshidratación:** en este caso es la eliminación de líquido del lodo para evitar la putrefacción y la proliferación de microorganismos.

**Desarenado:** tiene como objetivo separar partículas más pesadas que el agua como arena y piedra pequeñas.

**Dique:** un dique es un terraplén para evitar el paso del agua, puede ser natural o artificial, por lo general de tierra y paralelo al curso de un río o al borde del mar.

**Ecogrupo:** grupo de escolares que realizan actividades y campañas de concientización ambiental.

**Ecosistema:** es un sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo).

**El Enlace Covalente:** se presenta cuando dos átomos comparten electrones para estabilizar la unión.

**El tiempo de residencia-Agua:** de un reservorio dentro del ciclo hidrológico es el tiempo medio que una molécula de agua pasará en esa reserva

**El Torio:** el torio es un elemento químico, de símbolo Th y número atómico 90, El torio pertenece a la familia de las sustancias radiactivas.

**Energía térmica:** es aquella que produce calor y ésta se genera a causa del movimiento acelerado de las partículas que constituyen la materia (energía cinética).

**Escorrentía subterránea:** parte del agua que se infiltra y alcanza la zona saturada y que, eventualmente, puede llegar a un curso de agua superficial.

**Escorrentía media=promedio de escorrentía anual.**

**Estiaje:** Es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía

**Estrés hídrico:** sucede cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible durante un periodo determinado de tiempo o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

**Evapotranspiración:** como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

**Exotérmica:** cualquier reacción química que desprende calor. Se da principalmente en las reacciones de oxidación. Cuando esta es intensa puede dar lugar al fuego.

**Filtros banda:** características Filtro Banda. Es un conjunto de rodillos por los cuales se trasladan dos bandas filtrantes independientes y sin fin, entre las cuales se deshidrata el fango aprovechando varios principios físicos, gravedad, presión, etc.

**Flujos base:** entradas de agua subterránea al río

**Grifo= Llave de agua**

**Hábitat:** es el espacio que reúne las condiciones adecuadas para que la especie pueda residir y reproducirse, perpetuando su presencia.

**Hidroeléctrica:** es la generación de energía eléctrica a partir de la energía hidráulica

**Indicador geográfico= Ubicación**

**Infiltración:** es la penetración del agua en el suelo

**Interacciones ecológicas:** es cuando organismos de la misma y de diferentes especies establecen relaciones o asociaciones.

**Isotérmico:** se dice del proceso en que la temperatura permanece constante.

**La adhesión:** es la propiedad de la materia por la cual se unen dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.

**La electronegatividad:** es la medida de la capacidad de un átomo (o de manera menos frecuente un grupo funcional) para atraer hacia él los electrones, cuando forma un enlace químico en una molécula

**La esorrentía:** son aguas que fluyen por la superficie terrestre, habitualmente después de producirse las lluvias, ejemplo de los pequeños riachuelos que se forman aleatoriamente cuando el agua busca su camino por gravedad.; y estacional que se da es épocas del año.

**La esorrentía superficial:** describe el flujo del agua, lluvia, nieve, u otras fuentes, sobre la tierra, y es un componente principal del ciclo del agua.

**La floculación:** es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado; este proceso se puede dar de forma mecánica por motores y hélices que ayudan a la mezcla y po fuerza hidraulica que ayuda de igual forma a realizar la mezcla.

**La Revolución liberal:** también conocida como Guerra civil ecuatoriana fue un movimiento revolucionario en contra de los gobiernos de carácter conservador, e impulsado por varias facciones insurgentes lideradas por Eloy Alfaro. La revolución tiene como fecha

inicial el 5 de Junio de 1895 luego de que en [Chone] Alfaro fuera proclamado como Jefe Supremo. Posteriormente Alfaro fue nominado Presidente Constitucional del Ecuador.

**Los procesos geológicos:** son las distintas transformaciones que sufrió la tierra, me refiero al planeta tierra, en cuanto a su geología. Tiene que ver con la formación de los continentes, las placas tectónicas, el relieve.

**Los sistemas hidrográficos:** consisten en unidades complejas de regulación del flujo de aguas superficiales y sub-superficiales, presentando límites determinados por relieve, caracterizado por el proceso de entrada y salida de aguas ocurrentes a través de las precipitaciones, escorrentía, infiltración y almacenaje, de cuya ocurrencia depende el abastecimiento de agua de los asentamientos humanos.

**Microcuenca:** terreno delimitado por las partes altas de una montaña, donde se concentra el agua lluvia que es consumida por el suelo para luego desplazarse por un cauce y desembocar en una quebrada, río o lago.

**Per cápita:** es una locución latina de uso actual que significa literalmente *por cada cabeza*, esto es, por una persona o un individuo.

