

FORO DEL AGUA EL SALVADOR



## INFORME FINAL DEL ESTUDIO

**“Impactos de la expansión en la Industria Azucarera en la zona Marino Costera de El Salvador: Caso Zona Baja río Paz”**

*Impactos de la expansión en la Industria Azucarera en zonas Marino Costeras de El Salvador: Caso Zona Baja río Paz*

Unidad Ecológica Salvadoreña, UNES.

Elaboración:

Asociación Unidad Ecológica Salvadoreña

Foro del Agua El Salvador

Carlos Flores

Consultor Externo: Hidrogeólogo Julio Cesar Quiñonez Basagoitia

San Salvador, Diciembre de 2016

Esta publicación se rige bajo los principios de Copy Left, por lo que puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los derechos de la Unidad Ecológica Salvadoreña.

Calle Colima No. 22, Colonia Miramonte, San Salvador, El Salvador, Centro América

Tel.: (+503) 2260-1447

Sitio web: [www.unes.org.sv](http://www.unes.org.sv)

Correo electrónico: [unescomunicaciones@gmail.com](mailto:unescomunicaciones@gmail.com)

Facebook:

Twitter:

# INDICE

---

INDICE	2
Introducción	3
I. Estructura y Comportamiento de la Industria del Azúcar en El Salvador	5
1.1 La industria del azúcar y sus actores	5
1.2 Marco legal	6
_____	11
1.3 El Mercado del Azúcar y sus Distorsiones	11
II. Impactos de la Expansión de la Caña en Zona Marino Costera: Caso Zona Baja San Francisco Menénde	18
2.1 Zonas de Cultivo en El Salvador	18
2.2 Requerimiento hídrico del cultivo de caña de azúcar	19
2.3 Caracterización hidrofísica del territorio y cuencas de estudio: Zanjón El Aguacate y Zanjón El Chino.	20
2.4 Desarrollo de los Balances Hídricos	30
2.5 Estimación de la Demanda de Agua de la caña de azúcar.	39
2.4 Análisis de la modalidad de extracción y estimación de las extracciones del agua superficial subterránea en el Zanjón El Aguacate.	41
2.5 Análisis de extracciones de agua superficial en el zanjón El Chino en relación a su disponibilidad en las zonas medias-altas.	50
2.6 Demandas de agua del acuífero somero para riego y usos de la población en la zona media baja del zanjón El Chino y el Aguacate en relación a su recarga.	53
2.7 Impactos de la expansión de la caña de azúcar	55
2.8 Análisis costo-beneficio entre el cultivo de caña de Azúcar e iniciativas agro-productivas en la zona de estudio.	60
III. Conclusiones y Propuestas	65
3.1 Conclusiones	65
3.2 Propuestas	69
IV. Anexos	70
V. Referencias Bibliográficas	84

## Introducción

El presente documento constituye el Informe Final del estudio **“Impactos de la expansión en la Industria Azucarera en la zona Marino Costera de El Salvador: Caso Zona Baja río Paz”** el cual ha sido promovido por **UNES y ACUA** en el marco de la ejecución de los proyectos “Reducción de Riesgos Agroclimáticos en la Micro Región de Ahuachapán Sur”, “SAL DG 210” y “Fomentando la Gobernabilidad Democrática para la Defensa del Derecho al Agua en El Salvador”, que se ha desarrollado en los municipios de San Francisco Menéndez, Guaymango, Jujutla y San Pedro Puxtla, los cuales han sido financiados por OXFAM Solidaridad e Ingeniería Sin Fronteras - AECID.

El estudio ha tenido como Objetivo General hacer una aproximación a los impactos hídrico-ambientales y socio-económicos, en el país, con énfasis en la zona Sur de San Francisco Menéndez, derivados de la expansión de las plantaciones de Caña de Azúcar, y estableciendo como área de estudio las cuencas hidrográficas del Zanjón el Aguacate y Zanjón El Chino, cuyas extensiones comprenden al Occidente, los límites en colindancia con la cuenca del río Paz, al Norte y Nor-Este, las zonas altas del municipio de San Francisco Menéndez, y finalmente al Sur, su interacción en la zonas bajas con la franja marino-costero y los ecosistemas – manglar de Garita Palmera y Bola de Monte.

En el apartado uno se ha llevado a cabo un análisis de la conformación, actores y comportamiento de la industria azucarera en El Salvador. Para ello se identifican los actores de la industria y sus relaciones; se analiza el marco normativo que se aplica a los diferentes procesos que forman parte de esta; y se analiza y describe el comportamiento del mercado del azúcar, tanto en la demanda, que la conforma el mercado interno, el preferente y el mercado internacional o spot; la determinación de los precios para cada uno y las relaciones que se establecen en los diferentes niveles de la oferta.

Análisis Hidrológico mediante la aplicación del Modelo de Precipitación-Escorrentamiento EVALHID en ambas cuencas hidrográficas, lo cual ha permitido determinar Balances Hídricos interanuales para diferentes años secos y húmedos, a lo largo de las últimas cuatro décadas. A partir de los Balances Hídricos, se ha determinado la disponibilidad hídrica de ambas cuencas en términos de aportaciones mensuales, es decir la disponibilidad hídrica superficial y subterránea en milímetros (mm) como escurrimiento y en Millones de Mt<sup>3</sup> como volumen de agua disponible mensual. Al respecto se destaca la aportación total mensual en los meses del verano o época seca (Noviembre – Abril), incluyendo la primera quincena de mayo, ya que es primordialmente durante esos meses que se experimentan altos niveles de extracciones para riego de la caña de azúcar y otros usos en menor cuantía. Esta disponibilidad hídrica en la época seca se ha contrastado con los volúmenes extraídos para riego, de tal forma de determinar el nivel de intensidad de uso que se ejerce. Al respecto se ha determinado un alto nivel de extracción de agua superficial que impide la circulación de flujos hasta la zona de los manglares y ecosistemas, y por otra parte, una alta extracción de agua subterránea lo cual ejerce una fuerte presión sobre la recarga del acuífero somero o superficial de agua dulce, que es esencial para el abastecimiento de las poblaciones locales.

Para el análisis, se han desarrollado varias visitas y recorridos de campos con la finalidad de tomar mediciones de pozos, mediciones y estimaciones de caudales, toma de muestras de agua para análisis

físico – químicos en puntos representativos, evaluación de las dinámicas que se presentan en los cauces principales tanto del zanjón el Aguacate como del zanjón El Chino, y levantamiento de puntos geo referenciados los cuales contribuyen grandemente a la verificación y composición de los mapas actuales de usos de suelos.

Un aspecto notorio ha sido el detrimento de las condiciones hídricas, tanto en la disminución de los niveles estáticos como en la calidad de las aguas, de los pozos artesanales para el abastecimiento de la población, pues los mismos han experimentado mayores niveles de salinización y presencia de metales, de acuerdo a los resultados de los muestreos, a la percepción de las propias familias usuarias de dichos pozos, y en relación a los reportes de estudios antecedentes.

A partir de los resultados obtenidos se establecen las conclusiones, recomendaciones y lineamientos con el objetivo de contribuir a orientar la producción de la industria cañera, tanto en la zona de estudio como en otros sectores de la planicie costera nacional, hacia un desarrollo sustentable, concibiendo y comprendiendo los límites necesarios de la expansión del cultivo de caña de azúcar, en virtud de la priorización de los usos del agua para el abastecimiento de la población, el cuidado y fomento de las áreas de recarga y la protección de los ecosistemas, como algo fundamental y tomando en cuenta la aguda situación hídrico-climática que experimenta el país en general.

# I. Estructura y Comportamiento de la Industria del Azúcar en El Salvador

---

## I.1 La industria del azúcar y sus actores

Para entender el significado y la composición de la industria del azúcar seguiremos el esquema utilizado por la Superintendencia de Competencia (2008) en la que establece que la cadena de producción de este bien se compone de los siguientes eslabones: provisión, producción, transformación, distribución y comercialización.

### Cadena de valor del azúcar

#### a) Provisión

La provisión comprende el grupo de actores (personas o empresas) que suministran los insumos necesarios para la producción de la caña de azúcar. Los principales elementos empleados son la maquinaria, los fertilizantes, pesticidas.

#### b) Producción de caña

Esta fase comprende las actividades de establecimiento (plantación o rebrote), ahijamiento y crecimiento rápido, y de maduración y cosecha de la caña de azúcar, la cual constituye el único insumo para la producción de este bien en el país. Se estima que actualmente existen unos 7,000 cañicultores, los cuales se encuentran divididos en productores asociados, en cooperativas y productores independientes.

#### c) Procesamiento o transformación

Una vez la caña ha sido cosechada, esta es trasladada a los ingenios para ser transformada en azúcar y melaza. Actualmente en el país existen seis ingenios; dos ubicados en la región central (El Ángel y el Jiboa), dos en la occidental (La Magdalena y Central de Izalco), uno en la zona paracentral (La Cabaña) y uno en la zona oriental (Chaparrastique).

A partir del procesamiento de la caña los ingenios obtienen tres tipos de azúcar:

1. Azúcar crudo o azúcar moreno: este es un producto sin refinar ni procesar, sólo se ha realizado el proceso de cristalizado, debe su color a una película de melaza que envuelve cada cristal. Normalmente tiene entre 96 y 98 grados de sacarosa.
2. Azúcar blanco o sulfatado: el azúcar ha sido sometido a un proceso de purificación química llamado sulfitación o sulfatado, este producto contiene 99,5 grados de sacarosa.
3. Azúcar refinado o extra blanco: azúcar altamente puro, es decir, entre 99,8 y 99,9 grados de sacarosa.

#### d) Distribución

Luego que el azúcar es generada, el proceso continúa mediante la distribución, la que incluye el grupo de actividades que se realizan para que el producto pueda llegar a sus lugares de comercialización minorista o al industrial que procesa dicho producto, para ello se requiere que el producto sea previamente empacado. En este eslabón las actividades son desarrolladas exclusivamente por la Distribuidora de Azúcar y Derivados S.A. de C.V., DIZUCAR.

## **1.2 Marco legal**

Como se ha descrito en el apartado anterior la agroindustria azucarera comprende las diferentes actividades necesarias para la producción de la caña, el procesamiento y transformación en azúcar, y por último, las relativas al empaque distribución y comercialización del azúcar como materia prima o producto final. Pese a que algunos análisis reducen el marco normativo a la Ley de Producción y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador, un análisis más riguroso muestra como en cada una de las etapas existe un conjunto de normativas que regulan los diferentes procesos de producción y comercialización.

### **Producción de Caña de Azúcar**

Las actividades de establecimiento (plantación o rebrote), ahijamiento y crecimiento rápido, y de maduración y cosecha son regidas por los siguientes marcos normativos: La Constitución de la República, la Ley Forestal, Ley de Áreas Naturales Protegidas, Ley de Riego y Avenamiento, y la Ley de Control de pesticidas, fertilizantes y productos para uso agrícola, Ley de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Código Penal.

### **Procesamiento y Transformación de Caña en Azúcar**

Las actividades económicas de procesamiento y transformación de la caña en azúcar y las relativas a su comercialización en la agroindustria están regidas por la Constitución de la República, y las Leyes siguientes: Ley de Fomento de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador, de agosto de 2001, Ley de Competencia .

### **Constitución Política**

A continuación listamos los preceptos constitucionales que de acuerdo a nuestro análisis podrían estarse trastocando con el actual orden de establecido para la regulación de la industria azucarera. La Constitución de la República en su Título quinto denominado Orden Económico establece tres preceptos fundamentales, el primero “*Se garantiza la libertad económica, en lo que no se oponga al interés social*” (Art. 102), el segundo “*Se reconoce y garantiza el derecho a la propiedad privada en función social*”. Art. 110.- establece que “No podrá autorizarse ningún monopolio sino a favor del Estado o de los Municipios, cuando el interés social lo haga imprescindible...” además, “...A fin de garantizar la libertad empresarial y proteger al consumidor, se prohíben las prácticas monopolísticas (Art.- 110, Cn.). Por su parte el Art. 117 establece “*es deber del estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible*”

### **Ley de Competencia de El Salvador**

Este marco normativo en su Título III, Art. 25. “...prohíbe las siguientes prácticas anticompetitivas realizadas entre competidores:

- a) Establecer acuerdos para fijar precios u otras condiciones de compra o venta bajo cualquier forma;
- b) Fijación o limitación de cantidades de producción;
- c) División del mercado, ya sea por territorio, por volumen de ventas o compras, por tipo de productos vendidos, por clientes o vendedores, o por cualquier otro medio.

Es importante mencionar que las prácticas de la industria azucarera han sido objeto de denuncia periódica ante la Superintendencia de Competencia por parte de otras industrias, precisamente por la violación a los preceptos señalados en los párrafos anteriores. Fruto de dichas acciones el precio del azúcar para la industria nacional se ha visto reducido, no así lo que se cobra a los consumidores.

### **Ley de la Producción, Industrialización y Comercialización de la Agroindustria Azucarera de El Salvador.**

El objetivo de esta Ley es “normar las relaciones entre centrales azucareras o ingenios, y las de éstos con los productores de caña de azúcar, garantizándoles justicia, racionalidad y transparencia en actividades como: siembra, cultivo y cosecha de la caña de azúcar; y producción, autoconsumo industrial y comercialización de azúcar y miel final...” (Art. 1).

Una situación inverosímil e incluso surrealista es el hecho que la Ley en su artículo dos declara de interés público todas estas actividades, incluso la “...distribución anual de las cantidades de azúcar entre las centrales azucareras o ingenios para su expendio en el territorio nacional...” (Art. 2). Este es un buen indicador de la capacidad de cabildeo de los referentes de la agroindustria.

La Ley establece en su Art. 4 la creación del Consejo Salvadoreño de la Agroindustria Azucarera (CONSAA), como un organismo estatal con autonomía administrativa y patrimonio propio adscrito al Ministerio de Economía. Esta instancia tiene como mandato el ordenar las relaciones entre los diversos actores que intervienen en la producción e industrialización de la caña de azúcar y del consumo industrial y la comercialización del azúcar y de la miel final, así como de mantener una constante y permanente vigilancia sobre el ordenamiento de las actividades expresadas en el Art. 2 de la mencionada Ley, con la finalidad de optimizar su productividad y competitividad agrícola, industrial y comercial en el ámbito nacional e internacional y que sus resultados coadyuven al desarrollo económico y social del país.

Otro aspecto muy particular es la conformación de una Junta Directiva de la Institución que está conformada mayoritariamente por privados; dos representantes de los Ministerios de Economía y de Agricultura, y seis representantes del sector azucarero, tres por los productores de caña y tres representantes de las centrales azucareras.

Las principales funciones y atribuciones del CONSAA son las siguientes:

- Verificar las operaciones de producción, autoconsumo industrial y comercialización de la caña de azúcar, el azúcar y la miel final. Para ello el CONSAA cuenta con una firma auditora.
- Recomendar al Ministerio de Economía las asignaciones porcentuales de venta de azúcar para los mercados interno y preferencial.
- Establecer el valor inicial de pago por libra de azúcar extraída y el valor final de pago con base en el informe de auditoría de la firma contratada y de acuerdo con las ventas en los diferentes mercados.
- Dirimir las diferencias que surjan entre los diferentes actores de la agroindustria azucarera.
- Mantener un registro actualizado de las centrales azucareras y autorizar el establecimiento de nuevos ingenios.
- Registrar los contratos de compraventa de caña suscritos entre ingenios y productores de caña de azúcar.

- Conformar e integrar las Comisiones de Zafra en cada uno de los ingenios para velar por la transparencia y buen funcionamiento de los procesos de transporte, entrega, recibo y pago de la caña de azúcar durante la zafra.
- Representar a El Salvador en el ámbito internacional en todos los aspectos relacionados con la agroindustria azucarera.
- Realizar o financiar programas y proyectos de beneficio social para los productores de caña, que incluya programas de desarrollo de capital humano, educación, fomento cultural, y protección del medio ambiente.
- Recomendar las asignaciones anuales de las cantidades de azúcar y miel final para consumo interno, así como la distribución de las asignaciones para los Mercados Preferencial y Mundial, que le corresponde a cada una de las Centrales
- Colaboración con el Ministerio de Salud Pública en la aplicación de la “Ley de la Fortificación del Azúcar con Vitamina A”.

En la Ley están contenidas todas las necesidades que se tienen para regular el sector. La Ley contempla el Reglamento de Solución de Conflictos, Reglamento de la Distribución de Cuotas para los Mercados Nacionales, Mundial y Preferencial, un Reglamento de Pago por Calidad, y el Contrato de Compra de Caña “Contrato Único”. Con estos cuatro elementos se regula la agroindustria en su totalidad.

En esencia, entre los mecanismos reguladores que establece la Ley se encuentran:

- Pago de la caña de azúcar con base en la eficiencia de las centrales azucareras o ingenios. Todo pago de caña de azúcar entregada por los productores a las centrales azucareras o ingenios se hará por libra de azúcar a los grados de polarización promedio ponderada de cada central azucarera o ingenio<sup>1</sup>.
- Constatación de todo contrato de compraventa de caña de azúcar entre un cañicultor y una central azucarera en escritura pública o documento autenticado.

El "Reglamento del Sistema de Pago de Caña de Azúcar" en su Art. 43 establece que la distribución anual de los ingresos netos generados por el autoconsumo industrial y las ventas de azúcar y miel final serán distribuidos en los porcentajes siguientes: al productor, 54.5 % como mínimo, y a las centrales azucareras o ingenios, el 45.5 % previo descuento del costo de la Vitamina A.

### **Ley de medio ambiente y recursos naturales**

En su Art. 74 establece que “Los manglares y arrecifes son reserva ecológica por lo que no se permitirá en ellos alteración alguna. Las zonas costero marinas donde están contenidos estos ecosistemas se considerarán áreas frágiles”. Por lo que debe garantizar que no se rompa su delicado equilibrio para beneficio de la población y los ecosistemas.

---

<sup>1</sup> Este mecanismo se refiere al contenido de sacarosa. El precio se determina con base en un promedio ponderado del precio en los tres mercados del azúcar (nacional, preferencial o estadounidense, e internacional) y del precio de la melaza en el mercado interno e internacional.

## **Ley de Áreas Naturales Protegidas**

En su Art. I. La LANP establece que tiene por objeto “regular el establecimiento del régimen legal, administración, manejo e incremento de las Áreas Naturales Protegidas”.

