

Evaluación de la contaminación en el sistema de riego acequia El Tambo, para optimización del recurso hídrico.



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

#### **“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL SISTEMA DE RIEGO ACEQUIA EL TAMBO, PARA OPTIMIZACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO”**

##### **AUTOR**

Santiago Javier Jiménez C.

##### **DIRECTOR**

Ing. Reney Cadena.

##### **ASESORES**

Ing. Elizabeth Velarde

Ing. Oscar Rosales

Blgo. Galo Pabón.

**Ibarra – Ecuador**

**2015**

**Lugar de investigación:** Directorio de Aguas de la acequia El Tambo Bolívar - Ecuador

**HOJA DE VIDA**



**APELLIDOS:** JIMENEZ CADENA

**NOMBRES:** SANTIAGO JAVIER

**C. CIUDADANIA:** 1003445747

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 062600987

**TELÉFONO CELULAR:** 0989238132

**E- mail:** Santiago.javier347@hotmail.com

**DIRECCIÓN:**

Imbabura, Ibarra, Av. Eloy Alfaro

**FECHA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO:** 26 de Junio del 2015

### Formato de Registro Bibliográfico

**SANTIAGO JAVIER JIMENEZ CADENA** “Evaluación de la contaminación en el sistema de riego acequia El Tambo, para optimización del recurso hídrico”  
TRABAJO DE GRADO.

Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte.  
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra. EC. Junio del 2015.

**DIRECTOR: *Ing. Reney Cadena***

La presión ejercida sobre los recursos hídricos es cada vez más fuerte, frente a este proceso la academia se debe involucrar para realizar estudios que ayuden a optimizar el recurso hídrico en el país, La contaminación y la degradación ambiental a afectado la calidad y cantidad del agua, esto provoca que conflictos sociales por satisfacer las necesidades por demanda del agua. En el Ecuador la mayoría de sistemas de riego son administrados por las mismas comunidades a través de juntas de beneficiarios, debido a la falta de conocimientos y la problemática antes planteada en la actualidad muchos de estos sistemas han colapsado, otros entraron en conflicto con otras comunidades debido al déficit hídrico (Ejemplo comunidades Pesillo – Imbabura) y los precarios métodos de riego que involucran grandes volúmenes de agua. En función del tiempo el agua es un recurso limitado, este debe ser administrado de forma responsable por el Estado. El inventario y evaluación de estos sistemas de riego es un paso importante para la generación de propuestas por parte de la Academia que ayuden a la recuperación de los mismos y permita manejar de forma responsable los recursos hídricos del país, reduciendo así el impacto ambiental que ha ocasionado el hombre.

Fecha: 16 de Julio del 2015.

Ing. Reney Cadena  
**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

Jiménez C. Santiago  
**AUTOR**

## Evaluación de la contaminación en el sistema de riego acequia El Tambo, para optimización del recurso hídrico

Santiago Jiménez\*<sup>1</sup>, Reney Cadena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

Av. 17 de Julio 5-21 y José Córdova,

Ibarra-Ecuador Teléfono: 00593-6-2997800

\*Autor correspondiente: e-mail: santiago.javier347@hotmail.com

### RESUMEN

La tesis aborda la evaluación del funcionamiento del sistema de riego acequia El Tambo, siendo base empírica de este estudio la acequia El Tambo, la cual constituye la principal fuente de sustento de agua para riego a la Comunidad de El Tambo. El agua es uno de los Recursos Naturales de mayor influencia en la agricultura y ganadería, ya que de acuerdo a la calidad y el suministro de esta, los cultivos se mantendrán y producirán de manera eficiente y sana.

Este estudio está enfocado en evaluar la eficiencia y la calidad de los servicios ambientales que está prestando la acequia a la Comunidad de El Tambo. A lo largo del tiempo, este sistema de riego ha sido abandonado y los escasos esfuerzos de la comunidad no han solucionado los problemas que

presenta. En concreto, las deficiencias estructurales de su acequia han ocasionado cuantiosas pérdidas económicas a esta comunidad y a personas y familias que han sufrido pérdidas individuales y en su patrimonio por los derrumbos producidos por eventos de alta pluviosidad. Otro problema observado en este estudio se refiere al riesgo que representa la acequia, particularmente en zonas densamente pobladas; entre estas zonas figuran la Ciudad de El Ángel, la Parroquia de García Moreno, y la Comunidad de San José de Tinajillas. El déficit estructural (revestimiento de hormigón simple) de la acequia también afecta la capacidad de abastecimiento constante de agua para riego a lo largo del año a la comunidad; esto ocasiona pérdidas económicas.

**Palabras clave:** Riego, Contaminación, Sistemas de Información Geográfica, Recursos Hídricos.

### SUMMARY

This thesis deals with the performance evaluation of the Irrigation System in El Tambo, being the empirical basis of this study of irrigation channel of El Tambo which is the main source of water's irrigation resources for the community of El Tambo.

Water is one of the most influential Natural Resources in agriculture, Depending on its quality and quantity of supply, crops will grow and be

produced in an efficient and healthy manner.

This study focuses on assessing the efficiency and effectiveness of environmental services provided by the irrigation channel in the community of El Tambo. Over time, the Irrigation System has been abandoned and the limited effort of the community have not solved the problems it posed. In particular, the structural weakness of its irrigation channel has resulted in

considerable economic losses, both to the Community of El Tambo in general, and individuals families, who had experienced direct economic losses in their long-term harvest, mainly as a result of landslides that occurred in the irrigation channel. Another problem observed during this research project was the risk posed by the irrigation channel in the densely populated areas particularly; among those areas such

as City of El Angel, Garcia Moreno Parish and the Community of San José de Tinajillas. The structural weakness of this irrigation channel also affects the capacity of steady supply of water throughout the year to the community of El Tambo; this led to financial and time consumption, which entails expenditures for the whole community.

**Keywords:** Irrigation, Pollution, GIS, Water Resources.

## INTRODUCCIÓN

Estudios realizados por (MAGAP, 2013) indican que el área total regada en todo el Ecuador es de 943 mil hectáreas, sin embargo, bien podrían llegar a ser más de 3 millones de hectáreas bajo riego. Esto obedece en gran medida a las técnicas tradicionales de riego y el acceso inequitativo al agua. En la publicación del (Foro de Recursos Hídricos, 2013) describe, que el agua es pésimamente aprovechada debido a la falta de tecnificación de los campesinos, los esfuerzos realizados por el estado en muchos casos están mal dirigidos por cuanto ha infraestructura se refiere, en muchos casos lo que hace falta es capacitación a nivel comunitario en materia de riego.