**Proceso de espesamiento:** remover la mayor cantidad de agua que sea posible antes de la deshidratación final.

**Procesos erosivos:** degradación de los suelos

**Reguladores hídricos:** son sistemas que mantienen a niveles óptimos la cantidad de agua tanto en la época de excesiva lluvia como en épocas de estiaje.

**Reintegración convenientemente depurada a la naturaleza = Devolver adecuadamente limpiada a la naturaleza.**

**Saturado:** que esta lleno o no permite el ingreso de mas agua.

**Suelo orgánico:** suelo caracterizado por presentar una enorme cantidad de *materia orgánica* en su composición básica.

**Sustancias hidrofóbicas:** son aquellas sustancias que, por ser apolares, no se disuelven bien en agua; porque sus moléculas no logran unirse a las del agua, que son polares.

**Sustancias radioactivas:** es una sustancia que emite radiación, que es una propiedad de los isótopos que son "inestables" y pierden energía en forma de emisiones electromagnéticas o partículas con una determinada energía cinética.

**Sustancias tenso-activas:** son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases (p.ej., dos líquidos insolubles uno en otro).

**Tasa de renovación:** es la cantidad de agua que sale o entra de un determinado compartimento (lago, mar, río,...) por unidad de tiempo, dividido por el volumen del agua de este compartimento.

**Tensión superficial:** de un líquido a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área.<sup>1</sup> Esta definición implica que el líquido tiene una resistencia para aumentar su superficie.

**Tubo capilar:** es una conducción de fluido muy estrecha y de pequeña sección circular. Su nombre se origina por la similitud con el espesor del cabello.

**Turbera:** es un tipo de humedal ácido en el cual se ha acumulado materia orgánica en forma de turba. Las turberas son cuencas lacustres generalmente de origen glaciar que actualmente están repletas de material vegetal más o menos descompuesto y que conocemos como turba de agua dulce.

**Un acuífero:** es un terreno rocoso permeable dispuesto bajo la superficie, en donde se acumula y por donde circula el agua subterránea.

**Variedad lacustre= Variedad de lagunas**

**Vertidos líquidos industriales:** las aguas residuales procedentes de los procesos propios de la actividad de las instalaciones industriales e industrias con presencia de sustancias disueltas o en suspensión.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Astudillo, F. y L. Bermeo. 2011. Diseño de un sistema automatizado de secado, almacenamiento y despacho de lodos deshidratados de la planta de tratamiento de agua potable Sustag y simulación mediante un software especializado. Tesis de Grado.

Barrantes, G., Chaves H y M. Vinueza. s/a. El bosque en el Ecuador: una visión transformada para el desarrollo y la conservación.

Centro del Agua para América Latina y el Caribe. 2010. Recursos Hídricos Ecuador 2010.

Cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de América. 1998. Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador.

Dirección de Gestión Ambiental ETAPA, 1998: Casona de Ucubamba. Tríptico de difusión Etapa 2009. Gestión de agua potable, saneamiento, y gestión ambiental. Capítulo 4. Informe de labores 2004-2009.

ETAPA. 2010. Mejoramiento Integral del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucubamba. Memoria Técnica del Proyecto.

ETAPA. 2012. Programa Agua para Todos.

García, I., Anibal, A., Niño, A., Rivas, A., y L. Domínguez. 2004. La relación agua-bosque: delimitación de zonas prioritarias para pago de servicios ambientales hidrológicos en la cuenca del río Gavilanes, Coatepec, Veracruz.

Hoekstra. Water Footprints of Nations 1997-2001. Página web: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)

Lloret, P. Áreas Protegidas versus servicios ambientales. Página web: <http://www.condesan.org/e-foros/paramos2/PonenciaPLTema3.htm>

Montaño, J. 2005. Presentación en el I Congreso Ecuatoriano de Hidrogeología.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2006. Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: poder, pobreza y crisis mundial del agua. Grupo Mundi-Prensa, Madrid, España.

Galárraga - Sánchez, R. 2000. Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador.

### ***Comunicaciones Personales***

Flores, Iván. (Coordinador de Educación Ambiental, Dirección de Gestión Ambiental - ETAPA EP, Cuenca, Ecuador).

Aquilla, Ruth. (Coordinadora del MICPA, Dirección de Gestión Ambiental – ETAPA EP, Cuenca, Ecuador).

Crespo, Javier. (Coordinador de Residuos Peligrosos, Dirección de Gestión Ambiental – ETAPA EP, Cuenca, Ecuador).

### ***Fuentes del Internet***

Aguas del Valle. 2012. El agua experimentos. Home page: <http://portal.aguasdelvalle.cl/educacion/experimentos/flota-o-se-hunde/>. Consulta: 17 Junio 2012.