En cuanto a las regulaciones vinculadas con la actividad de producción de caña de azúcar, la LANP en su Art. 45. Establece las infracciones muy graves de las cuales identificamos las siguientes:

- a) Destruir o dañar los recursos naturales existentes en el lugar;
- c) Talar árboles, arbustos o cualquier otro tipo de vegetación, sin la correspondiente autorización;
- d) Utilizar en el Área o en la zona de amortiguamiento, agroquímicos que no estén autorizados por la autoridad responsable;
- i) Obstruir cauces naturales que impidan el flujo de las aguas;

## **Ley de Riego y Avenamiento**

La presente ley está encargada de regular: el uso de aguas con fines de riego y obligar a los que quieran hacer riego a contar con el permiso respectivo

**Art. 10.-** Sólo podrán aprovecharse aguas nacionales con fines de riego, mediante permiso o concesión otorgados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de conformidad a esta Ley y sus Reglamentos.

Se entenderá por permiso, la autorización conferida por Resolución de dicho Ministerio para utilizar, en forma transitoria, aguas nacionales con fines de riego, y por concesión, la autorización conferida para utilizar en forma permanente, dichas aguas para los mismos fines.

El aprovechamiento de las corrientes o depósitos de aguas limítrofes de carácter internacional, quedará sujeto a lo previsto en los respectivos convenios internacionales.

**Art. 14.-** El aprovechamiento de aguas nacionales para los permisionarios o concesionarios consiste en el uso de la misma, en las proporciones o dotaciones, plazos, modos y formas, términos y condiciones establecidos por esta Ley y sus Reglamentos. Las unidades de medida que se usarán para los efectos de esta Ley, serán la hectárea en relación a la superficie, y los litros por segundo, en relación a los volúmenes.

Cuando el exceso de riego pueda ocasionar daño a los suelos, se podrá limitar el uso del agua.

El permiso o la concesión deberán expresar en sus cláusulas, las normas de construcción, de aprovechamiento y de protección sanitaria y de suelos.

**Art. 15.-** Toda derivación o extracción de aguas deberá efectuarse por medio de dispositivos o estructuras que permitan su regulación y aforamiento, tales como compuertas, vertederos, marcos, medidores u otros...

Puestas las aguas a disposición de los usuarios, las pérdidas correrán a cargo de éstos.

## **Ley de Control de pesticidas, fertilizantes y productos para uso agrícola**

Este marco normativo regula entre otros temas, el riego aéreo de pesticidas, herbicidas y demás productos de efectos similares, su contenido establece regulaciones, ordena la inutilización de envases y la indemnización a terceros por daños ocasionados durante el riego, a continuación se presenta un extracto de los contenidos.

En el Art. 30. se establece los siguientes requisitos para la aplicación correcta de los productos: verificar los cambios de velocidad y dirección del viento...; Instalar válvulas de cierre hermético en las boquillas de los equipos de aspersión...; la aplicación de pesticidas se efectuará solamente cuando las condiciones de viento ofrezcan la seguridad necesaria...; que la aplicación se haga dentro de las zonas y distancias mínimas necesarias para prevenirla contaminación de ríos, nacimientos de agua, estanques, esteros, lagos y lagunas así como también otros depósitos y corrientes de agua susceptibles de contaminación; además, el propietario del cultivo deberá informar al Departamento de Defensa Agropecuaria la época de iniciación y finalización en que se verificarán las aplicaciones.

La omisión de cualquiera de estas obligaciones será calificada como falta grave de las señaladas en la letra a) del artículo 52.

El artículo 31 "...ordenará a los productores, distribuidores, usuarios de productos tóxicos, la inutilización de los envases usados...". En cuanto al artículo 33 manda al dueño del cultivo en que se haga aplicación aérea o terrestre...a indemnizar a terceros por los daños y perjuicios ocasionados por dicha aplicación....Establece además, que las personas naturales o jurídicas que ejecuten la aplicación, responderán solidariamente con aquél.

### **Código Penal**

En esta norma se identifican tres delitos vinculados a las actividades de la industria azucarera, estos son: depredación de bosque, depredación de flora protegida y quema de rastrojos, los cuales se citan a continuación.

#### Depredación de bosques

Art.258.- El que destruyere, quemare, talare o dañare, en todo o en parte, bosques u otras formaciones vegetales naturales o cultivadas que estuvieren legalmente protegidas, será sancionado con prisión de tres a seis años. Se exceptúan de cualquier pena los agricultores que realicen labores agrícolas estrictamente culturales.

#### Depredación de flora protegida

Art. 259.- el que cortare, talare, quemare, arrancare, recolectare, comerciare o efectuar tráfico ilegal de alguna especie o subespecie de flora protegida o destruyere o alterare gravemente su medio natural, será sancionado con prisión de uno a tres años. En la misma pena incurrirá quien en espacio natural protegido dañare gravemente alguno de los elementos que hubieren servido para calificarlo como tal.

#### Quema de rastrojos

Art. 262-a.- El que intencionalmente quemare rastrojos o cultivos de cualquier naturaleza, será sancionado con multa entre diez a doscientos días multa; equivaliendo cada día multa, al salario

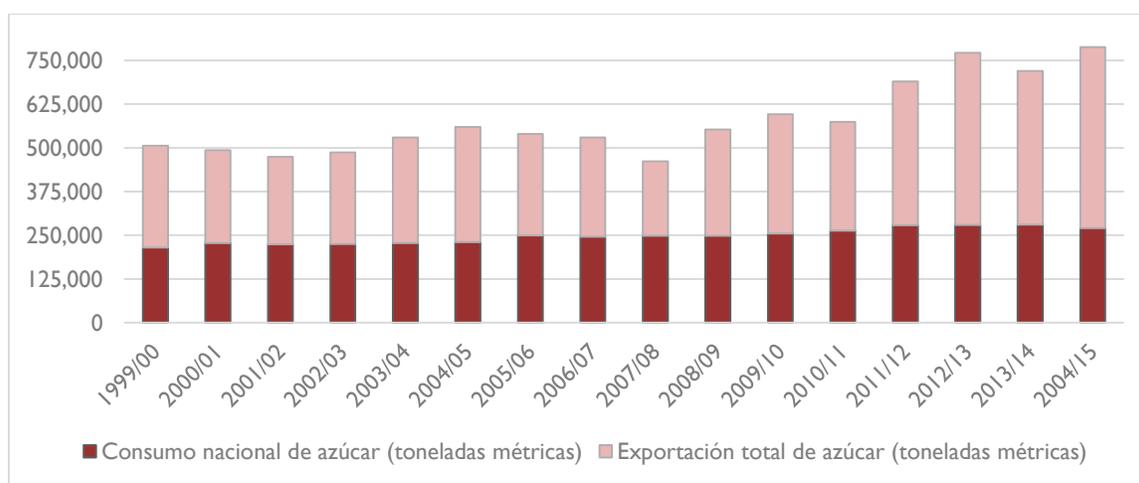
mínimo diario, según la capacidad económica del infractor. Se exceptúan de cualquier pena los agricultores, que realicen labores agrícolas estrictamente culturales.

## 1.3 El Mercado del Azúcar y sus Distorsiones

### La Demanda de Azúcar

La producción promedio de azúcar durante los últimos quince años ha sido de **585,661.88 toneladas métricas (TM)** de azúcar al año, de las cuales el consumo del mercado interno es de **248,072.44 TM** en promedio durante los periodos 1999/00 al 2014/15. Esta cantidad representa un **42.92 %** de la producción nacional de azúcar, el restante 57.98% de la producción se destina al mercado internacional y preferente (Ver Gráfico No. 1).

**Gráfico N° 1 Consumo Interno como proporción de la Producción Total de Azúcar<sup>2</sup>.**



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de los informes de FUNDAZÚCAR

### Mercado interno, (consumo nacional de azúcar).

El presente apartado busca darnos una idea de la composición del componente de demanda interna que conforma la demanda total de la industria azucarera, para ello se utilizaron datos vertidos por FUNDAZÚCAR en su informe de labores de los años 2000 al 2015. FUNDAZÚCAR se define a sí misma como 'una institución de servicio social sin fines de lucro, legalmente establecida por todos los ingenios azucareros del país, en el mes de Septiembre de 1998, y que opera en beneficio de la población rural azucarera.'

<sup>2</sup> Nota: En los datos proporcionados por FUNDAZÚCAR para las zafra 2000/01 - 2014/15 se cuenta con una inconsistencia de 99,945 Toneladas métricas entre la producción total, y la suma de la producción destinada al consumo interno más la producción destinado al mercado extranjero.

En el caso del azúcar, el mercado interno corresponde a toda la producción de la industria que se destina al comercio local, es decir todo el azúcar que se queda y se comercializa dentro del país, ya sea para consumo del sector doméstico o como materia prima para insumos de la industria.

El comportamiento del consumo interno de azúcar ha sufrido variaciones al alza casi imperceptibles, al relacionarlo con el aumento en la producción total de azúcar que paso de un promedio de 500,000 Tm en el periodo de 1999 al 2008 a 780,000 del 2009 al 2015, la proporción que representa el consumo interno ha decrecido pasando de **42.53 %** durante la para la zafra 1999/00 hasta un **34.28 %** para la zafra 2014/15. Por tanto podemos decir que el incremento en la producción nacional ésta destinada en su mayor parte a la exportación, tanto para el mercado preferente como para el resto del mercado internacional.

### **Mercado preferente**

El mercado preferente se define como aquel por el que un país A, con base en acuerdos específicos, ofrece condiciones especiales a la importación de un producto a un país B, ya sea este la reducción de aranceles y / o la eliminación de otras condiciones no arancelarias de ingreso, con ello se logra un mejor precio que al venderlo en el mercado internacional.

Actualmente se pueden identificar al menos tres países que brindan condiciones preferenciales a la importación de azúcar salvadoreña, el primero es Estados Unidos, basado en el CAFTA-DR y las cuotas establecidas en la Organización Mundial del Comercio; una establecida en el marco del Acuerdo de Asociación Centro América – Unión Europea (ADA CA – UE) y una más concedida por China Popular.

La cuota que gozaba de libre acceso en 2004 era de 27,379 Toneladas métricas anuales, a la cual se sumó desde el primer día de vigencia del Tratado de Libre Comercio, una cuota adicional de 24,000 Toneladas métricas. Esta cuota adicional tendrá incrementos anuales cercanos a las 800 Tm hasta llegar a una nueva base de 36,040 Toneladas **métricas** en el quinceavo año después de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio, es decir en el año 2019, mismo en el que se alcanzará una cuota total de **63,040 Toneladas métricas**. Cuenta además, desde 2014 con la entrada en vigencia del Acuerdo de Asociación Centro América – Unión Europea, con una cuota de 25,087 TM anuales, la cual tendrá un incremento anual de 5%. En este año además, Tras el retiro de la reserva interpuesta por El Salvador contra China ante la Organización Mundial de Comercio, el país asiático redujo los aranceles y abrió una cuota de importación de 50,000 TM para el azúcar del país.

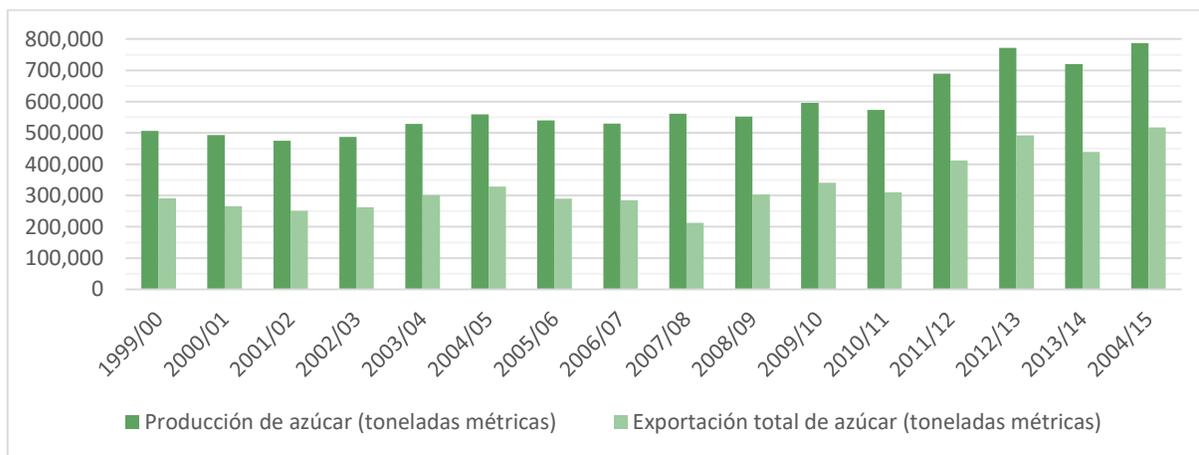
### **Mercado internacional - mundial**

El mercado internacional es el que se desarrolla en las principales bolsas de valores del mundo. Este se divide en mercado de divisas y de materias primas. En este último grupo entran activos como los materiales preciosos, el azúcar, el gas natural, los cereales o el crudo.

La cantidad que se coloca en el mercado mundial durante el periodo 1999 – 2015 ha representado en promedio el 50% de la producción total de azúcar, pasando de 280,000 Tm hasta 2008, a 570,000 en 2015.

La industria del azúcar ha desarrollado entre el año 2000 y 2015 una tasa de crecimiento promedio de **14.30 %**. Pasando de representar el **1.36 %** de las exportaciones en el año 2000 hasta alcanzar un **3.26 %** del total de las exportaciones en 2015. La exportación de azúcar también ha cambiado su composición dentro de las exportaciones tradicionales, ya que para el año 2000 representaban el **11.30 %** de las exportaciones tradicionales, mientras que para el año 2015 la exportación de azúcar alcanzó un **54.47 %** de las exportaciones de bienes tradicionales, lo cual nos da una tasa de crecimiento promedio de **20 %**, es decir que la producción y exportación de azúcar gana terreno dentro de la producción de bienes tradicionales, no solo dentro del total de exportaciones (Ver Gráfico No. 2).

**Gráfico N° 2:** Evolución de la demanda internacional con respecto a la producción total

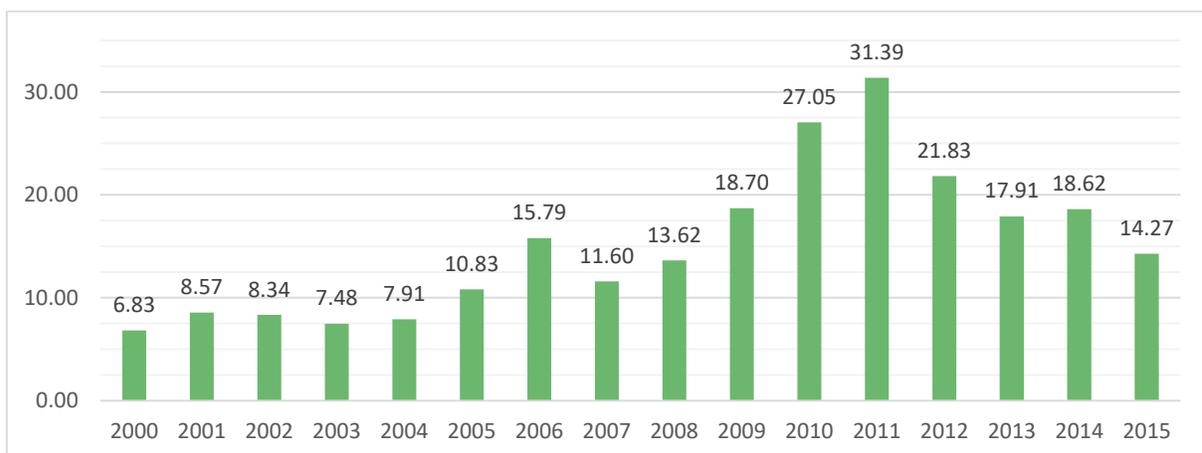


Fuente: Elaboración propia con base en el Informe de labores FUNDAZÚCAR correspondiente a las zafras 1990/00 - 2014/15)

En cuanto al establecimiento de cuotas de importación el reglamento de distribución de asignaciones anuales de azúcar para los mercados interno, preferencial y mundial, establece los rangos de producción y por lo tanto la asignación del excedente tan solo de dicho rango a la comercialización mundial, así como el establecimiento de una reserva estratégica que permita garantizar el abastecimiento del mercado interno y preferencial.

Un elemento importante a mencionar es que para la industria azucarera el mercado internacional es de excedentes, pues, los niveles de precios a los que se ha vendido el azúcar a lo largo de la historia está muy por debajo de los precios del mercado preferente, debido a que estos precios tienen muy bajos aranceles, y del mercado nacional el cual veremos adelante tiene un precio artificial. En el gráfico 3 se puede observar como en la serie de dieciséis años únicamente en tres periodos el precio internacional ha rebasado los \$20, el resto ha estado muy por debajo de ese monto, pese a ello las cantidades de azúcar que se colocan en ese mercado van en aumento, pasando de 300 mil toneladas en el año 2000 a más de 500 mil toneladas métricas en 2015.

**Gráfico N° 3:** Establecimiento del Precio Spot para el Mercado del Azúcar en el Mercado Internacional.



Fuente: Elaboración propia con base en el Informe de labores FUNDAZÚCAR correspondiente a las zafras 1990/00 - 2014/15.