La presente investigación evalúa la contaminación del sistema de riego El Tambo y su infraestructura actual. El canal principal tiene una longitud de 21,7 km, desde su captación en la Bocatoma del río Bobo hasta las parcela de los beneficiarios. El canal principal donde se focaliza este estudio, ha entrado en conflicto con diversas poblaciones de las zonas altas al presentar su infraestructura inadecuada y ha sido utilizado como alcantarillado

por los pobladores aledaños al canal, varios centros poblados no poseen redes vitales básicas, han utilizado el canal principal de este sistema para cubrir servicios básicos como es: la eliminación de excretas y el agua para consumo humano.

Se ha realizado un nexo de cooperación entre la Universidad Técnica del Norte y la Carrera de Recursos Naturales con el Directorio de Juntas de aguas de la acequia El Tambo para que se desarrolle este trabajo que beneficiará a sesenta y cinco beneficiarios y más de cien familias de la comunidad de El Tambo y San Pablo de la Cangagua que dependen de la agricultura. Esta investigación permitirá el manejo adecuado de este recurso cumpliendo de esta manera el objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir, el cual garantiza los derechos de la naturaleza y promueve la sostenibilidad ambiental, territorial y global, y en su propuesta política 7.6 menciona “Gestionar de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque de cuencas y caudales ecológicos para asegurar el derecho humano al agua”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se detalla los pasos realizados en esta investigación para llegar a cumplir con el objetivo general y se describen los materiales utilizados para realizar esta evaluación del sistema de riego. A continuación se detalla sistemáticamente la metodología de esta investigación.

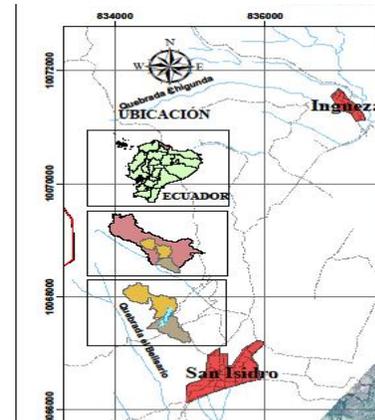


Figura 1 Ubicación de la zona de estudio

### Metodología

#### 1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y ACTUALIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE DEL SISTEMA DE RIEGO

Para la evaluación del sistema de riego se adaptó la metodología propuesta por (Chávez, 2005) y (Atehortúa, 2010) sus criterios y procedimientos en sus trabajos se adaptan en esta evaluación para la consecución del primer objetivo específico el cual analiza la zona de estudio.

##### 1.1. Recopilación de información de la zona de estudio

La recopilación de la información dentro de la zona de estudio, comprende los cantones de Espejo y Bolívar de la provincia del Carchi se realizó mediante la revisión de documentos propios de cada canton como lo son los planes de ordenamiento territorial, se recurrió también a fuentes de información secundaria como REDATAM, Foro de recursos hídricos y el Plan Nacional de Riego y Drenaje. Los resultados de esta revisión de documentos ayudaron a realizar la descripción de la zona de estudio y contribuyo en gran medida a analizar los problemas y conflictos

surgidos y que están afectado el sistema de riego acequia El Tambo.

##### 1.2. Actualización de cartografía base de la zona de estudio

Para actualizar cartografía base del sistema de riego acequia El Tambo se implementó la metodología propuesta por (LIBAULT, 1971) aplicada en el estudio de (Atehortúa, 2010) que indica la recolección y selección de la información necesaria para la investigación, correlación de los datos para posteriormente ser interpretados hasta conseguir los resultados y, representación de los resultados en forma de cartogramas o gráficos.

La metodología indica que la recopilación de información necesaria para la elaboración de mapas temáticos, esta información está conformada en este caso por una imagen satelital, datos de carretas, vías, centros poblados, ubicación y geo-referenciación de la acequia.

### **1.2.1. Geo-referenciación del sistema de riego acequia El Tambo**

Continuando con la metodología y para la generar la información geográfica de la acequia El Tambo, se realizó dos salidas de campo en cuales se geo-referenció este sistema de riego desde su origen en la bocatoma del río Bobo hasta la distribución general en la comunidad de San José de Tinajillas, en estas dos salidas de campo se planificó lo siguiente:

a) Activar el GPS GARMIN (modelo 60CSSx) en modo ruta con el fin de que vaya geo-referenciado la acequia y a su vez dibuje la trayectoria de la acequia El Tambo.

b) En el recorrido de la acequia si se identificaba un punto de control se procedía a marcarlo con el GPS con el fin de obtener datos de los puntos donde la acequia era contaminada antropogenicamente, tramos donde se identificaba infraestructura inadecuada.

### **1.2.2. Procesamiento de información geográfica y elaboración de mapas**

Se procedió a descargar los datos a través del programa Mapsource en formato .dbf para su procesamiento en el Programa Arcgis 10.1. Con la información geográfica de la ruta del sistema de riego acequia El Tambo se procedió a realizar un archivo .shp de polilínea en la extensión Arcmap de Arcgis 10.1, a este archivo se lo nombro sistema de riego acequia El Tambo. El cual ayuda a ilustrar el trayecto de la acequia y su ubicación en los mapas que se elaboraron.

## **2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO MEDIANTE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS**

Los procedimientos realizados para la determinación de la calidad de agua para riego se encuentran en base al estudio (Navarro, 2012) quien sistematiza en su publicación este proceso. Líneas más abajo se describe este proceso y el diseño estadístico aplicado para analizar datos de las muestras de agua recolectadas.

Para determinar la calidad del agua para riego del sistema de riego acequia El Tambo, se realizó una salida de campo con el fin de recolectar muestras de agua en el sistema de riego. Los materiales utilizados fueron recipiente cooler para preservación de las muestras, seis frascos de 1000 ml, etiquetas de identificación para las muestras, GPS, una cámara de fotos. Se aplicó la cadena de custodia para preservar las muestras y que los datos sean válidos.