Austral Tv. 2012. Home page: [http://www.australv.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1227:etapa-y-emapal-firmaron-convenio-estrategico-para-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales&catid=5:prov&Itemid=69](http://www.australv.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1227:etapa-y-emapal-firmaron-convenio-estrategico-para-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales&catid=5:prov&Itemid=69). Consulta: 20 Julio 2012.

Bonical On Line. 2012. Aguas contaminadas. Home page: <http://www.botanical-online.com/aguacontaminantes.htm>. Consulta: 11 Julio 2012.

Centro Virtual de Información sobre el Agua. 2012. Home page. [http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_content&view=category&id=18&Itemid=300081](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=category&id=18&Itemid=300081). Consulta: 07 Abril 2012.

Ciencia fácil. 2012. Home page: <http://www.cienciafacil.com/aguacontraaceite.html>. Consulta: 03 Agosto 2012.

Ciencia Online. 2012. Zona de experimentos. Home page: <http://www.cienciaonline.com/2007/02/08/experimentos-con-agua/>. Consulta: 25 Julio 2012.

Comisión Nacional en Defensa del Agua y Vida. 2012. Home page: [http://www.aguayvida.org/recursoshidricos\\_disponibilidad\\_agua\\_mundo.html](http://www.aguayvida.org/recursoshidricos_disponibilidad_agua_mundo.html). Consulta: 14 Agosto 2012.

Diario El Mercurio. 2012. Home page: <http://www.elmercurio.com.ec/338798-nueva-planta-tratar-a-aguas-residuales-de-tres-ciudades.html>. Consulta: 28 Junio 2012.

Diario La Patria. Nota de prensa 2010. Home page: <http://lapatriaenlinea.com/?t=crecimiento-de-la-poblacion-provoca-disminucion-en-la-oferta-del-agua&nota=13975>. Consulta: 02 Agosto 2012.

Ecosofía. 2012. Home page: [http://ecosofia.org/2008/04/huella\\_hidrica\\_cuanta\\_agua\\_gastamos.html](http://ecosofia.org/2008/04/huella_hidrica_cuanta_agua_gastamos.html). Consulta: 01 Septiembre 2012.

Educación Ambiental en República Dominicana. 2012. Home page: <http://www.jmarcano.com/index.html>. Consulta: 05 Julio 2012.

Educación ambiental en República Dominicana. 2012. Home page: <http://www.jmarcano.com/nociones/ciclo1.html>. Consulta: 23 Mayo 2012.

Educared Fundación Telefónica. Zona de experimentos. 2012. Home page: <http://208.116.32.249/educared/estudiantes/experimentos/experimento.asp?id=27&title=canalizando-el-agua>. Consulta: 15 Agosto 2012.

Educared Fundación Telefónica. Zona de experimentos. 2012. Home page: <http://208.116.32.249/educared/estudiantes/experimentos/experimento.asp?id=50&title=agua-en-movimiento>. Consulta: 15 Agosto 2012.

El Páramo. 2012. Home Page: [http://www.lyonia.org/articles/rbusmann/article\\_266/html/article.htm](http://www.lyonia.org/articles/rbusmann/article_266/html/article.htm). Consulta: 20 Junio 2012.

ETAPA EP. 2012. Programa Protección de Fuentes Hídricas. Home Page: [http://www.etapa.net.ec/DGA/dga\\_pro\\_fue\\_hid\\_man\\_com.aspx](http://www.etapa.net.ec/DGA/dga_pro_fue_hid_man_com.aspx). Consulta: 11 Agosto 2012.

ETAPA EP. 2012. Home page: [http://www.etapa.net.ec/DGA/DGA\\_tra\\_agu\\_res\\_inf\\_gen.aspx](http://www.etapa.net.ec/DGA/DGA_tra_agu_res_inf_gen.aspx). Consulta: 09 Julio 2012.

ETAPA EP. 2012. Home page Parque Nacional Cajas: [http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC\\_viscaj\\_des\\_gen.aspx](http://www.etapa.net.ec/PNC/PNC_viscaj_des_gen.aspx). Consulta: 20 Septiembre 2012.

ETAPA EP. 2012. Home page: Planta El Cebollar:  
[http://www.etapa.net.ec/Agua/agua\\_pot\\_pla\\_pot\\_ceb.aspx](http://www.etapa.net.ec/Agua/agua_pot_pla_pot_ceb.aspx). Consultado: 13 Julio 2012.

ETAPA EP. 2012. Home page: Planta de Tixán:  
[http://www.etapa.net.ec/Agua/agua\\_pot\\_pla\\_pot\\_tix.aspx](http://www.etapa.net.ec/Agua/agua_pot_pla_pot_tix.aspx). Consulta: 12 Julio 2012.

ETAPA EP. 2012. Home page: Plantas de Potabilización Rurales:  
[http://www.etapa.net.ec/Agua/agua\\_pot\\_pla\\_pot\\_rur.aspx](http://www.etapa.net.ec/Agua/agua_pot_pla_pot_rur.aspx). Consulta: 14 Julio 2012.