### **La Oferta de Azúcar**

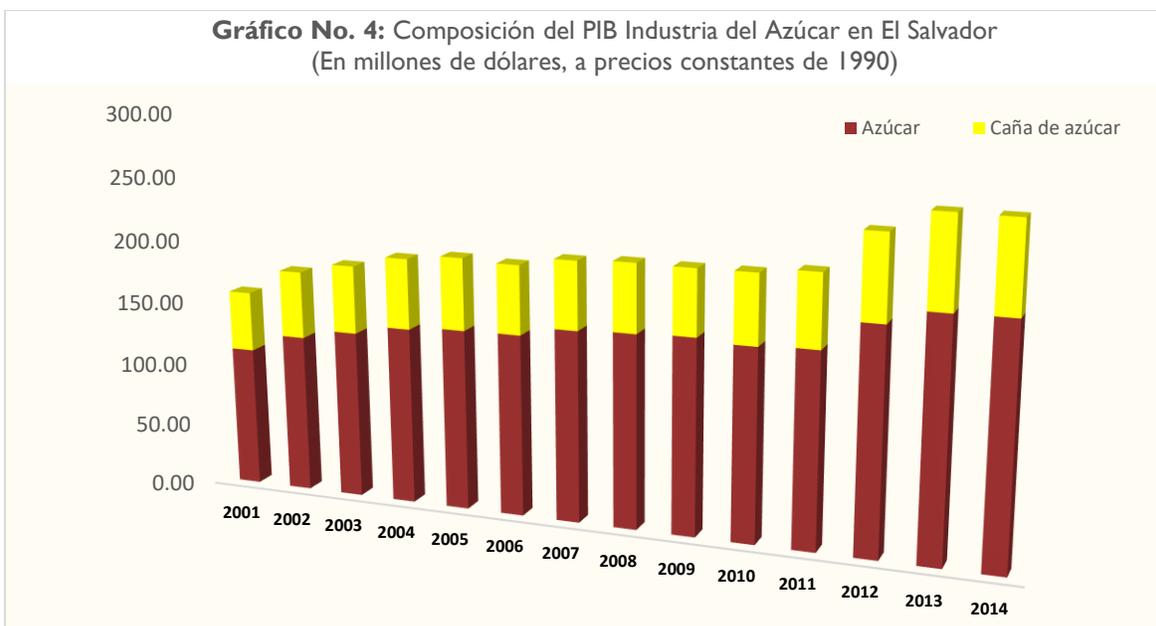
Para el análisis de la oferta vamos a revisar cada uno de los eslabones que intervienen en el proceso de producción, esto es la relación entre productores de caña e ingenios y la relación entre estos últimos con la empresa distribuidora de azúcar en el país.

### **Relación Productores de caña – Ingenios azucareros**

De acuerdo a cifras del CONSAA actualmente existen 7000 productores de caña en todo el país, los cuales en 2015 cultivaron alrededor de 79,717 hectáreas, toda esta producción es recolectada y entregada en 6 ingenios azucareros, los cuales realizan la respectiva transformación en azúcar.

La relación entre productores de caña e ingenios pese a que se regula desde la Ley de Promoción del Azúcar, hay que señalar que es bastante injusta y desigual, pues, basa su relación en el contenido del Art. 30 que establece que “...todo pago de caña de azúcar entregada por los productores a las centrales azucareras o ingenios se hará por libra de azúcar a los grados de polarización promedio ponderada de cada central azucarera o ingenio”, es decir, el pago de la caña se hace únicamente por el estimado de producción de azúcar, dejando fuera sub productos como el bagazo y la generación eléctrica.

Además, pese a que la norma establece una distribución de los ingresos de 54.5 y 45.5 para productores de caña e ingenios azucareros respectivamente, en la realidad como se observa en el gráfico 4 lo que existe es una concentración de las ganancias en manos de los dueños de los ingenios, en 2001 los ingresos de los productores de caña estaban cercanos al 28%, mientras que en 2014 se han reducido a menos del 26%.



Fuente: Cálculos propios con base en información de Revista Trimestral del Banco Central de Reserva de El Salvador, varios números

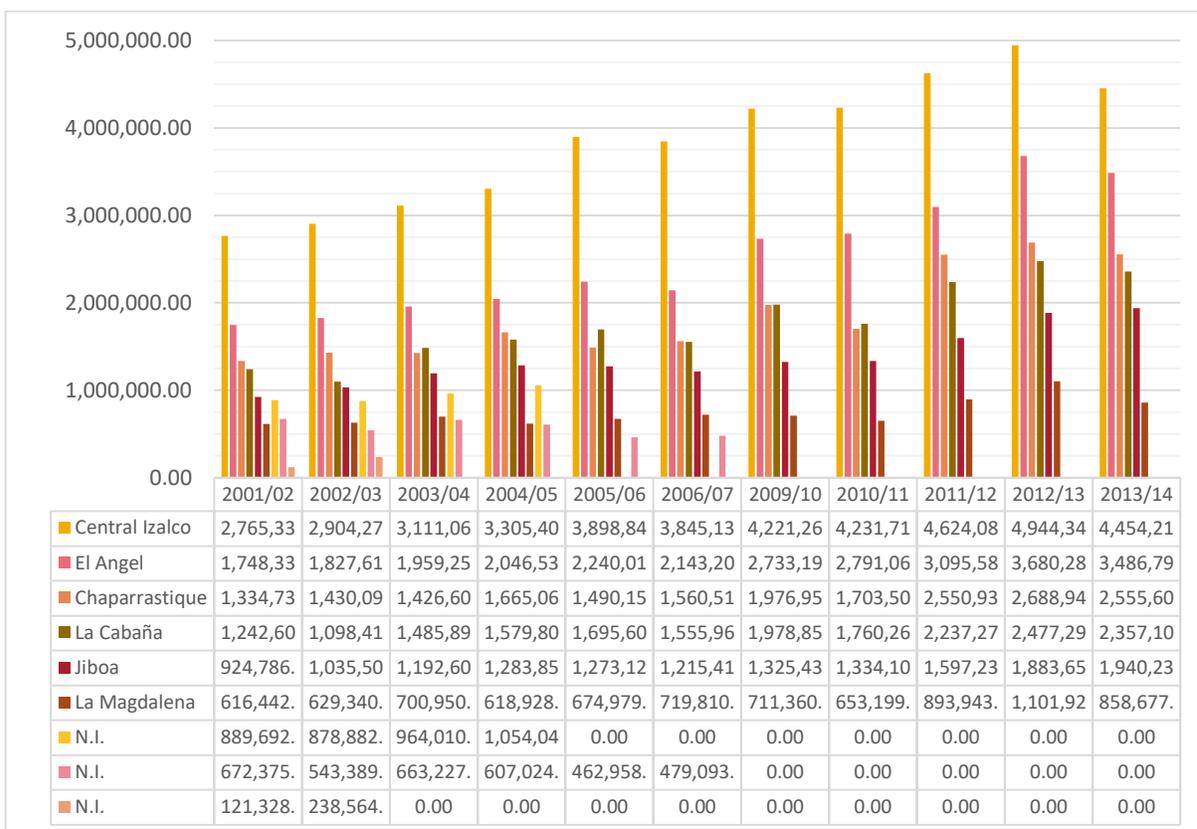
Los bajos ingresos de los productores de caña son determinados por lo menos por dos elementos, el primero es la concentración de la propiedad de los ingenios y segundo la distribución territorial del cultivo de la caña. En el primer caso, desde la privatización de los ingenios a finales del siglo pasado, ha habido una tendencia a la concentración del mercado, para el año zafra de 1999/00 eran nueve los que procesaban caña de azúcar, en 2001 había desaparecido uno, en la zafra 2005/06 ya eran siete, actualmente quedando tan solo seis ingenios operando a partir del año zafra 2009/10, siendo la producción media alcanzada en conjunto de más de 12 millones de quintales de azúcar al año (Ver Gráfico No. 5).

En cuanto a la territorialidad del cultivo, hay que decir que este elemento coloca en mayor desventaja la relación de los productores de caña con los ingenios azucareros, pues, existe una distribución territorial de la producción de caña para cada uno de los ingenios, lo que se conoce como zonificación o zona de influencia, y aunque cada productor es libre de entregar su caña al ingenio que mejor le pague, existen dos factores que limitan esta acción; el primero es geográfico y está delimitado por el costo de transporte, el cual se vuelve oneroso al buscar una alternativa diferente; y el segundo lo representan los acuerdos informales de no usurpación de zona de influencia, establecidos entre los ingenios azucareros, y que de acuerdo a funcionarios de una de las empresas es penalizado con montos de dinero.

### **Relación Ingenios Azucareros – Distribuidora de Azúcar**

Al hacer un análisis simple de la oferta de azúcar, considerando seis ingenios azucareros, se puede pensar que existe competencia entre ellos para ofrecer mejor precio y calidad en el bien ofrecido (azúcar) a la población consumidora. En la realidad lo que ocurre es que la Ley del Azúcar en su Art. 19 establece “Se asignará a cada una de las centrales azucareras... un porcentaje de la estimación de la demanda de azúcar en el Mercado Interno y preferencial... considerando la producción histórica” (Art. 19 Ley del Azúcar). Es decir, los seis ingenios se dividen el mercado interno en cuotas de acuerdo a su producción de azúcar.

**Gráfico N° 5: Evolución de la producción de azúcar según Ingenio Azucarero**



Fuente: Elaboración propia con base en el Anuario de Estadísticas Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Ganadería - Dirección General de Economía Agropecuaria.

Es importante aclarar que el contenido de la Ley del Azúcar, la cual fue aprobada en el año 2001, solo vino a legalizar una práctica que se estableció en 1989 cuando con el cierre del Instituto Nacional del Azúcar (INAZAÚCAR) se establece la Distribuidora de Azúcar y Derivados S.A de C.V (DIZÚCAR), esta empresa nace con la visión de “...fortalecer la unión de la Agroindustria Azucarera, mejorando sistemas de distribución y logística...” ([www.dizucar.com](http://www.dizucar.com)), hay que recordar que en ese momento los ingenios eran de propiedad pública.

En la actualidad DIZUCAR empaqueta y distribuye una sola marca de azúcar en el país a un precio que se establece de acuerdo a la Ley del Azúcar, el cual de acuerdo al Art. 22 son facultados los Ministros de Agricultura y de Economía para que en base a recomendaciones del directorio del CONSAA, establezca los precios máximos del azúcar y miel final, ordena también que las recomendaciones se basen en un estudio técnico, económico y social de la agroindustria, mismo que después de quince años de vigencia de la Ley, aún no ha sido realizado por el CONSAA (Art. 22 Ley de Promoción del Azúcar). Hay que decir que durante el proceso de esta investigación se solicitó al CONSAA los acuerdos de Junta Directiva donde se recomienda a las autoridades los precios de venta al mercado interno y su respuesta es que “la institución no posee hasta la fecha ningún acuerdo efectuado por el directorio en donde se recomiende el precio del azúcar”; la misma respuesta se obtuvo del Ministerio de Economía (Ver Anexo I).

### **Precio Artificial en mercado nacional**

Vamos a suponer que el precio de consumo de azúcar en el país no se establece por acuerdo del Directorio del CONSAA, entonces podemos decir que este precio oneroso es posible sostenerlo mediante la utilización de una serie de barreras arancelarias y no arancelarias a la importación del azúcar y sus derivados. En primer lugar, en el Sistema Arancelario Centroamericano (SAC), establece que el arancel para la importación de azúcar es del 40%, y se encuentra clasificada en el rubro arancelario 1701.11.00 “Azúcar de caña”. Asimismo, en el Anexo “A” del Tratado General de Integración Económica Centroamericana, de la resolución No. 05-2006 (CEIE), el azúcar se encuentra dentro del régimen común a los cinco países, y dicho producto presenta control de importación, es decir que necesita licencia para gozar de libre comercio, de lo contrario estará sujeto al pago de los derechos arancelarios. De acuerdo a la Superintendencia de Competencia (2008) se hizo intentos de conseguir una licencia de importación de azúcar en el Ministerio de Economía, sin ningún resultado.

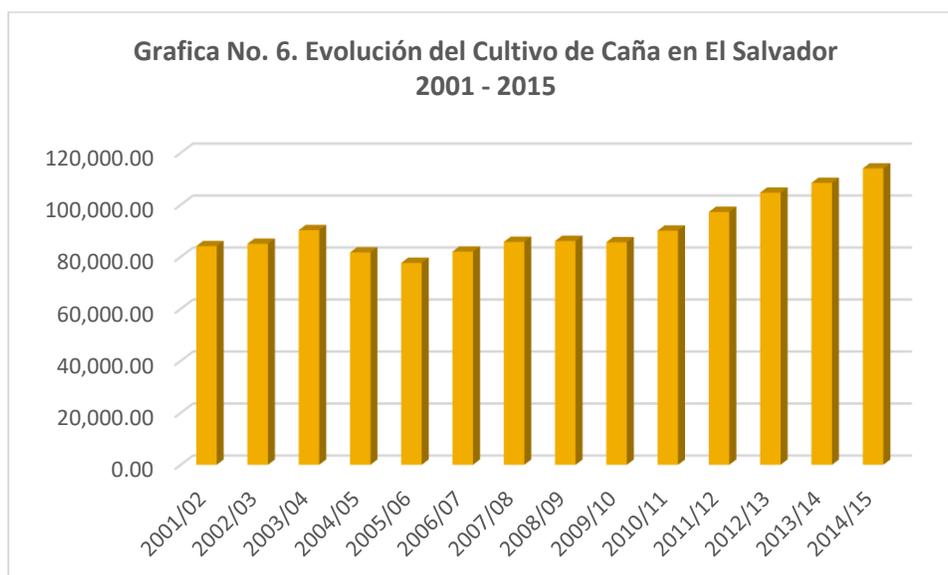
Por otra parte existe una serie de requisitos no arancelarios como los establecidos en el artículo 5 de la Ley de Fortificación del Azúcar con Vitamina “A”: “Art. 5.- Al Ministerio de Economía le corresponderá: a) Ejercer los controles necesarios para que no se importe azúcar sin fortificar; b) Las demás que les señale esta ley y su reglamento”. Respecto al consumo industrial de azúcar, según entrevistas realizadas por la Superintendencia de Competencia, a algunos industriales, se argumentó que en ciertos procesos productivos el insumo pudiese perder la vitamina “A”, provocando que, en casos como éstos, carezca de sentido la obligación de fortificación (SC, 2008: 82).

Asimismo, en el artículo 6 letra i) de la Ley de Zonas Francas Industriales y de Comercialización, las personas que se dediquen a la producción, ensamble o maquila, manufactura, procesamiento, transformación o comercialización de azúcar, sus sustitutos, derivados y subproductos; así como cualquier bien que incorpore directa o indirectamente azúcar, sus sustitutos, derivados y subproductos, no puede gozar de los beneficios e incentivos fiscales previstos en dicha legislación.

## II. Impactos de la Expansión de la Caña en Zona Marino Costera: Caso Zona Baja San Francisco Menéndez

### 2.1 Zonas de Cultivo en El Salvador

De acuerdo a la Dirección General de Estadísticas Agropecuarias del MAG, el área de cultivo de caña de azúcar a nivel nacional ha pasado de 98,000 manzanas en la zafra 2001 – 2002, a 114,00 manzanas en 2014 - 2015, lo que representa un crecimiento durante el periodo del 29.5% (Ver Gráfica No. 5). dicho aumento de acuerdo al MARN se ha concentrado en la zona costera oriental del país territorios en los que es necesario la implementación de sistemas de riego, lo que vuelve aún más crítica la situación de demanda de agua en esa zona (MARN, 2012).

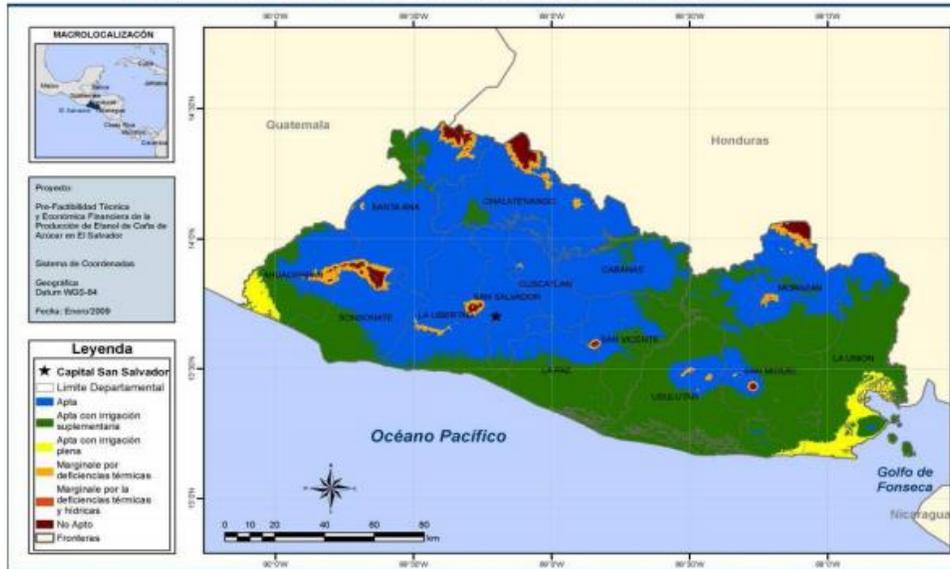


Pese a la importancia de conocer la cantidad de hectáreas de caña de azúcar que requiere de riego para su producción, no existe un dato exacto al respecto. Un gráfico de la Fundación Gentulio Vargas citado en el mismo documento del MARN (2012) se indica que casi la totalidad del cultivo en la zona oriental requiere riego, de la misma forma que en la zona costera occidental (Ver imagen No.1).

Figura No. 1 Zonas Potenciales para el Cultivo de Caña de Azúcar El Salvador

MAPA 3

**El Salvador: áreas de caña que se pueden producir sin riego , ( azul)con riego complementario, ( verde) o con irrigación plena ( amarillo)**



Fuente: Fundación Getulio Vargas.

Fuente: MARN, 2012

Si comparamos esta imagen, zonas con potencial para el cultivo de caña usando riego, con el Mapa No. 1 en el que se identifican las zonas de cultivo de caña en el país, podemos observar que las zonas de cultivo de los departamentos de Ahuachapán, municipios de San Francisco Menéndez y Jujutla, Sonsonate en los municipios de Acajutla, Sonsonate y Santa Isabel Ishuatán, La Libertad en el municipio del Puerto de La Libertad, La Paz en los municipios de San Luis Talpa, San Pedro Masahuat, San Rafael Obrajuelo, San Luis la Herradura y Zacatecoluca, San Vicente en el municipio de Tecoluca, Usulután en los municipios de Jiquilisco, Puerto El Triunfo, Usulután, Concepción Bártres y Jucuarán, y San Miguel en el municipio de San Miguel; se cultivan únicamente mediante el uso del agua durante los meses de verano.