### **2.1 Tipo de muestreo**

Para esta evaluación se definió realizar un muestreo simple para la colecta de muestras de agua en la acequia El Tambo.

### **2.2. Cadena de custodia**

Para este estudio la cadena establecida estipula lo siguiente:

- a) Georeferenciar la muestra de agua.
- b) Identificar la muestra de agua.
- c) Sellar y preservar muestra de agua en la caja cooler.
- d) Trasladar muestra a laboratorio en las próximas 24 horas.

### **2.3. Aplicación de muestreo en la acequia El Tambo**

a) Identificación de puntos de muestreo.- En base a la metodología prevista se determinaron seis puntos de muestreo:

- Captación de la acequia
- Ciudad El Ángel
- Sector quebrada Oscura
- Parroquia García Moreno
- Sector Laguna La Encañada
- Comunidad San José de Tinajillas

b) Recolección de muestras e identificación.- La recolección de muestras de agua se realizó mediante un muestreo simple, el cual indica tomar una muestra de agua a una profundidad de 10 cm, con el frasco de 1000 ml, sellar el frasco e identificarlo, con la finalidad de que el medio no afecte la muestra de agua, inmediatamente era ubicada dentro de la caja cooler.

c) Envío y entrega a laboratorio para su análisis.- Una vez colectadas las muestras fueron enviadas el mismo día al laboratorio para su correspondiente análisis, aplicando la cadena de custodia. El laboratorio responsable de hacer los estudios respectivos fue el Laboratorio de Desarrollo de Económico Local del Gobierno Provincial del Carchi.

Para determinar la calidad del agua de riego se utilizó la metodología Richards del laboratorio de salinidad de los Estados Unidos (clasificación en Riverside, California).

#### **2.4. Análisis estadístico**

Con el grupo asesor de esta evaluación se definió emplear el proceso estadístico prueba de "t" para datos pareados para analizar la información de las muestras de agua de la acequia El Tambo. Se decide emplear esta prueba ya que esta es aplicada en

muchos casos para muestreos con menos de veinte repeticiones como es el caso de esta evaluación y por qué todas las muestras provienen de un mismo cuerpo de agua que es parte del objeto de este estudio.

Para analizar los datos de los parámetros estudiados en cada muestra se generó una matriz en Excel la cual se analizó con la prueba de "t" para datos pareados. Una vez se calcula y realice esta prueba se procede a la interpretación y análisis de resultados.

### **3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS ESTRUCTURALES DE LA ACEQUIA EL TAMBO**

Para la identificación de problemas estructurales de la acequia El Tambo se siguió la siguiente metodología:

a) Identificación y geo-referenciación de afectaciones en la acequia, que consiste en la elaboración de una etiqueta y otorgar un nombre código a cada afectación observada, además, con el GPS se geo - referenció cada afectación con la finalidad de posteriormente ubicar cada una de las afectaciones en el mapa de déficit estructural de la acequia El Tambo.

b) Medición de la afectación en la acequia, fue necesario tomar medidas de las afectaciones con la finalidad de contar un registro de detallado de cada afectación, su dimensión ya que al momento de proponer la infraestructura adecuada se debe conocer las medidas de la cada afectación.

c) Descripción de la afectación vista en la acequia El Tambo, la descripción fue necesaria ya que brinda al lector la oportunidad de conocer la problemática del sistema, además, que fue necesario para identificación de cada afectación.

d) Registro visual (fotografía), para evidencia de las afectaciones vistas en la acequia El Tambo.

e) Al finalizar este proceso se calcula un presupuesto estimado para implementar estas adecuaciones e infraestructura a implementarse en el sistema.

### 3.1. Elaboración de propuesta para la recuperación del sistema de riego acequia El Tambo

Una vez conocidos los problemas de infraestructura de este sistema de riego se genera propuestas sobre medidas estructurales y no estructurales que nulifiquen o mitiguen dicha deficiencia por falta de infraestructura adecuada.

Conocidos los problemas a nivel de administrativo de este sistema de riego se propone la capacitación de los directivos en temas pertinentes a riego, mantenimiento de sistemas de riego, operación y administración de los mismos, con el fin de mejorar la administración de este sistema y reducir los conflictos internos.

## RESULTADOS

### Descripción de la zona de estudio

Los cantones de Espejo y Bolívar pertenecen a la provincia del Carchi que a su vez se encuentra ubicada en el extremo norte del Ecuador. El sistema de riego objeto de estudio de esta evaluación atraviesa por estos dos cantones y beneficia a beneficiarios que en su mayoría habitan en la comunidad del El Tambo esta última ubicada en la parroquia de García Moreno que pertenece al cantón Bolívar. Este sistema de riego tiene su origen en el cantón Espejo a 3175 msnm en la bocatoma del río Bobo en las coordenadas UTM 842459,45; 10071551,112 y termina en la

comunidad de El Tambo donde beneficia a sesenta y cinco beneficiarios que conforma el Directorio de aguas de este sistema y donde el agua es utilizada para labores agrícolas en aproximadamente 300 hectáreas.

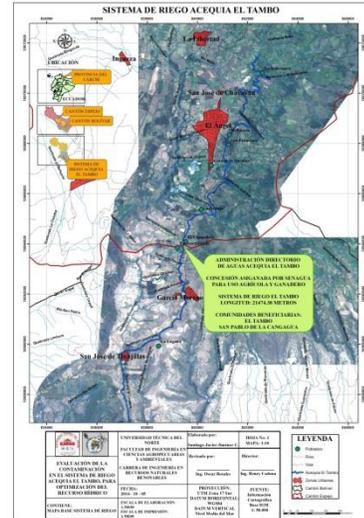


Figura 2 Mapa base Sistema de Riego El Tambo

### Generalidades de la zona de estudio

Los principales problemas ambientales identificados son causados por la actividad agrícola y el uso excesivo de agroquímicos, la deforestación de bosques, conflictos socio ambientales en la Reserva Ecológica El Ángel, específicamente, debido a que la mayor parte de la reserva tiene propietarios individuales y colectivos, la débil conciencia ambiental de la población en cuestiones como manejo de residuos sólidos, caza y pesca ilegal, deforestación e incendios forestales.

La cobertura promedio de alcantarillado es del 68,54 %, para el restante 31,46%, las descargas se las realiza en pozos ciegos, pozos sépticos, letrinas, al suelo o a las quebradas lo que induce la contaminación de acequias, malos olores y el apareamiento de moscas.