Experimentos con el Agua. 2012. Home page:  
<http://centros3.pntic.mec.es/cp.la.canal/agua/experim.htm>. Consulta: 02 Septiembre 2012.

Facebook. 2012. Notas de experimentos en primaria e infantil. Home page: [http://es-es.facebook.com/note.php?note\\_id=184534158248249](http://es-es.facebook.com/note.php?note_id=184534158248249). Consulta: 9 Julio 2012.

Fundación Ecuador Libre. 2012. Home page:  
[http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=801:ace-no-205-qel-agua-en-el-ecuador-abundante-pero-mal-administrada&catid=2:analisis-de-coyuntura-economica&Itemid=11](http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=801:ace-no-205-qel-agua-en-el-ecuador-abundante-pero-mal-administrada&catid=2:analisis-de-coyuntura-economica&Itemid=11). Consulta: 20 Junio 2012.

Fundación Ecuador Libre. 2012. Documento escrito por Julio Clavijo Acosta. Home page:  
[http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13:cap-no-157-qel-agua-y-su-situacion-en-el-ecuadorq&catid=3:capsula-de-entorno-economico&Itemid=12](http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=13:cap-no-157-qel-agua-y-su-situacion-en-el-ecuadorq&catid=3:capsula-de-entorno-economico&Itemid=12). Consulta: 20 Junio 2012.

Gluones. 2012. Recursos para la física y la química en el bachillerato. Home page:  
<http://gluones.wordpress.com/2008/08/20/experimentos-con-agua-03/>. Consulta: 03 Agosto 2012.

Gluones. 2012. Experimentos con agua. Home page:  
<http://gluones.wordpress.com/2008/08/12/experimentos-con-agua-01/>. Consulta: 03 Agosto 2012.

Huella Hídrica. 2012. Home page: <http://www.huellahidrica.org/?page=files/home>. Consulta: 01 Septiembre 2012.

Informe 21 Diario venezolano. 2012. Home page: <http://informe21.com/actualidad/12/03/13/en-america-latina-aumenta-la-poblacion-y-disminuye-el-agua>. Consulta: 03 Julio 2012.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2012. Home page:  
<http://www.imta.gob.mx/educacion-ambiental/aprende/nubes.swf>. Consulta: 14 Agosto 2012.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2012. Home page:  
<http://www.imta.gob.mx/educacion-ambiental/aprende/escarcha.swf>. Consulta: 14 Agosto 2012.

La Guía. 2012. <http://biologia.laguia2000.com/bioquimica/composicion-quimica-del-agua>. Consulta: 11 Agosto 2012.

Meduco (Colectivo para el Mejoramiento de la Educación). 2012. Zona del agua: Home page: <http://www.meduco.org/colaboraciones/0004/textos/agua.html>. Consulta: 20 Julio 2012.

Miliarium. 2012. Home page: [http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/PHN/Ciclo\\_Hidrologico.asp](http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/PHN/Ciclo_Hidrologico.asp). Consulta: 28 Abril 2012.

Monografias.com. 2012. La problemática del agua. Home page: <http://www.monografias.com/trabajos14/problemadelagua/problemadelagua.shtml>. Consulta: 11 Julio 2012.

Municipio de Cuenca. 2012. Home page: <http://www.cuenca.gov.ec/?q=node/10941>. Consulta: 17 Mayo 2012.

Municipio de Cuenca. 2012. Home page: <http://www.cuenca.gov.ec/?q=node/10694>. Consulta: 02 Marzo 2012.

Proyecto Azul. 2012. Home page. <http://www.proyectoazul.com/2009/02/el-agua-fria-se-mezcla-con-el-agua-caliente/>. Consulta: 16 Julio 2012.

Slideshare. 2012. Home page: <http://www.slideshare.net/asbonetti/el-agua-en-la-naturaleza-8381208>. Consulta: 25 Agosto 2012.

Wikipedia. 2012. Home page: [http://es.wikipedia.org/wiki/Mol%C3%A9cula\\_de\\_agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Mol%C3%A9cula_de_agua). Consulta: 23 Julio 2012.

Wikipedia. 2012. Home page: [http://es.wikipedia.org/wiki/Cambio\\_de\\_estado](http://es.wikipedia.org/wiki/Cambio_de_estado). Consulta: 01 Septiembre 2012.

Wikipedia. 2012. Home page: <http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>. Consulta: 23 Agosto 2012.

Wikipedia. 2012. Home page: [http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_h%C3%ADrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_h%C3%ADrica). Consulta: 02 Agosto 2012.

Wikipedia. 2012. Huella hídrica: Home page: [http://es.wikipedia.org/wiki/Huella\\_h%C3%ADrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Huella_h%C3%ADrica). Consulta: 02 Septiembre 2012.