## 2.2 Requerimiento hídrico del cultivo de caña de azúcar

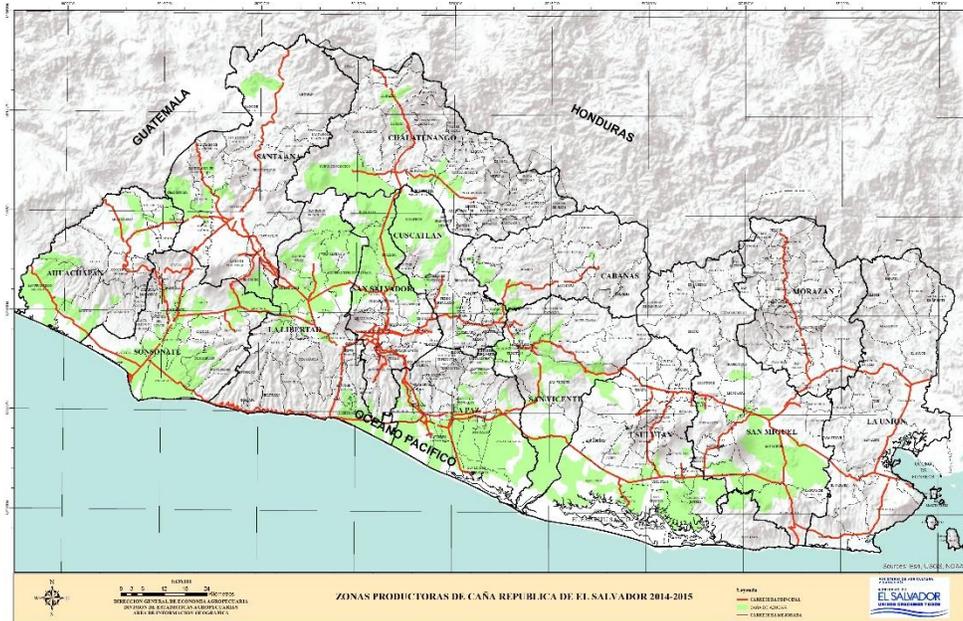
En general, los consumos de agua para riego con el objetivo de satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo de caña de azúcar dependen fundamentalmente de las condiciones climáticas y los tipos de suelos. Las condiciones climáticas se encuentran asociadas directamente a las temperaturas y a la evapotranspiración potencial característica en la zona, así como a los tipos de suelos en cuanto a su textura y permeabilidad lo cual determina en gran medida su capacidad de retención de humedad y disponibilidad de agua que puede ser aprovechada para el desarrollo vegetativo de las plantas.

La franja costera-marina a lo largo del país, donde se encuentra inmersa la zona de estudio, se caracteriza precisamente por presentar altos niveles de evapotranspiración potencial y presencia mayoritaria de suelos aluviales con una textura franco arenosa con trazas de limo, material arcilloso y materia orgánica (ver mapa 5), que le confieren propiedades de moderada a buena permeabilidad, con una capacidad de campo en el orden del 24% de humedad y punto de marchitez en el orden del

12% de humedad, lo cual provee una disponibilidad de humedad resultante para el aprovechamiento de los cultivos en el orden del 12%.

Esta disponibilidad de humedad, se ve afectada tanto por el alto efecto de evapotranspiración potencial, como por la buena permeabilidad que le permite una rápida infiltración hacia estratos más profundos donde no puede ser aprovechada por las raíces de las plantas, (la profundidad radicular de absorción de agua de la Caña de Azúcar se encuentran entre 40-60 cms) lo que conlleva a la necesidad de un mayor suministro de agua para satisfacer el requerimiento hídrico del cultivo.

**Mapa I. Zonas de cultivo de caña en El Salvador**



Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería

Tomando en cuenta estas consideraciones, en el presente apartado se analizan y estiman cuantitativamente las extracciones efectuadas para ambas cuencas de estudio para el riego de las plantaciones de Caña de Azúcar, tanto las provenientes de las aguas superficiales como subterráneas del acuífero somero local, tomando en cuenta los requerimientos hídricos de la Caña de Azúcar para su desarrollo vegetativo en base a los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ), registros de temperatura media y evapotranspiración potencial mensual establecidas en estación meteorológica de la Hachadura H-14, los reportes del conocimiento de los pobladores y representantes locales comunitarios en cuanto a la modalidad de extracciones para riego, superficial y subterráneo, horarios de riego, equipo de bombeo utilizado, temporadas o meses del año, etc, recorridos de campo realizados conjuntamente con técnicos de UNES y representantes locales, así como los otorgamientos de permisos para riego establecidos por el MAG en esa zona.

## **2.3 Caracterización hidrofísica del territorio y cuencas de estudio: Zanjón El Aguacate y Zanjón El Chino.**

### **a. Ubicación y Fisiografía**

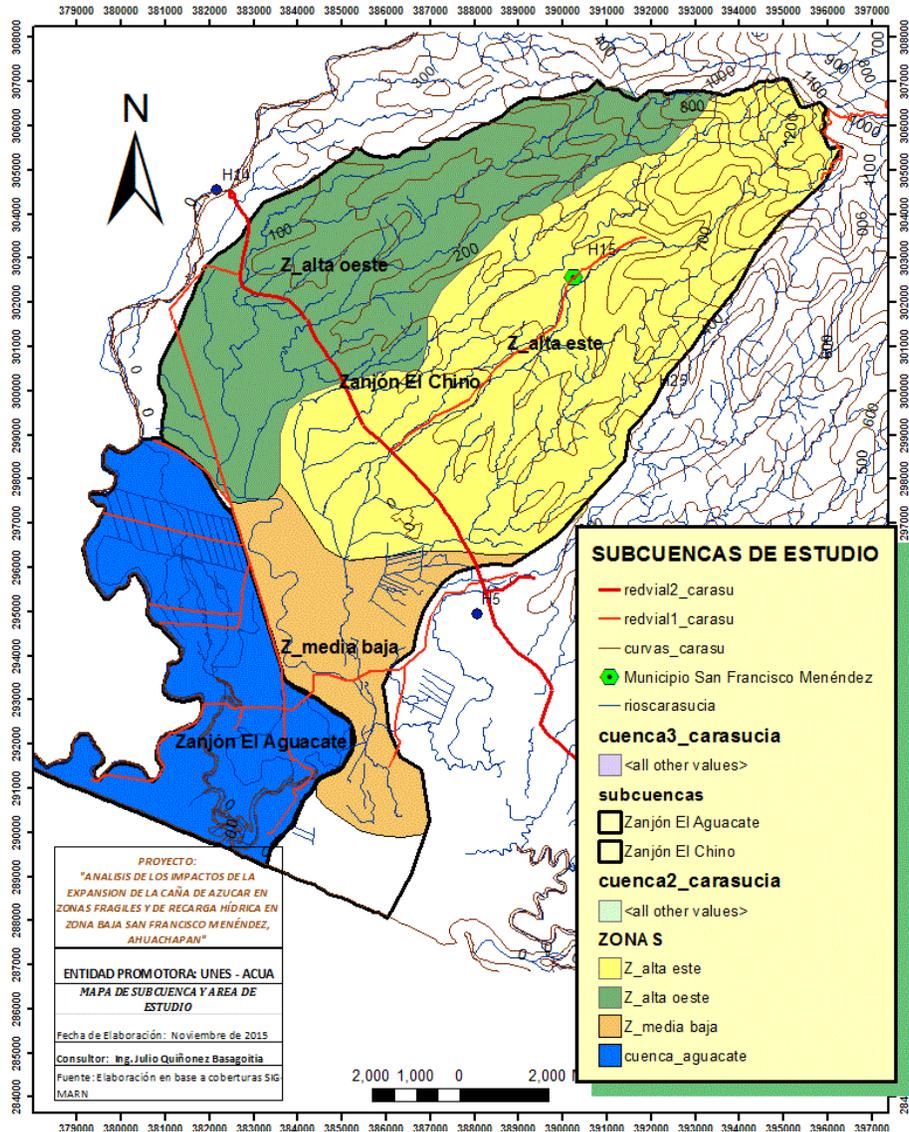
El área de estudio comprende las cuencas hidrográficas del Zanjón El Aguacate y el Zanjón El Chino, tal como se presenta en el mapa 1, ubicada la primera en la zona baja de la cuenca hidrográfica del río Paz, delimitada al Norte y Sur por las latitudes coordenadas (Y) 299000 y 289000, respectivamente, y al Oeste y Este, por las longitudes coordenadas (X) 379000 y 385000 respectivamente. La cuenca del zanjón el Aguacate no posee nacimientos de agua, por lo que depende en la época seca únicamente de los influjos provenientes del río Paz.

La cuenca hidrográfica del zanjón El Chino, es una cuenca colindante a la cuenca del río Paz y pertenece a la región hidrográfica Cara Sucia – San Pedro. La misma se encuentra delimitada en su parte alta, al Norte por la latitud, coordenada (Y) 307000 y en la parte baja, al Sur (Y) 289000. Al Oeste y Este, por las coordenadas, Longitud (X), 380800 y 396100 respectivamente.

La cuenca del zanjón El Chino posee una extensión total de 125.75 Km<sup>2</sup> hasta el punto de control establecido antes de su confluencia con el estero de la Barra de Santiago. La cuenca se ha subdividido en tres sub cuencas definidas por la zona alta Oeste con un área de 43.66 Km<sup>2</sup>, zona alta Este con 63.59 Km<sup>2</sup> y la zona media baja de 18.5 Km<sup>2</sup>. Esta subdivisión se ha efectuado con el fin de diferenciar los dos ramales principales de la cuenca alta, los cuales convergen en los brazos que confluyen y conforman, en la parte media-baja, el cauce principal del Zanjón El Chino. Estos dos ramales de la zona alta poseen altas pendientes en el orden del 16% - 18% en las zonas elevadas por encima de la cota 700 msnm, lo que favorece el escurrimiento rápido cuando la cobertura vegetal es escasa o compuesta por áreas arbustivas y zonas degradadas. Sin embargo, la parte alta Este se encuentra conformada por las estribaciones del bosque El Imposible y otras áreas de cobertura arbórea circundante, lo que propicia la infiltración, el tránsito del flujo sub superficial y la aparición de manantiales o nacimientos de aguas en las zonas de gran elevación por encima de los 600 msnm, de acuerdo a los inventarios de fuentes de agua reflejados en el mapa de Cotas Piezométricas y Flujos de Acuíferos de El Salvador, masa de agua subterránea MASub-ESA-01, elaborados en el marco del Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PNGIRH) MARN 2014.

Entre las elevaciones 200 msnm y 600 msnm se presentan pendientes en el orden de 8% - 10%, estableciéndose una zona de escurrimiento con velocidad moderada, áreas mayoritarias de cultivos, tal como se presenta en el mapa de usos de suelos, y con escasa presencia de manantiales o fuentes de agua de buen o moderado rendimiento (> 10 lts/seg). Entre la elevación 100 msnm y la elevación 200 msnm se tienen pendientes bajas de 3% al 5% con presencia de algunos nacimientos de agua, en virtud que dicha franja constituye la zona de interface entre la formación geológica de mayor permeabilidad y porosidad (San Salvador Q'f), que caracteriza la llanura costera y posee un rendimiento potencial de extracción hídrica moderado y la formación geológica de mayor antigüedad (bálsamo b1), la cual se conforma como un estrato de baja permeabilidad y no acuífero. En ese sentido, los flujos subsuperficiales que transitan a escasa profundidad por el estrato "no acuífero" b1 pueden aflorar a la atmosfera con mayor facilidad cuando encuentran los estratos porosos y permeables de la formación geológica Q'f.

## **Mapa 2: Subcuencas de Estudio Zanjón El Chino y Zanjón El Aguacate**



Estos flujos y los provenientes de las zonas altas, constituyen las aportaciones subterráneas o caudales base de la época seca, los cuales son esenciales para el mantenimiento de la red hídrica y los ecosistemas en toda la hidrografía y especialmente en la zona baja, donde no existen nacimientos de agua. A partir de la elevación 100 msnm, que se presenta al norte de la carretera del Litoral que conduce a La Hachadura, se extiende en dirección Sur la llanura costera. Tal como se ha indicado, en toda esta zona no hay presencia de manantiales o nacimientos de agua, sino la formación acuífera de moderado rendimiento que puede ser aprovechada mediante pozos semi profundos en áreas ubicadas en elevaciones superiores a los 90 msnm, cercanas a la carretera del Litoral.

La zona baja posee pendientes entre 0.3% y 1.5% lo cual genera en época de lluvia un escurrimiento lento, con alta capacidad de infiltración debido a la textura franco limo-arenoso del suelo y un bajo potencial erosivo.

Esta misma situación se refleja prácticamente en la totalidad de la cuenca del zanjón Aguacate, la cual tiene una extensión de 29.92 Km<sup>2</sup> y no posee las estribaciones características de las zonas medias y altas de las cuencas, sino que se conforma de una amplia llanura de suaves y mínimas pendientes, careciendo de nacimientos de agua. Por otro lado, esta fisiografía le confiere la posibilidad de un alto potencial de infiltración que interactúa con los tipos de suelos predominantes en la zona y las formaciones geológicas recientes, aunque encuentra sus limitaciones debido a la escasa cobertura arbórea en la zona y a la amplia presencia de plantaciones de caña de azúcar, pues la escasa presencia de cobertura arbórea, propicia una menor retención del escurrimiento y de la humedad del suelo, una mayor evapotranspiración y una menor calidad del agua en el acuífero.

Dadas estas condiciones El Zanjón El Aguacate, es una hidrografía que depende en gran medida de los influjos provenientes del río Paz para el mantenimiento de los caudales base y de los influjos necesarios para la preservación de los ecosistemas, las zonas ribereñas y el equilibrio hidrológico de la cuenca.

### **b. Características Geológicas y Tipos de Suelos**

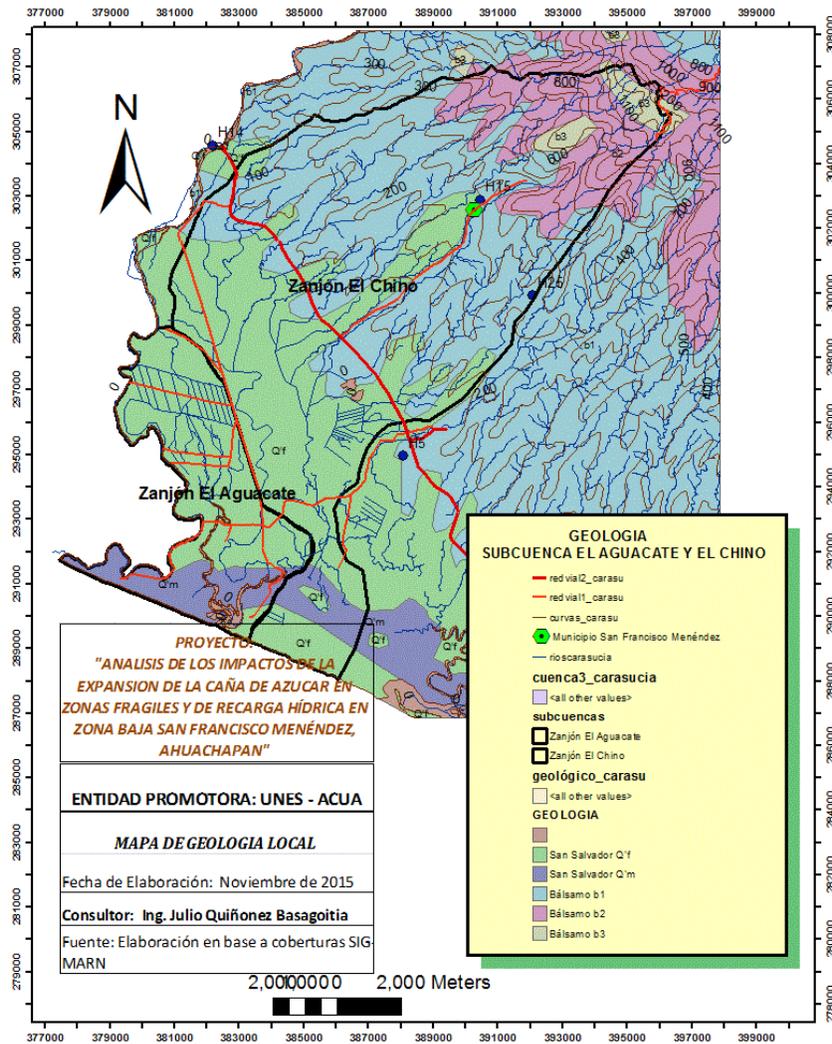
La geología de las zonas altas se caracteriza por presentar las formaciones más antiguas (bálsamo b1 y b3) con una edad geológica del Mioceno-Plioceno en el orden de los dos millones de años. Se caracterizan por ser materiales rocosos de origen volcánico y piroclásticas líticas con lápillo de pómez y limo rojo, las cuales son muy compactas y consolidadas.

Desde un punto de vista hidrogeológico se consideran “Unidades de Rocas No Acuíferas” y presentan conductividades hidráulicas bajas o nulas debido a su baja porosidad y alta compactación con espesores que pueden llegar a superar los 100 mts. Sin embargo pueden presentar porosidad secundaria o conducción de flujos subsuperficiales, principalmente a través del sistema de fallas geológicas, o a través de fisuramientos inducidos por las raíces de los árboles que pueden penetrar estratos semiprofundos.

Esto adquiere gran importancia en las zonas altas donde se presentan las formaciones b3 y b1, ya que su interacción con la amplia cobertura del bosque El Imposible y las zonas arborizadas adyacentes, propician la retención e infiltración del escurrimiento el cual circula de forma subsuperficial y regulada hasta su afloramiento como nacimientos de agua en la misma zona alta y media, los cuales constituyen en mayor medida los caudales medios en el invierno, y los caudales base de la cuenca media y alta del Zanjón El Chino en la época seca. En el mapa 2 se observa la geología de la zona de estudio.

La zona media baja del Zanjón El Chino y en su totalidad la cuenca del Zanjón El Aguacate, presentan una geología reciente caracterizada por depósitos sedimentarios del cuaternario Q<sup>f</sup> correspondientes a una formación o depositación en el orden de los dos mil años. En general se constituyen de materiales friables y muy permeables, compuestos por partículas de escasa compactación con tamaños inferiores a los 2 cms, careciendo mayoritariamente de matriz fina y material cementante o arcilloso, en su conformación superficial.