En relación a la situación de los asentamientos humanos, la percepción social de los actores nos habla de la insuficiente dotación de servicios de distribución de agua potable, la red de alcantarillado no tiene un funcionamiento óptimo y el sistema de recolección de basura, no funciona eficientemente. Respecto de servicios y en cuanto a la conexión del agua, pero independiente a su calidad, el cantón presenta un 94,89 % de viviendas conectadas por tubería ya sea interna o por fuera de la vivienda o edificio; un 5,11 % no recibe el agua por tubería. En el caso de la procedencia, para el 71,75 % de las viviendas, proviene de la red pública; el 28,25 %, accede al agua a través de pozos, ríos u otros. En cuanto a la procedencia de la energía eléctrica, el 97,80 % de la población está conectada a la empresa eléctrica, cuenta con generador u otro, y sólo el 2,20%, no cuenta con el servicio eléctrico.

### **Descripción del sistema de riego acequia El Tambo**

El sistema de riego ha sido administrado y mantenido por la comunidad El Tambo, por lo cual los beneficiarios han creado una organización jurídica para este propósito la misma llamada Directorio de junta de aguas de la acequia El Tambo. Este sistema de riego presenta infraestructura en su mayoría precaria para captar y transportar el agua misma que ha causado varios inconvenientes y limitaciones para manejar el recurso hídrico, más adelante se detalla cada componente de este sistema y su evaluación.

### **Fuentes de agua**

Las fuentes de agua que alimentan la acequia El Tambo se encuentran localizadas en los páramos del cantón Espejo de la provincia del Carchi, la

mayor fuente de alimentación de agua son las lagunas del Voladero actualmente esta zona se encuentra protegida a través de la Reserva Ecológica El Ángel. De las lagunas del Voladero nace el río Bobo del cual aguas más abajo el sistema capta el agua haciendo uso de su concesión de agua (232 l/s) debidamente otorgada por ley a través de la Secretaría Nacional del Agua en la actualidad debido a la ganadería y agricultura en las zonas altas la reserva a traviesa por una serie de conflictos derivados en su mayoría por estas actividades.

### **Infraestructura y red de riego**

La infraestructura y red de riego tiene que ver con todas las obras que se han realizado en este sistema de riego y que permiten captar, almacenar, repartir el agua desde la fuente has la parcela. El sistema de riego acequia El Tambo es un sistema comunitario el cual en muchos casos las obras que se han construido carecen de mantenimiento.

### **Captación**



**Figura 3** Captación de sistema de riego

La captación del sistema de riego acequia El Tambo se ubica en el río Bobo sector La Esperanza del Cantón Espejo. El volumen de agua asignado por la SENAGUA para esta concesión es de 232 l/s. En la actualidad la bocatoma de la acequia El Tambo

posee infraestructura civil implementada con una represa de agua construida con cemento con rejilla del lado izquierdo y decantador para sólidos suspendidos. Cabe mencionar que en época seca el caudal se reduce y el caudal asignado por la concesión de agua no llega a ser captado en su totalidad.

### Red de riego



Figura 4 Canal principal del sistema de riego

La red de riego está conformada principalmente por el canal principal que en este caso es la acequia El Tambo cuya infraestructura es tradicional es decir a cielo abierto sin revestir en la mayoría del tramo total de la acequia. Desde el inicio en la bocatoma y se observan problemas de sedimentación en muchos tramos, debido a la inclinación incorrecta, al sedimentarse excesivamente en ciertos tramos son frecuentes los desbordamientos. Otro problema es el robo de agua frecuente por parte agricultores dueños de predios cercanos en su mayoría ganaderos y agricultores. Debido a la expansión de la zona urbana de los últimos años se ha generado una problemática que afecta a la acequia, los problemas que se observó es el arrojado de basura, utilización de la acequia como alcantarilla problemas que pueden afectar la calidad de agua para riego. En otros casos debido a la mala

infraestructura de la acequia esta se ha convertido en un riesgo para los moradores de las cercanías, ya que existen infantes que juegan cerca y pueden caerse.

### Distribución

Este sistema cuenta con 6 óvalos de repartición de agua o ramales para la administración de este sistema ha resultado compleja la distribución por la falta de conocimientos y producto de esto se han generado un malestar generalizado en todo el Directorio de Aguas.

Tabla 1 Distribución del caudal de agua por sector

Repartición del caudal de agua para riego por sectores en el sistema de riego		
Sectores – Hacienda	Nro. hectáreas regables	l/s Correspondientes
Sector Torrealba	54	35
Sector Potrero Grande	35	25
Sector El Tambo	300	100
Tutapiz	50	25
San Francisco,	100	40
San Pablo de la Cangagua	80	8

Fuente: Directorio de Aguas de la acequia El Tambo. En esta tabla se puede observar la repartición del caudal del agua de la acequia a cada uno de los óvalos o ramales pertenecientes al sistema de riego acequia El Tambo.

Se evidenció construcciones de cajas de repartición de agua pero solo en algunos casos. La mayoría de repartición del agua para riego es realizada de forma tradicional (manualmente). Debido a la mala distribución por falta de repartidores de caudal (óvalos) ha generado conflictos a nivel interno entre beneficiarios.

Se observó que la mayoría de beneficiarios del sistema realizan riego por gravedad, este método de riego es el más ineficiente y el que genera más erosión del suelo, este método de riego empleado hace más difícil aún la producción de los terrenos de esta zona ya que en muchas ocasiones el volumen de agua no abastece para el

riego completo de los cultivos de la zona.



**Figura 5** Caja de distribución de agua

### **Almacenamiento**

La mayoría de los beneficiarios cuenta con reservorios de agua que son una gran ayuda en épocas secas del año. Se ha planificado por parte del Directorio realizar una obra de almacenamiento de agua, una represa en las zonas altas que una vez construida va a beneficiar a la comunidad.

### **Derecho y reparto del agua**

Los estatutos indican que el derecho de agua para riego es equitativo para los beneficiarios, sin embargo, cuando estos no aporten en mingas y no estén al día con las cuotas impuestas por el Directorio de Aguas el derecho de uso de agua se suspende hasta que el beneficiario deudor se ponga al día en sus obligaciones económicas. En otros casos cuando un beneficiario no respeta el turno asignado para aprovechar el agua para riego se suspende temporalmente el turno y es amonestado, además cuando existe robo de agua también se suspende el derecho de uso de agua y existe una multa económica.

En cuanto al reparto de agua dentro del Sistema de Riego por parte del

Directorio de aguas se ha determinado que el volumen de agua y el tiempo de uso están acorde al número de hectáreas que posea un beneficiario.

### **Organización de Regantes**

En el Sistema de Riego de la acequia El Tambo los beneficiarios se han organizado mediante la creación del Directorio de Aguas de la acequia El Tambo quien es el organismo interno que administra, opera y mantiene el sistema de riego. Este Directorio en la actualidad cuenta con estatutos y reglamentos debidamente legalizados. La directiva es elegida cada año tal como está establecido en los estatutos. Además, cuenta con la concesión de agua legalmente obtenida a través de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). El derecho de aprovechamiento de agua que posee el Directorio, estipula el uso de agua para riego y abrevadero de animales, en un caudal de 232l/s que son captados en el Río Bobo.

### **Sistemas de producción del sistema de riego**

Los sistemas de producción son todos los procesos que realizan los regantes para lograr generar sus ingresos. En este sentido se trata del análisis de los cultivos que siembran los regantes hasta su comercialización. Se trata de los inconvenientes que tienen los agricultores para comercializar sus productos.

En este sistema de riego por lo que indican los regantes y la mayoría de agricultores de esta zona, los cultivos más frecuentes son el fréjol (*Phaseolus vulgaris*) variedades como rojo del valle, la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), camote (*Ipomoea batatas*), anís (*Pimpinella anisum*), además, en los últimos años se ha

incrementado la producción de frutales. La producción en esta zona es baja debido a los métodos de producción tradicional que persisten en los agricultores, además se suma al deterioro de los suelos por causa de la sobre explotación del mismo y la erosión provocada por el riego por gravedad y los bajos de niveles de métodos de conservación de suelo.

### Determinación de la calidad de agua para riego

El sistema de riego en los últimos años ha venido advirtiendo una serie de conflictos ocasionados en gran parte a su deteriorada infraestructura, misma que ha permitido que pobladores ubicados principalmente en los centros poblados de El Ángel, García Moreno, San José de Tinajillas utilicen este sistema como alcantarillado como resultado de la falta de servicios vitales como agua potable y alcantarillado. Debido a esta problemática se a realizado análisis físicos y químicos a las aguas de este sistema a continuación se presentan los resultados:

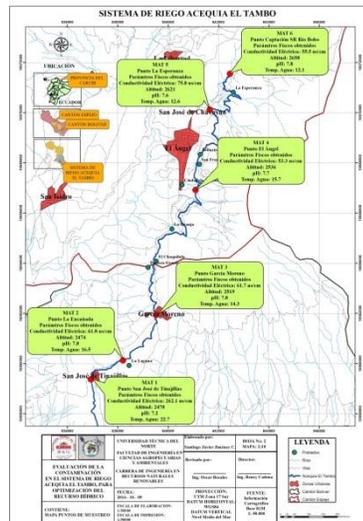


Figura 6 Mapa puntos de muestreo

### Resultados de las muestras colectadas en la acequia El Tambo

Se realizaron mediciones de parámetros físicos del agua en el sitio donde se determinó un valor promedio de pH de 7,65 y, la temperatura promedio del agua fue de 15,65 °C, conductividad eléctrica 95,08 us/cm. Cabe decir que se pudo observar un aumento considerable de estos parámetros en la muestra colectada en la comunidad de San José de Tinajillas donde la temperatura del agua presentó una temperatura de 22,7 grados centígrados y la conductividad eléctrica presentó un valor de 262,4 us/cm mientras que el pH se mantuvo en 7,2. Estos valores evidencian la influencia de esta población y la afectación a la calidad del agua de este sistema.

Tabla 2 Resultados de las muestras colectadas

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA DE AGUA							
Parámetros	Unidad	Valor MAT 1	Valor MAT 2	Valor MAT 3	Valor MAT 4	Valor MAT 5	Valor MAT 6 Norma
pH		6,38	6,78	6,70	7,00	6,61	7,21 6,5-8,4
Conductividad eléctrica	us/cm	258,00	66,60	64,40	63,00	82,00	69,20 0-300 us/m
Sólidos disueltos	Ppm	129,00	33,30	32,20	31,50	41,00	34,60
Sólidos suspendidos	Ppm	530,00	83,70	54,80	36,50	84,00	21,40
Sólidos Totales	Ppm	659,00	117,00	87,00	68,00	125,00	56,00 0-2000
Turbiedad	NTU	200,00	38,00	20,00	26,00	44,00	18,00
Color	Pt	2150,0	350,00	220,00	240,00	430,00	145,00
K	mg/lit	9,66	2,86	3,06	2,17	5,30	2,08 0-20
Ca	mg/lit	29,67	12,18	12,19	11,12	12,01	11,74 0-20
Mg	mg/lit	7,09	4,85	4,58	4,67	4,80	5,05 0-5
Na	mg/lit	3,39	3,08	3,11	3,11	3,17	3,07 0-40
Fe	mg/lit	5,81	1,34	0,74	0,78	0,40	0,68 5
Fosfatos	mg/lit	3,20	0,77	0,27	0,61	1,15	0,51 0-2
Carbonatos	meq/lit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0-10
Bicarbonato	meq/lit	2,29	0,91	0,93	0,96	0,96	0,89 0-20
Sulfatos	mg/lit	64,00	20,00	14,00	14,00	21,00	10,00
Sulfuros	mg/lit	0,40	0,15	0,15	0,14	0,16	0,14 0-5
Amonio	mg/lit	0,94	0,08	0,05	0,05	0,92	0,02 0-15

Fuente: Elaboración propia. Responsable del Análisis: Ing. Lenin Carrera.

El laboratorio donde fueron analizadas las muestras de agua se rige a las normas Riverside para determinar la calidad del agua para riego, este sistema es adoptado ampliamente en todo el mundo para conocer la calidad de agua, en base a los resultados anteriormente expuestos el laboratorio determinó que el tipo de agua para cada muestra es de tipo C1; S1 a excepción de la muestra MAT1 que presento un tipo de agua C2; S1 que implica lo siguiente:

S1: Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

C1: Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.