### Mapa 3: Geología Local



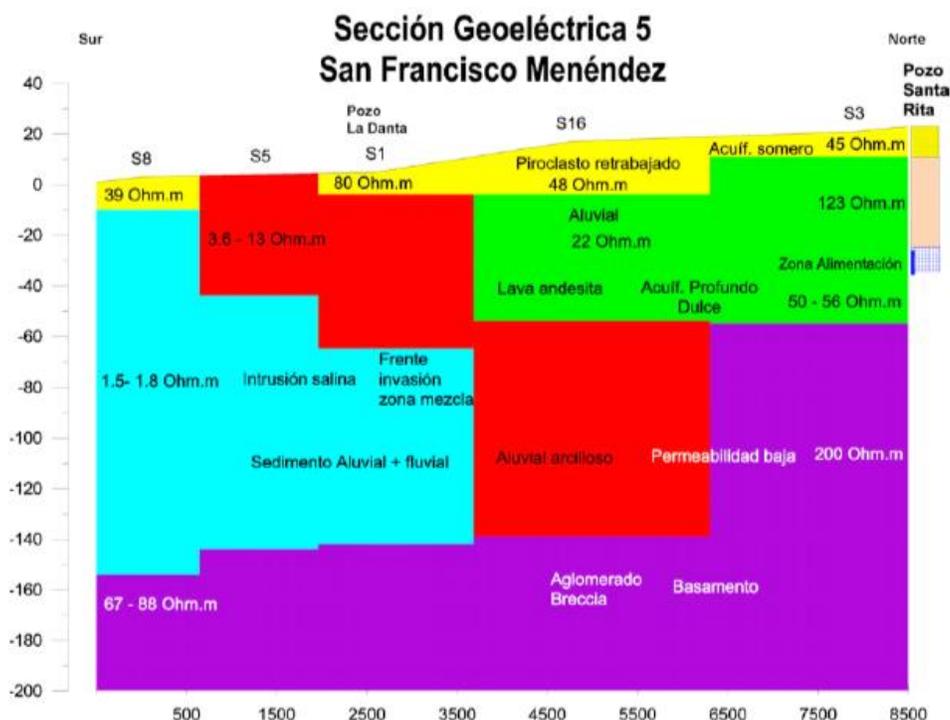
Desde un punto de vista hidrogeológico y en base a la clasificación del Mapa Hidrogeológico de ANDA, la formación se constituye en una Formación Acuífera Poroso de gran Extensión y Productividad Media donde predominan los aglomerados y materiales sedimentarios teniendo una buena distribución granulométrica lo cual favorece la conductividad hidráulica, considerada en términos generales como moderada, o baja cuando existe mayor presencia de finos. Los espesores de esta unidad acuífera pueden alcanzar los 50 mts.

De acuerdo a los resultados de la prospección geoelectrónica realizado por UNES-GDM3, llevados a cabo en el marco del estudio de la salinidad del agua en el acuífero de la cuenca baja del río Paz, esta Unidad Acuífera Poroso de gran extensión y productividad media se compone de tres estratos

<sup>3</sup> UNES-GDM, "Detección de la Salinidad en la Cuenca Baja del Río Paz, San Francisco Menéndez Ahuachapán" Proyecto: Gestión del Agua para la Adaptación al Cambio Climático, El Salvador, febrero 2013.

fundamentales. El acuífero superficial somero y libre con una profundidad entre los 15mts - 25mts compuesto por materiales volcánicos sedimentarios y depositados de textura franco-arenosa, el cual posee una buena permeabilidad y es donde se aloja el agua dulce de la recarga interanual y el agua para el abastecimiento de la población mediante pozos excavados o punteras. Este estrato se presenta en coloración amarilla, tal como se ilustra en la figura 1 correspondiente a la sección geoelectrica 5 del estudio presentado por UNES-GDM. Puede observarse que este estrato acuífero se extiende desde la línea costera al Sur, hacia el Norte en una longitud de 8.5 kms.

**Figura 2: Sección Geoelectrica 5 San Francisco Menéndez**



*Figura 7 Sección geoelectrica con dirección sur-norte. Ilustra la masa de agua marina en el acuífero costero con una extensión de 3500 m tierra adentro*

Fuente: Sección geo eléctrica estudio UNES-GDM - 2013

Este acuífero superficial se encuentra sobrepuesto, mayoritariamente, sobre un acuífero semi confinado de materiales aluviales de moderada permeabilidad con un espesor promedio de 40 mts. (El cual se observa en coloración verde) y se extiende a partir de 3.5 kms desde la línea de costa hacia el Sur. En la zona cercana a la línea de costa y a partir de los 1.5 kms hasta los 3.5 kms el acuífero somero sobreyace al acuífero compuesto por material aluvial arcilloso, caracterizado por su baja permeabilidad y alta salinidad, observándose en coloración roja.

La cuña salina se dispone en una formación de sedimento aluvial-fluvial (expresado en coloración celeste) que se extiende en una longitud promedio de 3.5 kms – 4.0 kms hacia el Norte desde la línea de costa y posee un espesor variable entre los 80 y 150 mts. A partir de los 2.5 kms la cuña salina es confinada en la parte superior y en el extremo Norte por el estrato de materiales finos semiconfinado de material aluvial arcilloso expresado en coloración roja. Bajo la cuña salina a una profundidad estimada de 150 mts se encuentra el basamento constituido por formaciones geológicas

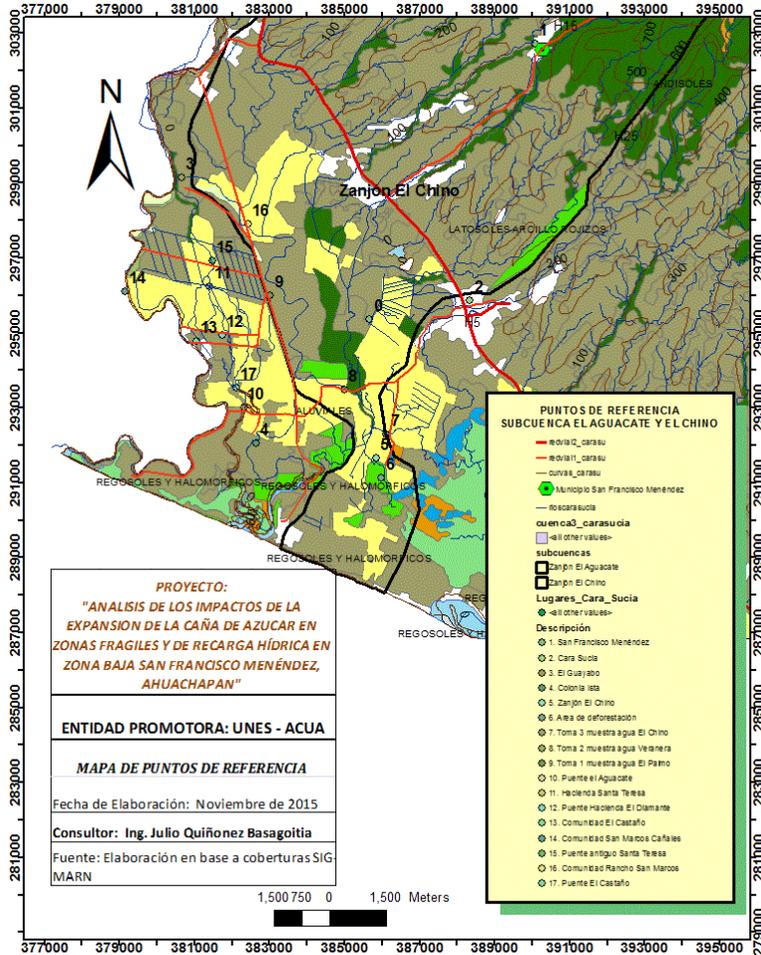
más antiguas, compactas y con muy baja permeabilidad, expresado en coloración morada. Un aspecto importante a destacar es que de acuerdo al programa de muestreo para el análisis físico-químico del agua realizados en dicho estudio en el año 2013, el acuífero semiconfinado de sedimento aluvial arcilloso, expresado en coloración roja y que se encuentra separando la cuña salina del acuífero superficial podría estar siendo contaminado por el agua salina, principalmente en una zona ubicada entre los 500 y 1500 mts al Norte de la línea costera, donde aflora a la superficie dicho acuífero semiconfinado de materiales finos arcillosos, tal como se observa en la figura 1.

Esta situación empezó a ser considerada a partir de los altos valores de concentraciones de cloruros y sólidos totales disueltos que se correlacionan con el agua salobre de los pozos, tal como lo indicaron los resultados obtenidos en la colonia ISTA, ubicada en el punto 4 del mapa de puntos de referencia (mapa 3), que se obtuvieron en el marco del estudio de UNES-GDM 2013. Es importante recordar que el agua salada es más densa y viscosa que el agua dulce por lo que tiende a disponerse por debajo del agua dulce. Sin embargo ante la ausencia o déficit de agua dulce, se genera una descompensación de las fuerzas hidro estáticas, generando que el agua salada ascienda hasta encontrar su equilibrio de presiones cercanas a la elevación piezométrica “0” msnm, contaminando con ello el agua dulce disponible en el acuífero superficial.

A partir del estudio de UNES-GDM, se pudo establecer que esta ausencia de elevaciones piezométricas (0 msnm) del agua dulce con respecto al nivel del mar, coincide en gran medida, con la zona de afloramiento de la formación semiconfinada compuesta por materiales finos arcillosos. Esta zona definida por la ausencia de niveles piezométricos del agua dulce con respecto al nivel del mar, posee un ancho en la parte occidental de aproximadamente 2 kms, comprendida entre el punto 4 donde se ubica la colonia ISTA y el punto 12 donde se ubica el puente El Diamante, indicados en el mapa 3, para luego disminuir en su ancho a un estimado de 500 mts en la parte oriental. La extensión longitudinal de dicha franja comprendida del Oeste al Este, paralela a la línea costera, es de 5 kms aproximadamente, atravesando ambas cuencas.

La diferencia de niveles estáticos, entre la zona de piezometría de agua salobre de “0 msnm” y los niveles piezométricos del agua dulce más altos comprendidos entre 14 msnm y 20 msnm, ubicados en las proximidades de Santa Rita y El Guayabo, hace que las direcciones de los flujos subterráneos se dirijan precisamente hacia esa zona de piezometría “0 msnm”, tal como se presenta en el mapa 4 elaborado por UNES-GDM. Puede destacarse que ese comportamiento dinámico del acuífero dado por las rápidas circulaciones del flujo subterráneo desde los puntos piezométricos más altos hacia esa “fosa subterránea”, generan un efecto de descarga interna del acuífero somero y superficial donde se encuentra el agua dulce.

#### **Mapa 4: Puntos de referencia Zanjón El Aguacate y El Chino**

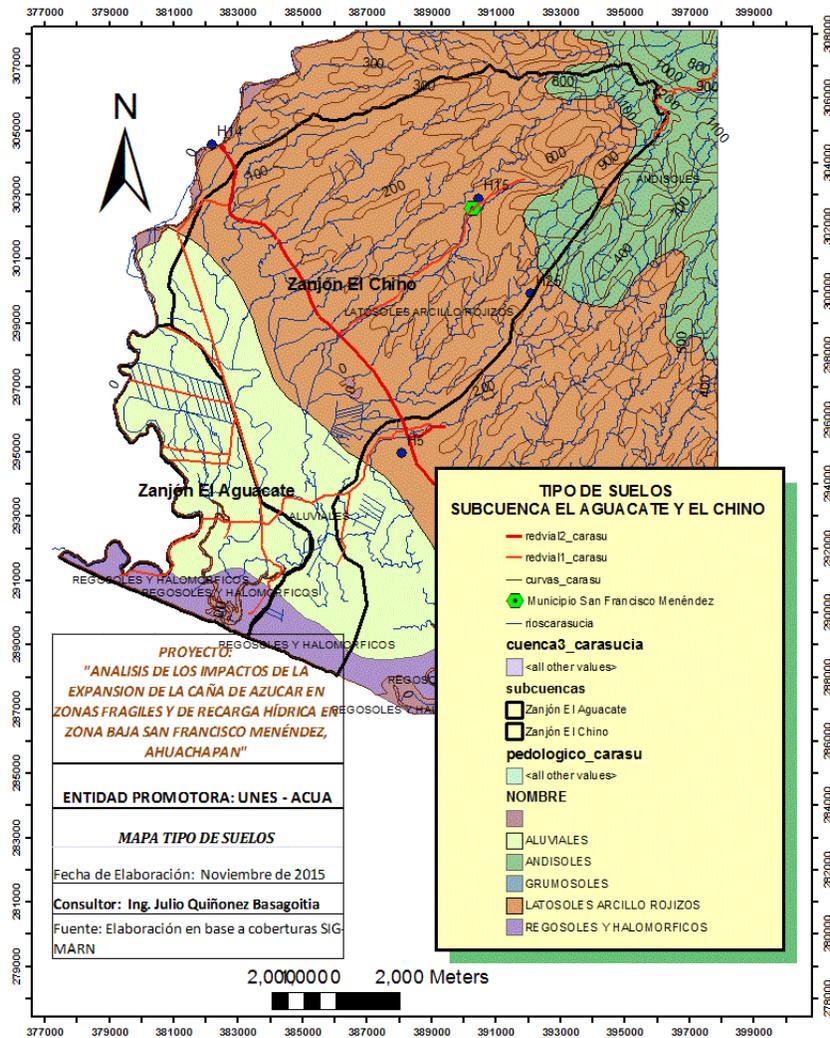


Una de las líneas de investigación sugeridas por el estudio de UNES-GDM es precisamente analizar los aspectos causales de la formación de dicha “fosa piezométrica subterránea”, la cual constituye un significativo ámbito desequilibrante en la dinámica de las aguas subterráneas, que podría encontrarse asociado, de acuerdo al mismo estudio, a las elevadas extracciones de agua dulce para riego agrícola, fundamentalmente el proveniente de la Caña de Azúcar que se ejercen mayoritariamente, precisamente sobre dicha geografía y su entorno, tal como puede observarse en el mapa de usos del suelo (mapa 6).

El tipo de suelo predominante en la zona de estudio es Latosoles Arcillosos Rojizos en las zonas altas y Aluviales en la llanura costera, tal como se observa en el mapa 5. Los suelos Latosoles arcillosos rojizos poseen una estructura franco arcillosa, con una alta capacidad de retención hídrica y una baja conductividad hidráulica, lo que favorece el escurrimiento subsuperficial lento y la presencia de nacimientos y afloramientos en ladera, tal como se presentan en las estribaciones altas, lo cual se relaciona directamente con el efecto regulador del subsuelo.



**Mapa 6: Tipos de Suelo Zanjón el Aguate y El Chino**



### c. Usos del Suelo

Tomando como base la cobertura SIG efectuada por el Corin Land Cover MARN 2002, imágenes satelitales y mediante recorridos de campo y geo referenciación de puntos indicativos, se llevó a cabo el trazo de poligonales clasificándolas en los usos característicos de la zona, tal como se presenta en el mapa 6.

En la tabla 1 se presenta la distribución de usos del suelo para cada una de las cuencas de estudio, la cual comprende el Zanjón el Aguacate y las tres zonas que conforman la cuenca Zanjón El Chino. Puede observarse en el mapa 6 que las áreas destinadas a las plantaciones de Caña de Azúcar establecidas en color amarillo alcanzan una extensión de 956 Hectáreas (Ha) equivalentes a 1367.9 manzanas (Mz) para el Zanjón El Chino y 851 Ha equivalentes a 1217.63 Mz para el Zanjón el Aguacate, haciendo un total de 2,585.53 Mz para la zona de estudio.

**Tabla 1: Distribución de los Usos del Suelo Km2**

Tipos de usos del suelo	Cuenca Zanjón El Chino			Total cuenca Zanjón El Chino	Zanjón el aguacate	Área de estudio total	% de uso
	Zona alta oriente	Zona alta occidente	Zona baja				
Bosques siempre verdes	14.82	0	2.1	16.92	0	16.92	10.9
Mosaico de cultivos, granos básicos, plátanos, pastos y bananos	45.79	40.79	9.1	95.68	18.93	114.61	73.6
Caña de azúcar	1.26	2.1	6.2	9.56	8.51	18.07	11.61
Bosque mono específicos en transición	0	0	1.1	1.1	1.08	2.18	1.42
Tejido urbano	1.72	0.77	0	2.49	0.23	2.72	1.75
Mangle	0	0	0	0	1.17	1.17	0.72
<b>Total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>63.59</b>	<b>43.66</b>	<b>18.5</b>	<b>125.75</b>	<b>29.92</b>	<b>155.67</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a cartografía MARN 2012 y recorridos de campo para verificación de usos actuales

## 2.4 Desarrollo de los Balances Hídricos

Con la finalidad de establecer la disponibilidad hídrica, tanto superficial y subterránea, en la zona de estudio y conocer el comportamiento de los parámetros del ciclo hidrológico en función de las intervenciones antrópicas asociadas primordialmente a los usos del suelo, destacando en los mismos el cultivo y riego intensivo para la producción de la Caña de Azúcar, se desarrollan en el presente apartado los Balances Hídricos para las cuencas del Zanjón El Chino y Zanjón El Aguacate.

Los Balances Hídricos para cada cuenca hidrográfica de estudio, se llevan a cabo mediante la aplicación del modelo hidrológico EVALHID, de acuerdo a la metodología de TEMEZ. La aplicación del modelo se desarrolla para ambas cuencas en el Anexo III.

Este modelo calcula los escurrimientos o aportaciones, tanto superficiales como subterráneas, expresadas en los flujos base de los ríos, a partir de las condiciones de lluvia promedio mensual, evapotranspiración de referencia en función de las condiciones climáticas, de los usos del suelo y los coeficientes de cultivos, capacidad de almacenamiento de humedad del suelo y capacidad de infiltración del mismo. La capacidad de almacenamiento de Humedad del suelo (Hmax) se encuentra asociada al tipo de suelo y al tipo de cultivos presentes en los cuales interviene la profundidad radicular. La capacidad de infiltración se encuentra asociada al tipo de suelo, geología, fisiografía y cobertura vegetal.

A partir de los resultados de la aplicación del modelo se obtienen los datos generados y simulados de caudales medios mensuales, los cuales se constituyen en las aportaciones totales (superficiales y subterráneas) que se expresan a través del escurrimiento superficial para la época de invierno y del escurrimiento subterráneo que comprende los caudales base en la época seca. Por otra parte el modelo calcula la evapotranspiración real mensual, a partir de la información inicial suministrada del cálculo de la evapotranspiración de referencia, como una variable que depende de los usos del suelo,

coeficientes de cultivo ( $K_c$ ), y variables climáticas. De igual forma el modelo calcula la infiltración, humedad del suelo remanente y cambio de almacenamiento.

Una vez se disponen los resultados de dichos parámetros del ciclo hidrológico se procede al cálculo de los Balances Hídricos, lo cual de manera general, se define de la siguiente manera:

$$\text{Precipitación [P]} - \text{Escurrimiento o aportaciones totales [S]} - \text{Evapotranspiración Real [Epr]} \\ = \text{Cambio de Almacenamiento } [\Delta s]$$

A partir de esta formulación se establece que un sistema se encuentra en equilibrio dinámico cuando sus entradas, son iguales o mayores que sus salidas. Es decir cuando el cambio de almacenamiento es igual o mayor a cero [ $\Delta s \geq 0$ ].