C2: Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad

### Análisis estadístico prueba “t” de student para datos pareados

Para iniciar con el proceso estadístico se elaboró un gráfico en el cual se puede ver los parámetros analizados y también los rangos normales para estos parámetros, esto con la finalidad de encontrar diferencias entre los parámetros analizados y los rangos establecidos por las normas ecuatorianas.

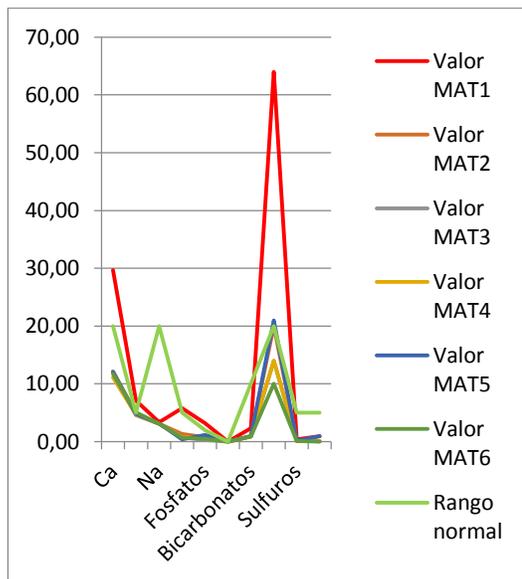


Figura 7 Gráfica de parámetros analizados y rangos normales establecidos

En este gráfico se puede ver con más detalle los parámetros que sobrepasan los límites permitidos por la ley

ecuatoriana, entre los cuales figuran Calcio, Hierro, Sulfatos, mediante la gráfica se puede evidenciar que estas variables estudiadas se encuentran por encima de la línea que representa el rango normal establecido.

### Prueba “t” de student para datos pareados

Se ha establecido un error o alfa del 0,05. En este estudio se pudo identificar que las muestras colectadas MAT2 a MAT6 el error o alfa no superan el 0,05 lo que implica que estas muestras no presentan diferencia significativa con respecto a la variable rangos normas por lo que el agua en estos puntos es apta para riego, sin embargo la muestra MAT1 si presenta diferencia significativa con respecto a la variable rangos normas ya que el alfa correspondiente a esta muestra es de 0,0639 superando el margen de error establecido para esta investigación, esto implica que la calidad del agua para riego en este punto es afectada, esta situación se pudo evidenciar en el anterior análisis realizado en laboratorio indica que el agua en este punto deja de ser de tipo S1 y pasa a ser S2 debido al aumento de la conductividad eléctrica.

Tabla 3 Resultados muestra MAT1

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable R. NORMAL	Variable MAT1
Media	9,2	11,6781
Varianza	61,96	413,80
Observaciones	10	10
Coficiente de correlación de Pearson	0,68	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	-0,49	
P(T<=t) una cola	0,32	
Valor crítico de t (una cola)	1,83	
P(T<=t) dos colas	0,639	
Valor crítico de t (dos colas)	2,26	

Fuente: Elaboración propia. El nivel de significancia es superior al rango establecido para esta prueba

## **Relación agua para riego determinada con los cultivos de la zona**

En la zona de riego de esta evaluación predominan los cultivos de fréjol, Zanahoria blanca, Zanahoria amarilla, arveja, cítricos, tomate. El aumento de la salinidad por la contaminación del agua como lo indica la muestra MAT1, puede afectar a estos cultivos que resultan sensibles a la salinidad. Se recomienda realizar cultivos de moderada y alta tolerancia a la salinidad junto con técnicas de conservación de suelos, riego tecnificado y otras técnicas de labranza la producción de esta zona podría incrementar considerablemente.

## **Identificación de problemas de infraestructura de la acequia El Tambo**

El sistema de riego El Tambo debido a su longitud y su ausente obra civil ha venido advirtiendo una serie de complicaciones que afectan a moradores de las zonas aledañas, zonas agrícolas, hogares principalmente estos eventos se dan en zonas urbanas, en esta evaluación se ha identificado, geo-referenciado y descrito cada problema de tipo infraestructura. Este sistema de riego presenta una longitud de 21,7 km debido a la gran extensión se ha dividido este sistema de riego en 4 secciones para detallar de manera más clara las afectaciones encontradas y se ha generado cuatro mapas temáticos.

### **Sección 1**

En la primera sección del sistema de riego se observa en total 17 problemas de originados por falta de obra civil, siendo el más importante el presentado en la captación de este sistema la cual se encuentra totalmente obsoleta y los beneficiarios han optado por captar el

agua de forma directa sin hacer uso de esta, al momento esta infraestructura está obsoleta, el desarenador obstruye el flujo de agua que ingresa a la captación, la entrada de la bocatoma no es completamente revestida situación que ha generado la erosión de esta parte de la fuente de captación afectado a toda la infraestructura, no existe ninguna obra civil de control, prevención y protección que necesita esta infraestructura, por lo que agricultores y ganaderos de zonas aledañas a la captación intervienen y afectan la infraestructura, un punto muy importante es adecuar esta infraestructura permitiendo un adecuado manejo del agua que permita a los beneficiarios de este sistema captar el volumen correcto de agua del derecho de aprovechamiento de agua asignado por la SENAGUA.

### **Sección 2**

En la sección dos del sistema de riego se pueden observar 23 problemas causados por la mala infraestructura presentada por la acequia, la mitigación y la implementación de infraestructura adecuada contribuirá al desarrollo de la comunidad beneficiaria de este sistema y también a las personas que hacen uso de este sistema de riego y tienen un derecho ancestral de uso.

En esta sección se evidencia 12 problemas que afectan gravemente la estabilidad del canal de la acequia ocasionados en gran parte por la inestabilidad de taludes en ciertos puntos como se puede ver en el mapa, se recomienda implementar muros de contención para mitigar estos problemas y tratar de nulificar estos problemas que afectan por ahora a los beneficiarios de este sistema y después podrían afectar a muchas más personas que habitan cerca de estos sitios inestables.

### **Sección 3**

En esta sección se puede observar 13 problemas causados por la mala infraestructura presentada por el canal de riego.