### a. Análisis hidrológico y Balance hídrico Cuenca del zanjón El Chino en condiciones sin extracciones

Tal como se ha indicado anteriormente, el modelo EVALHID, realiza el cálculo y modelación de los principales parámetros del ciclo hidrológico (precipitación, evapotranspiración, escurrimiento superficial y subterráneo, infiltración, humedad y almacenamiento hídrico en el sistema), con la finalidad de determinar los inventarios hídricos y el cálculo posterior de los balances hídricos, a través de diferentes métodos o modelos de simulación. Uno de ellos es el modelo Témez, el cual es el modelo aplicado en el presente estudio. El mismo requiere principalmente, como datos de entrada, la humedad máxima del suelo ( $H_{max}$ ), la Infiltración máxima ( $I_{max}$ ), un coeficiente de escurrimiento ( $C$ ), y un coeficiente adimensional ( $\alpha$ ). La humedad máxima ( $H_{max}$ ) depende del tipo de cultivos, de su profundidad radicular y del tipo de suelo, y puede variar entre 25 mm y 1800 mm en promedio, cuando se trata de bosques con árboles cuyas raíces son profundas.

Las series de lluvia utilizadas corresponden a las estaciones Ahuachapán (H-8), Hachadura (H-14) y Cara Sucia (H-5) comprendida entre enero de 1970 y septiembre de 2015. Los formatos de aplicación de lluvia se presentan en el anexo IV. Para la determinación de la evapotranspiración de cultivo y su aplicación en el modelo EVALHID se determinó en primera instancia los coeficientes de cultivos tal como se muestra en la tabla 2, para el caso de la zona alta oriental Zanjón El Chino, la cual tiene una extensión de 63.59 Km<sup>2</sup>. El desarrollo de las tablas para la determinación de los coeficientes de cultivo y el cálculo de la evapotranspiración de referencia se presenta en el Anexo II.

**Tabla 2: Coeficientes de cultivo  $K_c$  para los diferentes usos del suelo en la zona oriental alta subcuenca zanjón El Chino.**

Uso del suelo	Area	ene	feb	mar	abr	May	jun	Jul	Ago	sept	oct	nov	Dic
Bosques siempre verdes	14.82	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Mosaico de cultivos, granos básicos, plátanos, pastos y bananos	45.79	1	1	1	1	0.35	1	1.05	1.05	0.6	1	1	1
Caña de azúcar	1.26	1	1	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1
Bosque mono específicos en transición 0		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Tejido urbano	1.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangle	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

A partir de los coeficientes de cultivos se determina el coeficiente ponderado Áreal mensual, para cada una de las zonas de estudio. Estos coeficientes factorizan la evapotranspiración potencial para obtener la evapotranspiración de cultivo, la cual se incorpora al modelo. A través del procesamiento hidrológico en el modelo se determina en función de la disponibilidad de humedad la evapotranspiración real. En la tabla 3 se presenta los coeficientes de cultivo ponderados mensuales para la zona oriental alta de la subcuenca del zanjón El Chino.

**Tabla 3: Coeficientes de cultivo Kc para la zona oriental alta zanjón El Chino**

Area de tipo de uso de suelo * Kc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Bosques siempre verdes *Kc	8.892	8.892	8.892	8.892	8.892	8.892	8.892	8.892	8.892	8.892	8.892	8.89
Mosaico de cultivos, granos básicos, plátanos, pastos y bananos * Kc	45.79	45.79	45.79	45.7	16.0265	45.7	48.079	48.0795	27.474	45.79	45.79	45.7
Caña de azúcar *Kc	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.386	1.386	1.386	1.26
Bosque monoespecíficos en transición * Kc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tejido urbano * Kc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangle * Kc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	55.94	55.942	55.942	55.9	26.1785	55.9	58.23	58.231	37.752	56.068	56.068	55.9
	2											
Kc Ponderado zona oriente 63.59 km2	0.88	0.88	0.88	0.88	0.41	0.88	0.92	0.92	0.59	0.88	0.88	0.88

El mismo procedimiento se repite tanto para la zona alta occidental (43.66 Km<sup>2</sup>) como para la zona media – baja del Zanjón El Chino (18.50 Km<sup>2</sup>). En la tabla 4 se presenta el cálculo del Hmax tomando en cuenta la profundidad radicular promedio de los usos del suelo.

La infiltración máxima (Imax) depende del tipo de suelo asociado a su formación geológica. Así, para suelos aluviales o arenosos la Imax podría establecerse en el orden de 400 mm, como son los propios que se obtienen en la zona baja costera. Sin embargo, en la zona alta predominan los suelos latosoles arcillosos rojizos, tal como se indica en el mapa de tipo de suelos, estableciéndose la infiltración máxima entre los 200 y 250 mm. El coeficiente de escurrimiento es un parámetro que indica el inicio del escurrimiento superficial, de una fracción de la precipitación, aún cuando no se ha llegado todavía a la condición de saturación o humedad máxima. Generalmente de acuerdo a los criterios del modelo, este valor se establece próximo a 0.3. Finalmente el coeficiente alfa (T-I) es un indicador de la recesión o drenaje de una fracción del agua infiltrada al almacenamiento subterráneo, como escurrimiento subterráneo que constituye los caudales base de los ríos en el verano.

**Tabla 4: Cálculo de Hmax para las cuencas de estudio**

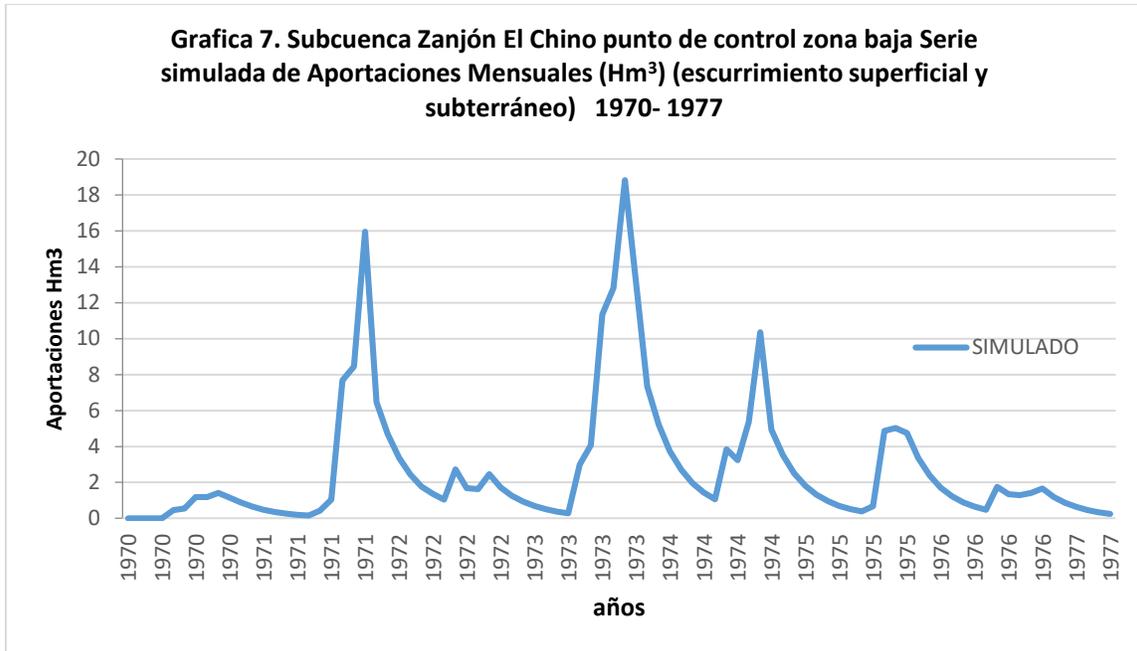
Clasificación de usos del suelo	Cuenca Zanjón El Chino							Cuenca Zanjón El Aguacate		
	Zona alta oriente Km2	Profundidad radicular promedio de referencia (mm)	Área de uso de suelo* ( oriente)	Zona alta occidente Km2	Área de uso de suelo * (occidente)	Zona baja Km2	Área de uso de suelo * (zona baja)	Total Cuenca Zanjón El Chino	Zanjón el aguacate Km2	Área de uso de suelo * profundidad radicular (zanjón aguacate)
Bosques siempre verdes	14.82	1472	21815.04	0	0	2.1	3091.2	23303.96	0	0
Mosaico de cultivos <sup>1</sup>	45.79	308	14103.32	40.79	12563.32	9.1	2802.8	27070.32	18.93	5165.16
Caña de azúcar	1.26	350	441	2.1	735	6.2	2170	1535.56	8.51	3734.5
Bosque <sup>2</sup>	0	1285	0	0	0	1.1	1413.5	1286.1	1.08	1387.8
Tejido urbano	1.72	40	68.8	0.77	30.8	0	0	142.09	0.23	9.2
Mangle	0	740	0	0	0	0	0	740	1.17	865.8
Total área por zona y sumatoria (Aus * prof raíz)	63.59		36428.16	43.66	13329.12	18.5	9477.5	54078.03	29.92	11162.46
Hmax <sup>4</sup> Promedio	573			305		512			371	

Nota 1: granos básicos, plátanos, pastos y bananos  
 Nota 2: bosque mono específico en transición

Entre mayor es el valor de alfa menor es el escurrimiento que vierte del almacenamiento subterráneo y viceversa. Este valor se establece, de acuerdo a los criterios del modelo, entre 0.001 – 0.9. Este proceso de aplicación de los parámetros se presenta en el anexo III mediante las láminas del desarrollo de la modelación en el modelo EVALHID a través del método de modelación hidrológica TEMEZ.

A partir de los resultados de la aplicación del modelo se obtienen las aportaciones anuales y mensuales en Hm3 (millones de mt3) para todos los años de las series históricas de las estaciones seleccionadas. Se presenta en la gráfica I las aportaciones o escurrimientos generados por la cuenca completa al punto de control en la zona baja del zanjón El Chino, verificándose que para la época seca se obtienen aportaciones entre 2 y 4 Hm3 y para la época lluviosa entre 4 y 18 Hm3.

<sup>4</sup> La Estimación del HMAX es un ponderado de la zona en estudio con base a la profundidad radicular promedio de los cultivos (mm)



Los balances hídricos se generan para cada año de análisis presentándose en la tabla 5 el correspondiente al balance hídrico del año 2013 en el que se tuvo una precipitación anual de 1664 mm en la parte alta oriente de la cuenca zanjón El Chino, 1784.2 mm para la zona occidente y 1595.6 mm para la zona baja. De igual forma puede observarse en dichas tablas las aportaciones totales o suma de escurrimientos superficial y subterráneo (mm), determinándose a partir de los resultados del modelo en 379.3 mm para la zona oriente, 681.90 mm para la zona occidente, y 344.90 mm para la zona baja.

Tomando en cuenta estas aportaciones, se puede determinar para cada una de las tres zonas las aportaciones en Hm<sup>3</sup> o millones de Mt<sup>3</sup>. En las tablas 6, 7 y 8 se presenta el cálculo de dichas aportaciones para la época seca y para la época lluviosa del año 2013.

**Tabla 5**

**BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA ORIENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 2013**

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	9.6	216.8	297.0	306.6	381.0	144.0	298.0	11.0	0.0	1664.0
Aportación o													
Escorrimento total	13.3	9.9	7.3	5.4	4.6	15.3	33.8	85.7	41.5	88.3	42.6	31.6	379.3
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.3	15.2	52.6	2.7	44.6	0.0	0.0	121.5
Escorrentia_Subterránea	13.3	9.9	7.3	5.4	4.5	8.9	18.6	33.1	38.9	43.7	42.6	31.6	257.8
Evapotranspiración real	77.8	0.0	0.0	9.6	82.1	152.8	156.1	152.1	92.7	131.5	136.7	143.6	1135.1
Cambio de almacenamiento	-91.16	-9.87	-7.31	-5.42	130.07	128.96	116.68	143.22	9.73	78.23	-168.34	-175.15	149.65

**BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA OCCIDENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 2013**

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.3	31.1	223.7	388.0	289.5	246.0	354.6	210.6	40.5	0.0	1784.2
Aportación o													
Escorrimento total	20.9	15.5	11.5	8.5	16.9	96.4	83.3	78.0	150.2	96.6	59.7	44.3	681.9
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	69.8	40.0	26.4	88.3	27.6	0.0	0.0	257.7
Escorrentia_Subterránea	20.9	15.5	11.5	8.5	11.2	26.7	43.4	51.6	61.9	69.0	59.7	44.3	424.1
Evapotranspiración real	0.0	0.0	0.3	31.1	82.1	152.8	156.1	152.1	92.7	131.5	136.7	121.0	1056.4
Cambio de almacenamiento	-20.93	-15.50	-11.48	-8.51	124.60	138.80	50.08	15.90	111.67	-17.47	-155.90	-165.30	45.96

**BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA BAJA SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 2013**

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	19.6	223.5	254.5	252.8	184.5	356.9	264.2	39.7	0.0	1595.6
Aportación o													
Escorrimento total	7.8	4.3	2.3	1.3	3.2	13.2	26.6	27.5	83.2	92.0	54.0	29.7	344.9
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.3	4.6	1.5	37.2	24.1	0.0	0.0	69.8
Escorrentia_Subterránea	7.8	4.3	2.3	1.3	3.0	10.9	22.0	26.0	46.0	67.9	54.0	29.7	275.1
Evapotranspiracion real	17.9	0.0	0.0	19.6	108.8	144.7	145.9	142.1	104.7	126.8	131.8	136.0	1078.3
Cambio de almacenamiento	-25.69	-4.26	-2.34	-1.28	111.52	96.62	80.32	14.81	169.04	45.44	-146.09	-165.70	172.39

En el Anexo I se presentan los Balances Hídricos para los años 1973, 1987, 1995 y 2013, este último retomada en el presente apartado para el análisis de la disponibilidad en el verano. Puede destacarse, que a partir de los resultados del modelo, pueden desarrollarse los balances hídricos para todos los años de la serie de tiempo calculada, la cual comprende el periodo entre 1973 y 2014.

En la tabla 6 se obtiene para la cuenca alta oriente zanjón El Chino, un escurrimiento de 7 Hm<sup>3</sup> en la época seca. En la tabla 7 se indica de igual forma un escurrimiento de 7 Hm<sup>3</sup> para la época de verano en la zona occidente y en la tabla 8 una cantidad de 1.80 Hm<sup>3</sup> en la zona baja de esa misma cuenca.

**Tabla 6. Escurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta oriente año 2013**

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
Escurrimiento mm	13.3	9.9	7.3	5.4	4.6	15.3	33.8	85.7	41.5	88.3	42.6	31.6	379.3	110.1	269.2
Escurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.85	0.63	0.47	0.34	0.29	0.97	2.15	5.45	2.64	5.61	2.71	2.01	24.1	7.0	17.1
Escurrimiento lts/seg	326.97	242.22	179.44	132.93	112.74	374.72	829.11	2102.46	1018.97	2165.40	1045.34	774.41	775.4		
Área sub cuenca (Km2)	63.59														

**Tabla 7. Escurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta occidente año 2013**

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
Escurrimiento mm	20.9	15.5	11.5	8.5	16.9	96.4	83.3	78.0	150.2	96.6	59.7	44.3	681.9	160.4	521.4
Escurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.91	0.68	0.50	0.37	0.74	4.21	3.64	3.40	6.56	4.22	2.61	1.94	29.8	7.0	22.8
Escurrimiento lts/seg	352.49	261.13	193.45	143.31	285.03	1624.12	1403.73	1313.58	2530.01	1626.59	1005.23	746.63	957.1		
Área de la sub cuenca (Km2)	43.66														

**Tabla 8. Escurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona baja año 2013**

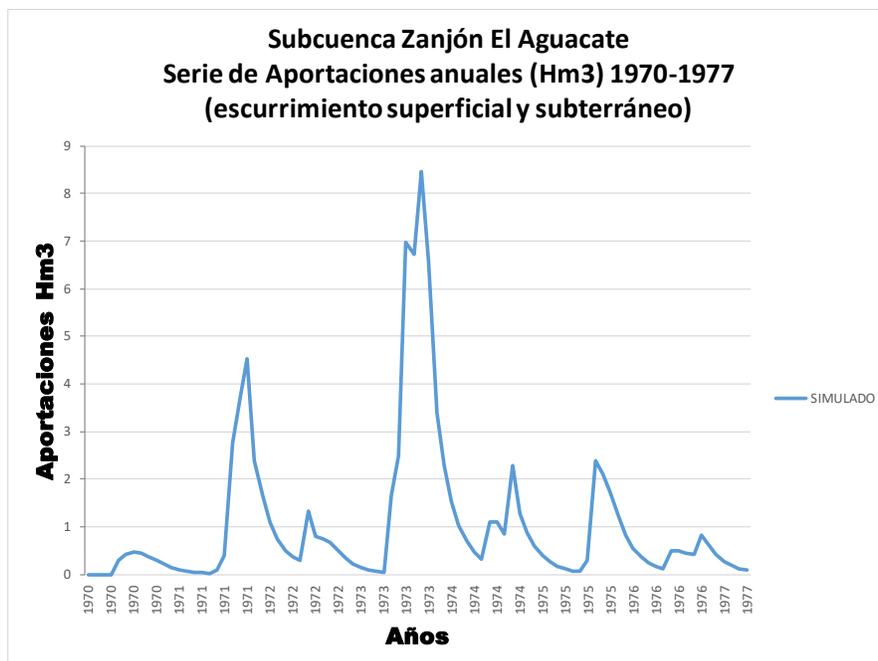
Descripción	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago.	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
Escurrimiento mm	7.8	4.3	2.3	1.3	3.2	13.2	26.6	27.5	83.2	92.0	54.0	29.7	344.9	99.3	245.6
Escurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.14	0.08	0.04	0.02	0.06	0.24	0.49	0.51	1.54	1.70	1.00	0.55	6.4	1.8	4.5
Escurrimiento lts/seg	55.40	30.40	16.69	9.16	22.92	93.90	189.76	196.51	593.65	656.50	385.25	211.66	205.1		
Área de la sub cuenca (Km2)	18.5														

**b. Análisis hidrológico y Balance hídrico Cuenca del zanjón El Aguacate en condiciones sin extracciones.**

El análisis Hidrológico y Balance Hídrico de la cuenca zanjón el Aguacate se llevó según el procedimiento descrito para la cuenca del zanjón El Chino, estableciendo los caudales areales como promedio mensuales que se generan a partir su ámbito hidrográfico. Sin embargo es importante destacar que esta cuenca no posee de forma propia caudales en la época seca como producto de los caudales base provenientes de nacimientos de agua, dado que se trata de una llanura costera que no posee nacimientos de agua, por lo que sus influjos dependen totalmente en la época seca de los ingresos provenientes del río Paz.

En ese sentido se presenta en un primer escenario los hidrogramas y balances hídricos resultantes del análisis hidrológico en base a su área hidrográfica de 29.92 Km<sup>2</sup> como un referente de aplicación y estimación de caudales base en la época seca. En la gráfica II se presentan los hidrogramas resultantes para el periodo 1970 – 1977.

**Gráfica 8**



En las tablas 9 y 10 se presentan los resultados del balance hídrico y los resultados de la disponibilidad hídrica para el año 2013.

Tabla 9

Balance Hídrico a partir de los Resultados de EVALHID para la Subcuenca Zanjón Aguacate año 2013

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación (mm)	0.0	0.0	0.3	34.5	248.5	431.1	321.7	273.3	394.0	234.0	45.0	0.0	1982.4
Aportación o Escurrimiento total (mm)	23.2	15.5	10.4	7.0	14.6	97.4	101.0	102.3	185.5	129.9	80.9	54.7	822.4
Escurrimiento Superficial (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	62.1	39.7	29.1	95.9	30.7	0.0	0.0	261.0
Escurrimiento Subterránea (mm)	23.2	15.5	10.4	7.0	11.0	35.3	61.3	73.2	89.7	99.2	80.9	54.7	561.4
Evapotranspiración real (mm)	0.0	0.0	0.3	34.5	86.9	144.7	147.3	143.5	92.1	124.6	129.5	136.0	1039.2
Cambio de almacenamiento (mm)	-23.16	-15.53	-10.41	-6.98	147.09	189.00	73.45	27.50	116.37	-20.44	-165.44	-190.65	120.80

Tabla 10

Escurrimiento Generado Sub cuenca Zanjón El Aguacate, año 2013

Escurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Aguacate año 2013

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Epoca Seca	Epoca Lluviosa
Escurrimiento mm	23.2	15.5	10.4	7.0	14.6	97.4	101.0	102.3	185.5	129.9	80.9	54.7	822.4	191.7	630.7
Escurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.69	0.46	0.31	0.21	0.44	2.91	3.02	3.06	5.55	3.89	2.42	1.64	24.6	5.7	18.9
Escurrimiento lts/seg	267.37	179.22	120.14	80.53	168.04	1124.40	1165.74	1181.32	2141.50	1499.29	934.26	630.96	791.1	368.75	1213.38
Area de la subcuenca (Km2)	29.92														

Puede observarse en la tabla 10 que los caudales base nominales generados a través de la simulación Precipitación - Escurrimiento areal, considerando la extensión hidrográfica del Zanjón El Aguacate, para la época seca entre los meses de Noviembre a Abril varían de forma paulatina entre los caudales 934.2 lts/seg en el mes de noviembre a 80.5 lts/seg en el mes de abril. Esto corresponde a volúmenes promedio mensuales de agua entre 2.42Hm<sup>3</sup> a 0.21Hm<sup>3</sup> para dichos meses respectivamente. En general, se obtiene un volumen de aportaciones totales, como disponibilidad hídrica en el verano, de 5.7 millones de mt<sup>3</sup> (Hm<sup>3</sup>).

Sin embargo, el Zanjón el Aguacate dadas las condiciones fisiográficas e hidráulicas de su cauce, puede conducir bajo condiciones de flujo uniforme, subcrítico y estable, es decir, sin generar erosión lateral y de fondo, y sin puntos de desbordamientos, caudales en el orden de 2 a 3 mt<sup>3</sup>/seg.

Este análisis se llevó a cabo mediante la aplicación del modelo hidráulico HEC-RAS presentado en el anexo V, en un tramo representativo del cauce del zanjón el Aguacate, ubicado entre los 700 mts - 900 mts a partir de su encuentro con el río Paz y con pendientes < 1%.

## 2.5 Estimación de la Demanda de Agua de la caña de azúcar.

La estimación del requerimiento hídrico de la caña de azúcar para su desarrollo vegetativo se calcula en función de las condiciones climatológicas de la zona de estudio, ello con la finalidad de llevar a cabo la estimación del volumen de agua extraída del Zanjón el Aguacate, se hace necesaria la determinación de la evapotranspiración real en base a los requerimientos hídricos para su desarrollo vegetativo durante los meses de la época seca en los cuales se efectúa el riego (enero a mayo). La serie de evapotranspiración potencial mensual (mm) de la zona de estudio se determinó para el año 2013 en base a los datos de temperatura y humedad ambiente registrados en la estación Hachadura 2013 y mediante el método de Hardgreaves, de acuerdo como se presenta en la tabla 11. De igual forma se establecieron los Coeficientes de Cultivo (Kc) para la Caña de Azúcar en base los valores indicativos establecidos por la FAO, los cuales se expresan en la tabla 12. Dichos valores determinan de forma mensual los requerimientos hídricos para los usos consuntivos en cada etapa del desarrollo de la Caña de Azúcar, verificándose valores entre 0.4 – 0.6 para los primeros meses de resiembra o del renacimiento de la plantilla en la etapa inicial, incrementando su valor en la etapa de desarrollo 0.75 – 0.85, para continuar en su etapa media, principalmente en los meses de invierno y volver a

decrecer en la etapa final que termina con la zafra. Puede observarse que los meses de la época seca en los cuales se efectúa el riego, coinciden con los meses de la etapa inicial y una parte de la etapa de desarrollo.

**Tabla 11. Evapotranspiración de cultivo de la caña de azúcar de acuerdo a su desarrollo vegetativo y requerimientos hídrico para el año 2013 (mm)**

Descripción	ene	feb	Mar	abril	may	Jun	jul	Ago	Sept	oct	nov	dic
Evapotranspiración potencial E <sub>vp</sub> (Estación H-14) (mm)	154.8	150.3	198.7	185.8	178	155.5	152.7	148.7	135.4	131.4	136.7	146.2
Coeficiente cultivo K <sub>c</sub>	0.4	0.6	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1	1	0.9	0.88	0.5
Evapotranspiración de cultivo E <sub>vt</sub> (mm)	61.9	90.2	149.0	148.6	151.3	140.0	145.1	148.7	135.4	118.3	120.3	73.1

Según la tabla 12 la evapotranspiración de cultivo durante los meses de enero a mayo, refleja un uso consuntivo del agua para el desarrollo de la caña de azúcar de 601 mm, y de 525.4 mm para el periodo entre enero y la primera quincena de mayo. Para el primer caso se tiene en promedio un requerimiento hídrico de 30mm/semana y de 29.2 mm/semana para el segundo escenario. Es decir, para el primer caso se requiere un volumen de 6,010 mt<sup>3</sup>/ha y en el segundo caso un volumen de 5,254 mt<sup>3</sup>/ha. Si consideramos una extensión de 259 ha de riego, para un periodo de riego de 5 meses (enero a mayo) se extrae en promedio del Zanjón el Aguacate, un volumen de 1.56 millones de mt<sup>3</sup> (Hm<sup>3</sup>) y para un periodo de riego de 4.5 meses (enero y la primera quincena de mayo) un volumen de 1.4 millones de mt<sup>3</sup> (Hm<sup>3</sup>).

**Figura No. 3**

**COEFICIENTES DE CULTIVO K<sub>c</sub> PARA EL CÁLCULO DEL USO CONSUNTIVO DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS DE COSTA RICA**

CULTIVO	ETAPAS DE DESARROLLO			
	INICIAL	DESARROLLO	MEDIA	FINAL
Frijol	0,60	0,96	1,05	0,75
Tomate	0,45	0,66	0,98	0,60
Chile	0,58	0,90	1,02	0,27
Papa	0,40	0,83	1,30	0,70
Maní	0,45	0,75	0,91	0,43
Caña de azúcar	0,32	0,62	1,23	0,88
Zanahoria	0,43	0,75	1,06	0,75
Espárrago	0,30		0,95	0,15
Lechuga	0,45	0,60	0,83	0,60
Cebolla	0,50	0,75	1,03	0,20
Remolacha	0,28		1,14	0,70
Repollo	0,40	0,75	1,00	0,80
Pepino	0,45	0,70	0,90	0,75
Apio			1,00	0,85
Melón	0,50	0,70	0,80	0,70
Vainica	0,35	0,65	1,00	0,85
Maíz	0,40	0,80	1,05	0,55
Culantro	0,40		0,60	0,50
Fresa	0,70		0,90	0,80
Rábano	0,45	0,60	0,90	0,90
Brócoli	0,45	0,75	0,95	0,80
Pasto de corte	0,54	0,82	0,90	0,70

FUENTES: Boletín n.º 33. FAO. "Irrigation Sheduling", U. of Ca. "Necesidades de agua de los cultivos". Manual de campo n.º3. FAO.

En la tabla 13 se presenta el análisis para el funcionamiento conjunto de tres motobombas, ejerciendo un caudal de extracción de 144 lts/seg con una eficiencia del 85%. Este flujo permite

irrigar 37 hectáreas diarias, es decir 259 hectáreas semanales, con un suministro semanal de lámina de agua de 28 mm lo cual es correspondiente al requerimiento hídrico establecido de 30.1 mm/semana obtenido anteriormente, según el análisis de los usos consuntivos de la caña de azúcar, pues se encuentra dentro de los límites de tolerancia a déficit hídrico establecido como suministros < 20 mm/semana. Puede observarse que la extracción de volumen de agua para los cinco meses es de 1.56 Hm<sup>3</sup>.

## **2.4 Análisis de la modalidad de extracción y estimación de las extracciones del agua superficial subterránea en el Zanjón El Aguacate.**

### **a. Extracciones superficiales**

Según las extensiones estimadas del cultivo de caña de azúcar expresadas en la tabla 1, las mismas alcanzan en la cuenca del zanjón El Aguacate un área de 8.51 km<sup>2</sup> equivalente a 851 hectáreas (ha), cuya distribución de uso de suelo se presentó en el mapa 6.

De acuerdo a los recorridos e inspecciones de campo efectuados en los meses de enero del presente año, conjuntamente con personal técnico de UNES y representantes comunitarios, siendo enero el mes de inicio del riego luego del periodo de la zafra, existe una doble modalidad de riego: 1) mediante extracción de agua a través de bombas “punteras” del acuífero somero a una profundidad máxima de 15 mts. y distribuidas en el territorio considerando un estimado de 300 punteras, (1 puntera por cada 3 Ha) y 2) a través de la construcción de diques provisionales y de forma artesanal con el objetivo de evitar la circulación de caudales sobre el zanjón el Aguacate posibilitando con ello el represamiento y la extracción de grandes volúmenes de agua mediante motobombas de alta capacidad de extracción conectadas directamente al sistema de distribución de riego. Los flujos del zanjón el Aguacate provienen de la derivación de caudales en el río Paz.

La cuenca vertiente del zanjón el Aguacate de 29.92 Km<sup>2</sup>, tal como se ha destacado anteriormente en su caracterización hidrofísica, geológica y tipos de suelo, no posee nacimientos de agua por lo que sus caudales base en la época seca provienen casi en su totalidad de los influjos derivados del río Paz y de los influjos provenientes, en menor medida, de los niveles freáticos de agua subterránea cuando los mismos alcanzan una profundidad menor a la profundidad del lecho del zanjón. Es decir, bajo las condiciones de una suficiente recarga del acuífero que permita la elevación de los niveles freáticos a la altura de las zonas ribereñas del zanjón el Aguacate, se experimentaría una retroalimentación desde el acuífero al lecho del cauce, dado que el acuífero es somero y libre a la atmosfera, generando flujos superficiales en el mismo. Esta situación, debido al alto nivel de las extracciones y a la reducción de lluvias en el último año, no se presenta dado que el nivel freático actualmente se encuentra en el orden de los 6 mts - 7 mts de profundidad y el lecho del cauce en el orden de 3.50 mts en promedio desde la superficie del suelo.

Aunque históricamente el territorio del zanjón El Aguacate, se ha conformado como una planicie costera perteneciente a la zona deltaica del río Paz, a partir de los años 70's especialmente, su cauce natural ha venido siendo intervenido paulatinamente, reconfigurando las secciones transversales en algunos tramos, de tal forma que sus anchos originales en el orden de 18 mts se redujeron a anchos de 5 mts, tal como se presenta en la actualidad. Por otra parte se implementaron obras de regulación como compuertas y terraplenes para orientar y conducir de forma controlada los flujos que ingresan

del río Paz. Estas condiciones reguladas y controladas, aunadas a la implementación de diques en algunos tramos, han generado las condiciones propicias para la realización del riego agrícola mediante la extracción de flujos a través de motobombas cuya tubería de succión se dispone en la zona embalsada aguas arriba de los diques.

En general, estos flujos derivados del río Paz, han sido controlados y regulados por parte de los propietarios de las extensiones de caña de azúcar, impidiendo en la práctica que los flujos alcancen las zonas bajas del manglar.

Las extensiones regadas mediante extracciones del flujo superficial del zanjón el Aguacate se estiman en 315 Ha, de acuerdo a las inspecciones y recorridos de campo efectuados de forma conjunta entre personal técnico de UNES, representantes comunitarios y el consultor. En los recorridos se verificó que las áreas de plantaciones de caña de azúcar colindantes al Zanjón el Aguacate, delimitadas al Sur y al Norte entre el punto 12 (puente hacienda el Diamante) y el punto 11 (puente hacienda Santa Teresa) y al Oriente y Occidente por los límites de la cuenca hidrográfica del zanjón El Aguacate, tal como se presenta en el mapa 3, corresponden a las extensiones irrigadas mediante extracción de aguas superficiales del zanjón el Aguacate.



Fotografía 1. Bomba utilizada para extracciones del zanjón el Aguacate para el riego por aspersión de la plantilla renacida de Caña de Azúcar tal como se observa



Fotografía 2. Tubería de impelencia que se dirige hacia el ramal de distribución

Estas extracciones se efectúan mediante equipos de motobombas de alta potencia del tipo Jonh Deere Diesel, 120 HP Stanadyne DB4429-6162, 1500 – 2500 RPM y con una capacidad de extracción nominal de 900 GPM (galones por minuto) equivalentes a 56 lt/seg, lo que permite una succión de operación de 48lt/seg considerando una eficiencia del 85% (Ver fotos 1 y 2).

Aunque en las visitas realizadas a inicios del presente año, se ha podido observar el funcionamiento de dos motobombas del tipo indicado, según representantes comunitarios la modalidad de operación es con dos o tres unidades entre los meses de enero, después de finalizar la temporada de zafra, y la primera quincena de mayo, o incluso todo el mes de mayo para los años en los cuales la temporada lluviosa se retrasa o no inicia de manera estable. El funcionamiento de las Unidades se efectúa de manera prácticamente ininterrumpida durante toda la temporada (enero a mayo), deteniendo la operación únicamente para el traslado de los equipos y del sistema de distribución por aspersión, así como por operaciones de mantenimiento.

En general, considerando tiempos de cambios y traslados de tubería, así como del personal en diferentes turnos de trabajo, se puede estimar un aproximado de 18 horas diarias de riego. La extracción se efectúa mediante tuberías de succión de 8" (ocho pulgadas) de diámetro que se sumergen directamente en el Zanjón el Aguacate, tal como se muestra en la fotografía 3. Para ello se efectúan diques provisionales, cercanos y aguas abajo de los puntos de extracción, que permiten el represamiento de los flujos y por consiguiente la elevación del nivel del agua hasta alcanzar su estabilidad determinada por el nivel del río Paz en el punto de ingreso del Zanjón el Aguacate, de tal manera que en la práctica se observa un cinturón de agua sin movimiento que se extiende por más de 5 kms de longitud desde su ingreso en la derivación del río Paz.

Aguas abajo de los diques se observan escasos flujos estimados en el orden de los 20lt/seg – 35 lts/seg, lo cual se vuelve el caudal circulante en una longitud de más de 3 kms a partir del punto 12, indicado en el mapa 3, hasta aguas abajo del puente el Aguacate situado en el punto 10, lugar en el cual se tiene el inicio del estero y ecosistemas ribereños y de manglar.

Esta zona aguas abajo del puente el Aguacate, es de gran importancia ya que es en ese ámbito donde se alcanza la dinámica inter mÁreal (mareas altas y mareas bajas), esperándose la mezcla con el agua dulce proveniente de la derivación del río Paz, lo cual es esencial para la preservación de los ecosistemas. De acuerdo a mediciones de flujos efectuadas en el cauce del zanjón y en la zona del puente el Aguacate, las corrientes provenientes del mar cuando está subiendo la mÁrea o se tiene mÁrea alta, se estiman en el orden de 2.0 – 4.0 mt<sup>3</sup>/seg. Es decir, se tiene una importante vertiente de agua marina y salobre que transita por más de 2 kms desde la línea de costa en dirección norte, irrigando las áreas de ecosistemas y manglar, y generando altas concentraciones salinas que deterioran paulatinamente importantes zonas de los ecosistemas y manglar, y con ello, la biodiversidad existente, dado que son flujos que no se mezclan con agua dulce durante la época seca y por consiguiente inciden significativamente en ese detrimento, e incluso, provocando la pérdida total del manglar en algunos sectores, tal como se ha podido constatar recientemente, en manglares ubicados en la zona limítrofe con Guatemala, los cuales se vieron anegados permanentemente por los flujos marinos.