Se evidencia la obstrucción del canal de riego por lo que los mismos beneficiarios han optado por improvisar para poder conducir el caudal de agua, esta obstrucción está dada por el colapso del talud superior del canal y se necesita de maquinaria pesada para adecuar este problema, esto permitirá reducir las obstrucciones que son frecuentes en este punto y no permiten pasar el flujo de agua normal.

Como en casi todo el canal se evidencia la presencia de materia flotante en la acequia situación que obstruyen en varios puntos el flujo de agua y que ha causado el derrumbe de la acequia, en los 5 puntos mencionados con este problema se debe ubicar letreros y basureros para reducir este problema. Este problema es más frecuente en la parroquia de García Moreno.

### **Sección 4**

La mayoría de problemas se presentan en la comunidad de San José de Tinajillas aquí es evidente el conglomerado de problemas de todo tipo, se evidenció la presencia de materia flotante producto de malos hábitos arraigados en algunos habitantes, en algunos puntos de esta comunidad se recomienda la implementación de basureros para que los habitantes depositen ahí sus desperdicios, cabe decir que esta comunidad si cuenta con servicio de recolección de basura.

Otros de los problemas observados son la presencia de criaderos de aves, porcinos y demás animales de granja

que en muchos casos sus instalaciones se ubican junto a la acequia afectando así la calidad del agua y causando malestar en los beneficiarios del sistema de riego.

En total se identificaron 73 problemas acusados por problemas y afectaciones que no permiten el adecuado manejo del recurso hídrico en este sistema de riego, situación que hace evidente la necesidad de implementar infraestructura adecuada para lograr optimizar este recurso y que además permita a los beneficiarios de este sistema cultivar productos de mayor calidad.

### **Propuesta para la recuperación del sistema de riego acequia El Tambo**

En base a toda la problemática identificada se propone un programa que permitirá el manejo óptimo de este sistema de riego, encaminado a la recuperación y adecuación de la infraestructura identificada como inadecuada o la falta de la misma como se pudo observar en los puntos anteriormente descritos y también destinado a la capacitación de los beneficiarios del sistema de riego en temas como administración, operación y mantenimiento de estos sistemas.

### **Programa I: Implementación y adecuación de infraestructura en el sistema de riego El Tambo y capacitación de beneficiarios**

Este programa tiene como objetivo específico optimizar la conducción del agua para riego desde la captación hasta la distribución final del canal principal, permitiendo el adecuado manejo de este recurso y evitando posibles fuentes de contaminación a su vez eliminando la vulnerabilidad que presentan algunas personas por la mala infraestructura de la acequia, enfatizando en zonas urbanas como El

Ángel, García Moreno y San José de Tinajillas. Además se debe considerar la capacitación de los beneficiarios de este sistema ya que ellos son los encargados de administrar, operar y mantener todo el sistema de riego, para conseguir estas metas trazadas en esta propuesta de programa se diseñaron los siguientes proyectos.

### **Proyecto I: Recuperación del sistema de riego Acequia El Tambo**

Este primer proyecto se enfoca en la recuperación e implementación de infraestructura en el canal principal del sistema y también en la captación, se identificaron 73 problemas por infraestructura inadecuada, anteriormente se ha elaborado y dividido el sistema en cuatro secciones, así para cada sección se detalla la infraestructura pertinente para mitigar cada caso observado.

El costo total referencial para la implementación de toda la infraestructura en el sistema es de setenta mil dólares.

### **Proyecto II: Capacitación a Beneficiarios del sistema de riego**

El proyecto se realiza en función de la necesidad de capacitar a los beneficiarios de este sistema en temas relacionados al riego con énfasis en administración, operación y mantenimiento de sistemas de riego, adicionalmente abordar temas como la agroecología, uso y conservación del suelo y riego tecnificado.

Estas capacitaciones tienen como objetivo específico fomentar las buenas prácticas agrícolas en los beneficiarios de este sistema y también capacitar a estos beneficiarios para que administren, operen y hagan buen uso de su propio sistema de riego.

## **CONCLUSIONES**

- Mediante esta evaluación se pudo determinar que la falta de servicios vitales principalmente en las ciudades de El Ángel, García Moreno, San José de Tinajillas se encuentra con déficit de cobertura que promedia el 10% en zona urbana y llegando hasta el 20% en zonas rurales, esta situación hace que algunos moradores utilicen el sistema de riego como alcantarilla, esto se hace más evidente en la Comunidad de San José de Tinajillas.
- Mediante la revisión de los planes de ordenamiento territorial de los cantones Espejo y Bolívar se pudo ubicar otros problemas que afectan no solo a este sistema de riego sino a otros e incluso podría estar afectando la calidad y cantidad de agua para consumo humano, entre los cuales se encuentran los altos índices de deforestación en las zonas de páramo principalmente en la reserva ecológica El Ángel zonas que son después destinadas a la ganadería, el avance de la frontera agrícola, el crecimiento desorganizado de asentamientos humanos en zonas urbanas y rurales y, la falta de servicios vitales. Esta situación y serios problemas que presenta esta zona hace que la calidad y cantidad del agua sea afectada por lo que se necesita de la intervención ágil y oportuna de autoridades de los GADS locales y también de las autoridades que regulan y administran los recursos hídricos del país.

- El extenso recorrido que presenta el canal principal de este sistema de riego presenta un inconveniente para los beneficiarios, por lo evaluado a nivel de junta indica que no se puede realizar un control adecuado en todo el trayecto del canal por lo que agricultores de predios cercanos se han aprovechado de esta situación para utilizar el agua sin tener derecho, en las salidas de campo se pudo evidenciar esta situación y ver junto a la acequia complejos sistemas de riego, esta situación hace que se genere conflictos entre agricultores en época seca se agudiza esta problemática.
- El tipo de agua que determinó los análisis realizados a las muestras tomadas determinada que el agua de esta es de tipo C1,S1 desde la captación hasta la parroquia de García Moreno, mientras que la muestra colectada en la comunidad de San José de Tinajillas ubica la calidad del agua en tipo C1,S2 debido al aumento de la salinidad del agua principalmente por el aumento de la concentración de sulfatos y de calcio. El límite establecido por las normas del Ecuador determina que la concentración de sulfatos y calcio no debe superar 20 mg/l, en este caso en la muestra MAT1 estos dos parámetros superan ampliamente estas normas con 64,00 mg/l para sulfatos y 29,67 para calcio.
- Mediante la prueba t de student realizada y aplicada para analizar cada muestra estadísticamente se pudo concluir que las muestras MAT2 a la muestra MAT6 no presentan diferencia significativa con respecto a los rangos establecidos por las normas ecuatorianas los valores de significancia se mantienen por debajo de 0,05 así que en estos casos se acepta la hipótesis nula la cual indica que no existe diferencia significativa entre las variables analizadas. En cuanto a la muestra MAT1 se pudo concluir que esta muestra si presenta diferencia significativa y q el valor de significancia es de 0,6392 y es mayor a 0,05, por lo que en esta muestra se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que indica que si hay diferencia en las variables analizadas. Pese a estos resultados el agua sigue siendo apta para riego sin embargo puede afectar a cultivos sensibles a la salinidad.
- En cuanto a la evaluación realizada al sistema de riego principalmente del canal principal se evidenció 73 problemas estructurales que impiden el adecuado aprovechamiento del agua. Desde la captación de la acequia en el rio Bobo se observó esta problemática infraestructural, a lo largo del canal principal se necesita implementar obras de protección de la acequia y de obras de prevención que ayuden a impedir el colapso del sistema. Por la gran cantidad de problemas observados en las zonas rurales por las cuales la acequia atraviesa se podría considerar entubar completamente la acequia en estas secciones.

## RECOMENDACIONES

- Debe realizarse un estudio y plan de manejo de la zona alta

de esta microcuenca, con la finalidad de planificar y organizar de manera adecuada el recurso hídrico generado en las zonas altas. Esto permitirá garantizar el subministro de agua para todas las comunidades y personas que de ella se benefician.

- Frente a la vulnerabilidad vista de las personas que habitan junto a la acequia se debe trabajar con mayor énfasis en la implementación de infraestructura de protección en estos tramos donde habitan estas personas, para poder mitigar su vulnerabilidad.
- Se debe trabajar con los agricultores de las zonas altas en programas de capacitación de la agroecología y manejo de agroquímicos, lo mismo que en programas de conservación que sensibilicen a dichos agricultores frente a la problemática que origina sus malos hábitos y costumbres.
- Con la finalidad de aprovechar de manera más eficiente el agua para riego, se deben hacer estudios para implementar riego presurizado en la comunidad, ya que con este tipo de riego se maximizaría el aprovechamiento del agua y la producción agrícola de esta zona. En dichos estudios debe intervenir la Universidad y los GADS locales para lograr conseguir el aprovechamiento eficiente de todos los recursos naturales y su manejo adecuado que permita a los agricultores mejores condiciones para sus labores diarias y que permita a todos conseguir la seguridad alimentaria en calidad y abastecimiento de todos los productos cultivados en esta zona.
- Hoy la comunidad cuenta con una cantidad de agua de 230 litros por segundo, sin embargo, hay proyectos que podrían ejecutarse para incrementar el agua para riego de esta comunidad y en general de esta zona. Debido a la pendiente que presenta esta zona, es recomendable realizar un proyecto multipropósito en esta zona, aprovechando el suministro de agua que podría tener. Considerando lo anterior, se recomienda realizar un estudio de factibilidad para la implantación de una micro central de generación de energía hidroeléctrica.
- El presupuesto establecido en este estudio y el financiamiento para demás obras civiles que permitan la eficiencia en el manejo del agua debe ser conseguido mediante el apoyo de los GADS locales e inversión extranjera que ayudan a este tipo de propuestas.
- En este estudio se ha determinado implementar infraestructura civil que ayude a controlar la problemática abordada a lo largo de este estudio, en los tramos de García Moreno en la caja de repartición se ha analizado la implementación de un desarenador eficiente ya que el actual es obsoleto, en el tramo de San José de Tinajillas en la caja de reparación se ve la necesidad de protegerla adecuadamente e implementar un desarenador más ya que los sólidos suspendidos son abundantes en estos tramos, en la bocatoma de la acequia se observó la necesidad de realizar la implementación de mejoras en esta obra civil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ambiental, M. d. (2008). Texto Unificado de legislación ambiental. Quito, Ecuador.
- Atehortúa, M. R. (2010). La geología, geomorfología, pedología y uso de la tierra en las municipalidades de Puerto López (Colombia) y Uberlândia (Brasil). *Sociedade & Natureza*, 22(2), 329-345.
- Bonanseña, M., Ledesma, C., C., R., & Delgado, A. S. (2012). Concentración de clorofila-a y límite de zona fótica en el embalse Río Tercero (Argentina) utilizando imágenes del satélite CBERS-2B. *Revista Ambiente & Agua*, 1-11.
- Bustamante, R. (1994). *Sistemas de las Leyes de Indias*. Cochabamba - Bolivia: PEIRAV.
- CAMAREN, Foro Nacional de los Recursos Hídricos . (2013). *Agua, Estado y Sociedad. Aporte para políticas públicas*. Quito: GRAPHUS.
- Chávez, L. L. (2005). Problemas y posibilidades para el uso sustentable del agua en las ciudades del norte de México desde el punto de vista de la planeación urbana El caso de Saltillo. Bremen.
- Constitución. (2008). *Constitución Política de la República del Ecuador*. Montecristi.
- FAO, D. d. (2012). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. (Estudio FAO: Riego y drenaje - 55).
- Forest Systems . (11 de 08 de 2014). [recyt.fecyt.es](http://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/viewArticle/1521). Obtenido de <http://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/viewArticle/1521>
- Foro de los Recursos Hídricos. (2008). *Una ley que Garantice el derecho al agua*. Quito: Aline Arroyo.
- Foro de los Recursos Hídricos. (2011). *Transferencia de competencias de riego para el desarrollo*. Quito: Tiraje.
- Foro de los Recursos Hídricos. (2013). *Gestión compartida del Riego*. Quito: Tiraje.
- GADMBolívar. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011 - 2031 del Cantón Bolívar*. Bolívar: GADMB.
- GADMEspejo. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011 - 2013 del Cantón Espejo*. El Ángel: GADMCE.
- MAGAP. (2013). *Plan Nacional de Riego Y Drenaje*. En S. d. *Drenaje, Plan Nacional de Riego Y Drenaje* (págs. 5-13). Quito: Solventia Publicidad.