De acuerdo al comportamiento de la producción heterotrófica en ecosistemas de estuarios (ambientes salino-dulce), el rango de concentración de salinidad entre 12 - 22‰ (tanto por mil) equivalente en promedio a 0.015 mg/lt de sales disueltas, comprende el rango de mayor productividad de especies de ambiente de estuarios, alcanzando producciones de 2.5 ton/ha/año tal como se observa en la gráfica III, mucho mayores que las alcanzadas en ambientes marinos y de agua dulce. Por otra parte, este ambiente estuarino constituye el ámbito esencial para la preservación de los ecosistemas manglar, de tal forma que a medida que crece la salinidad se incrementa su deterioro y pérdida (Flores y otros, 2006).<sup>5</sup>

Debido a la escasez de flujos de agua dulce, este ambiente de estuario se ha perdido notablemente, prevaleciendo en la zona de manglar, principalmente en la época del verano, un ambiente marino dado por las altas concentraciones de sales superiores al 30% en las cuales se adaptan algunas especies de mangle, pero se pierde casi en su totalidad la biodiversidad y alta productividad de

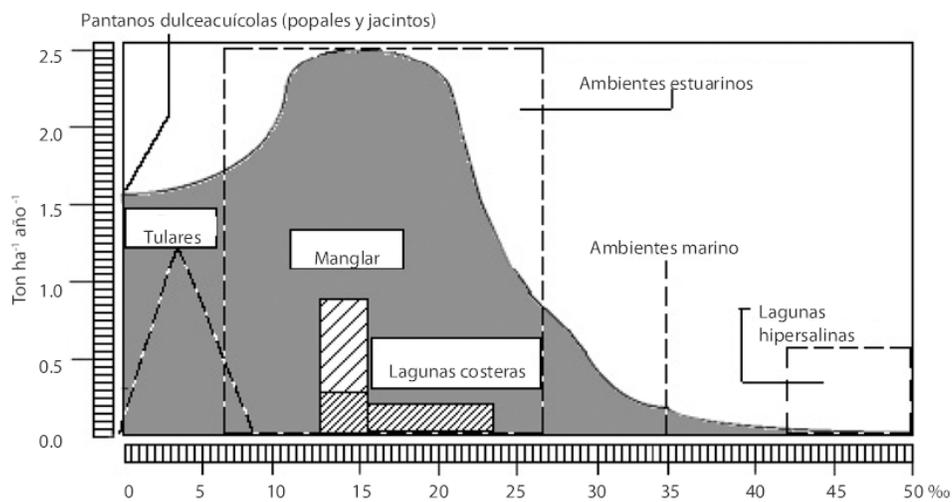
---

<sup>5</sup> Flores, F. , Agraz, C. "Ecosistemas Acuáticos Costeros: Importancia, retos y prioridades para su conservación", UNAM, México 2006

moluscos y otras especies heterotróficas de los ambientes de estuario. Tomando en cuenta este rango de ambiente estuarino, se estima que la mezcla adecuada para el mantenimiento de las dinámicas interfluviales y la preservación de los ecosistemas y el manglar en la zona del estero e interacción costero-marina, se encuentra en el orden de un 60% agua de mar y un 40% mínimo de agua dulce. Ello implica que al menos debería mantenerse un promedio de 1.5 – 2.0 mt<sup>3</sup>/seg de agua dulce circulando aguas abajo del puente el aguacate, lo cual contrasta con lo que se experimenta actualmente, estimado entre 0.020 – 0.035 mt<sup>3</sup>/seg. , mediante medición directa de caudal en zona puente el Castaño.

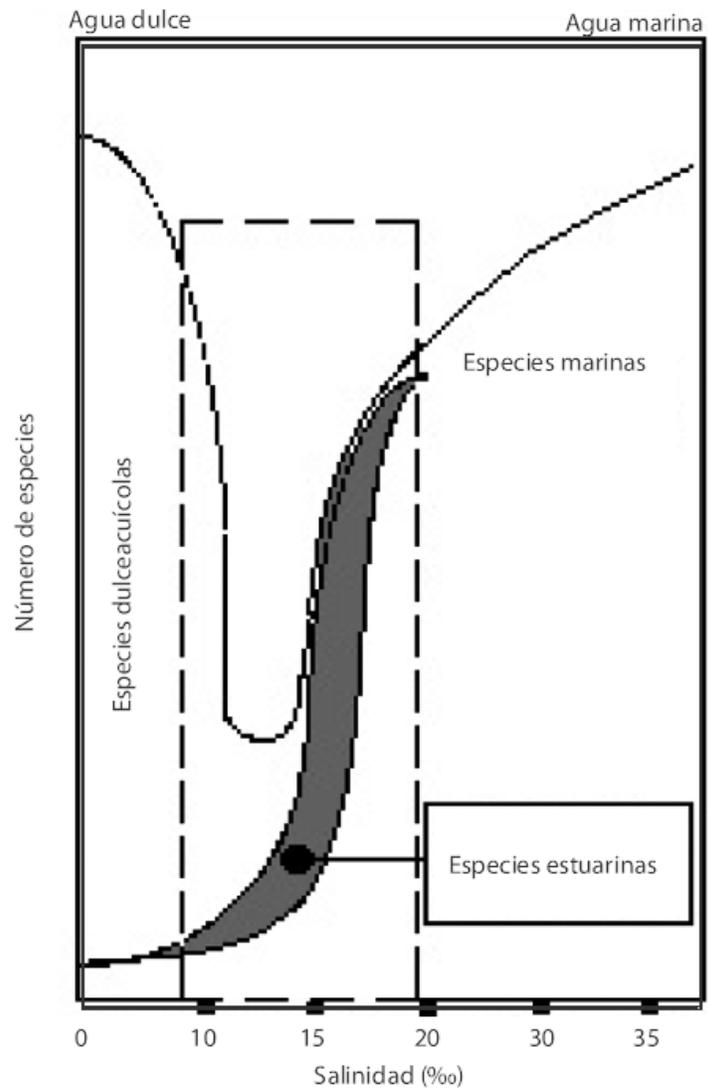
Figura No. 3

FIGURA 3. PRODUCCIÓN HETEROTRÓFICA EN ECOSISTEMAS DULCEACUÍCOLAS



BIODIVERSIDAD VS. SALINIDAD. DIAGNÓSTICO DE LA BIODIVERSIDAD DE LA FAUNA ACUÁTICA EN RELACIÓN CON LA SALINIDAD.  
 RECUADRO SEGMENTADO: AMBIENTE LAGUNAR-ESTUARINO

Figura No. 4



Fuente: Flores F. Agraz C., Pardo D.; "Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación", Universidad Autónoma de México, 2006.

**Tabla 12. Análisis de capacidad de irrigación utilizando tres motobombas**

Descripción de la capacidad de extracción del zanjón Aguacate	Caudal de extracción estimado (lts / seg)	Tiempo horas	Porción de área regada en un día (24 horas (ha))	Volumen utilizado cada 7 días en 45 Ha (mt3)	Volumen por Ha cada 7 días (mt3)	Lámina de riego cada 7 días por Ha (mm)	Volumen utilizado cada mes por 259Ha (mt3)	Volumen utilizado en el periodo total época seca (Enero - Mayo ) para la porción considerada (mt3)	Volumen total utilizado en el periodo seco para el área total de riego (259 ha.) (mt3)
Análisis de extracción considerando una eficiencia 85% *	144	20	37	10368	280.22	28.0	311,040.00	44,582.40	1,555,200.00
Nota: Análisis con una Motobomba de extracción tipo John Deere y riego por aspersión (900 GPM) cada uno con 120 Hp del tipo bomba diesel Stanadyne DB4429-6162; 1500-2500 RPM									

Sin embargo, si solamente se utilizan dos motobombas, la posibilidad de irrigar, manteniendo una lámina semanal de 27.6 mm/semana, es de 175 ha, tal como se muestra en la tabla 14. Para estas condiciones, se tiene un caudal de extracción de 96 lts/seg y un volumen de extracción total en el periodo de riego de 1.03 Hm<sup>3</sup>, durante 20 horas diarias de operación.

**Tabla 13. Análisis de capacidad de irrigación utilizando tres motobombas**

Extracción mediante motobombas del zanjón el Aguacate	Caudal de extracción estimado (lts/seg)	Tiempo horas	Porción de área regada en un día (20 horas (ha))	Volumen utilizado cada 7 días en 25 Ha (mt3)	Volumen por Ha cada 7 días (mt3)	Lámina de riego cada 7 días por Ha (mm)	Volumen utilizado cada mes por 175 Ha (mt3)	Volumen utilizado en el periodo total época seca (Enero - Mayo ) para la porción considerada (mt3)	Volumen total utilizado en el periodo seco para el área total de riego (175 ha.) (mt3)
Análisis de extracción considerando una eficiencia 85% *	96	20	25	6912	276.48	27.6	207,360.00	29,721.60	1,036,800.00

Nota: Análisis con 2 Motobombas de extracción tipo John Deere y riego por aspersión (900 GPM) cada uno con 120 Hp del tipo bomba diesel Stanadyne DB4429-6162; 1500-2500 RPM

Considerando estos dos escenarios, y tomando en cuenta la posibilidad de utilización de tres motobombas en algunos meses, tal como lo sostienen representantes comunitarios, se puede estimar en promedio una extracción durante la época seca de 1.3 Hm<sup>3</sup>, con un caudal de extracción de 120 lts/seg y una extensión de riego proyectada de 210 Ha.

Bajo estas condiciones puede verificarse en la tabla 15 que el nivel porcentual de extracciones para riego de Caña de Azúcar en comparación a los caudales base nominales generados por simulación de Precipitación – Esguerrimiento en el zanjón el Aguacate es alto, principalmente en los meses de marzo y abril, en los cuales los volúmenes de riego suponen la extracción total de los caudales circulantes. Sin embargo, esta situación se ve agudizada debido al cierre del zanjón el Aguacate por los diques, de tal forma que en práctica los caudales circulantes hacia aguas abajo son nulos, aunque solamente una parte de ellos sea utilizada, pues el resto queda embalsado alcanzando los niveles estáticos de equilibrio determinados por la altura piezométrica del río Paz.

Es decir, la modalidad de riego basada en el cierre del zanjón el Aguacate constituye la principal problemática generadora de un daño severo en la dinámica costero-marino de la hidrografía del zanjón el Aguacate, afectando y deteriorando considerablemente los ecosistemas y el manglar, eliminando las posibilidades del riego agrícola comunitario aguas abajo, reduciendo al mínimo la disponibilidad hídrica para otros usos comunitarios y afectando la interacción entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas del acuífero somero, pues la ausencia de flujos de agua dulce genera las condiciones de una mayor susceptibilidad de contaminación por parte de los flujos salinos intermareales en el acuífero, a través de las zonas ribereñas del zanjón el Aguacate.

**Tabla 14 Nivel porcentual de extracciones en relación al caudal nominal de esguerrimiento base en el Zanjón el Aguacate**

Caudales	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Caudal mínimo generado por simulación Precipitación- Esguerrimiento (lts/seg)	267.37	179.22	120.14	80.53	168.04
Caudal promedio calculado de extracción para riego de caña de azúcar (lts/seg)	120	120	120	120	120
<b>Porcentaje de flujo utilizado para riego</b>	<b>45%</b>	<b>67%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>71%</b>

En virtud de ello, una medida primordial es la eliminación de la modalidad de cierre a través de diques del zanjón El Aguacate para efecto de riego de la caña de azúcar y de cualquier otro cultivo agrícola, con la finalidad de permitir el mantenimiento permanente de los flujos provenientes del río Paz hacia las zonas bajas de los ecosistemas y del manglar. Por otra parte se debe posibilitar el ingreso de caudales promedios provenientes del río Paz, en el orden de los 2 mt<sup>3</sup>/seg con el fin de propiciar la recuperación y preservación de los ecosistemas y del manglar, y en conformidad a lo señalado anteriormente. Para ello, se deben desarrollar acciones prioritarias como el mantenimiento del cauce mediante la limpieza y remoción de materiales y depósitos de sedimentos que pudiesen existir en algunos puntos específicos, principalmente en las zonas medias altas, evitando toda clase de intervención directa sobre el cauce que pudiese alterar sus condiciones hidráulicas y de capacidad de conducción de flujos.

## **b. Extracciones del acuífero somero en el Zanjón el Aguacate.**

Además de las extracciones de agua superficial para el riego de la caña de azúcar, tratadas en el apartado anterior, las extracciones subterráneas provenientes del acuífero somero constituyen otra importante fuente de agua para riego que incluso supera cuantitativamente en volumen a las efectuadas directamente de los flujos superficiales del zanjón el Aguacate.

Según puede observarse en el mapa 6 de usos del suelo, una parte mayoritaria de las plantaciones de caña de azúcar, irrigadas mediante extracciones de pozo de punteras, se encuentran precisamente sobre esta zona, pues tal como se ha indicado anteriormente, la zona correspondiente hacia aguas arriba del puente de la hacienda el diamante, es la que se irriga mediante extracciones provenientes de los flujos superficiales del zanjón El Aguacate.

De acuerdo a los usos del suelo, la extensión de las plantaciones de cultivo de caña de azúcar en el zanjón el Aguacate es de 851 Ha. De ellas, 210 Ha se irrigan mediante los flujos superficiales del zanjón el aguacate y el remanente de 641 Ha, son irrigadas mediante pozos con bombas de puntera. Por lo general, de acuerdo a los representantes comunitarios y a inspecciones directas en el territorio, se cuenta con una abundante cantidad de pozos de puntera y pozos artesanales para la disposición de bombas achicadoras, encontrándose en varias propiedades dos o tres pozos por parcelas de cuatro manzanas en promedio. En general, la disposición de una amplia cantidad de pozos de puntera y pozos artesanales dispersos por todo el territorio, posibilita que no existan limitantes en cuanto a la capacidad tecnológica de riego mediante extracción directa del acuífero para las extensiones. Según representantes comunitarios, en la zona del zanjón el Aguacate se cuenta con un aproximado de 130 punteras.

La capacidad nominal de este tipo de sistemas de bombeo puede estimarse entre 5–6 lts/seg. En la tabla 17 se presenta el modelo de riego para un sistema operado por cinco punteras o bombas achicadoras con capacidad conjunta de 18 lts/seg, estimando un flujo de 3.6 lts/seg para cada unidad y con un 60% de eficiencia. A partir del análisis se observa que cinco unidades operando de forma conjunta tienen la capacidad de irrigar 42 ha., proveyendo los requerimientos hídricos mínimos semanales para el desarrollo vegetativo estimados en 25.9 mm/ha. Es decir con 20 sistemas como ese, compuestos en su totalidad por 100 unidades, se tendría la capacidad de irrigar las 641 ha.

Aunque no se conoce con precisión la capacidad exacta de cada una de las 150 punteras, se considera en base a un muestreo puntual una potencia en el orden de 5.5 – 6.0 HP, las cuales en su conjunto poseen la capacidad de irrigar la extensión de 641 ha. Esta condición es confirmada por los representantes comunitarios quienes afirman que todas las plantaciones de caña de azúcar en el territorio son irrigadas entre los meses de enero y mayo.

En la tabla 16 puede observarse que el volumen promedio utilizado por hectárea en toda la temporada de riego, es de 5,572.80 mt<sup>3</sup>. En ese sentido, para una extensión de 641 ha. se requiere un volumen de 3.6 millones de mt<sup>3</sup> (Hm<sup>3</sup>). Si consideramos que de acuerdo a la extensión de la cuenca del zanjón el Aguacate, establecida en 29.92 Km<sup>2</sup>, el volumen de recarga hídrica al acuífero se estima en 2.53 millones de mt<sup>3</sup> (Hm<sup>3</sup>). Para este escenario se tiene una sobreexplotación en el acuífero de 1.07 Hm<sup>3</sup>.

---

**Tabla 15. Análisis de extracción de agua del acuífero somero**

Descripción	Caudal estimado usando 5 punteras / Ha. (lts/seg)	Tiempo horas	Área regada por día (4 horas)	Volumen por Ha (mt3)	Lámina de riego cada 7 días por Ha (mm)	Volumen mensual (mt3) /ha	Volumen del periodo (Enero - Mayo) (mt3) / ha	Volumen total periodo seco área total 641 ha. en (mt3)
Extracción de agua desde el acuífero somero*	18	4	1	259.20	25.9	1,114.56	5,572.80	3,572,164.80

Nota: Cálculo del riego por aspersión o por canal de tierra en el cultivo directo mediante la utilización de cinco pozos de puntera y bomba achicadora de 5.5 Hp con capacidad de 3.6 lts/seg cada una, con una eficiencia del 60%

## 2.5 Análisis de extracciones de agua superficial en el zanjón El Chino en relación a su disponibilidad en las zonas medias-altas.

El zanjón El Chino posee una hidrografía de 125.75 km<sup>2</sup> hasta el punto de control situado antes de su ingreso al estero de la Barra de Santiago. Su cuenca hidrográfica, a diferencia del área hidrográfica del Zanjón El Aguacate, posee una zona alta y media donde se generan los “flujos base” procedentes de los nacimientos de agua situados en su mayoría, en las estribaciones del bosque El Imposible y próximas a su entorno. Estos escurrimientos procedentes de los ríos Sacramento, San Francisco y Santa Rita, principalmente fueron generados y simulados en las zonas medias-altas, mediante el modelo hidrológico de Precipitación-Escurrimiento EVALHID, obteniéndose caudales en el orden de 130 lts/seg a 350 lts/seg durante la época seca, para ambas subcuencas definidas principalmente por las vertientes del río Sacramento al Occidente y el río Santa Rita al Oriente.

Este régimen de caudales se determinó principalmente para los meses comprendidos entre enero y mayo, periodo en el cual se efectúan las extracciones de agua para el riego agrícola. En las tablas presentadas anteriormente, 6 y 7, las aportaciones de cada vertiente se determinaron para el año 2013 en 7 Hm<sup>3</sup>, lo que supone un volumen de escurrimiento conjunto en promedio de 14 Hm<sup>3</sup> que debería circular hacia las zonas bajas en la unión de ambos ríos y la conformación del zanjón El Chino. Este promedio conjunto, para el año 1987, considerado un año seco, se determinó en 8.2 Hm<sup>3</sup>, lo cual podría ser muy similar a las condiciones influenciadas por la escasez de lluvias que se presentaron el año 2015, o incluso mucho más severas en este último año, asociadas al fenómeno de El Niño.

El zanjón El Chino posee una hidrografía de 125.75 km<sup>2</sup> hasta el punto de control situado antes de su ingreso al estero de la Barra de Santiago. Su cuenca hidrográfica, a diferencia del área hidrográfica del Zanjón El Aguacate, posee una zona alta y media donde se generan los “flujos base” procedentes de los nacimientos de agua situados en su mayoría, en las estribaciones del bosque El Imposible y próximas a su entorno. Estos escurrimientos procedentes de los ríos Sacramento, San Francisco y Santa Rita, principalmente fueron generados y simulados en las zonas medias-altas, mediante el modelo hidrológico de Precipitación-Escurrimiento EVALHID, obteniéndose caudales en el orden de 130 lts/seg a 350 lts/seg durante la época seca, para ambas subcuencas definidas principalmente por las vertientes del río Sacramento al Occidente y el río Santa Rita al Oriente.

Este régimen de caudales se determinó principalmente para los meses comprendidos entre enero y mayo, periodo en el cual se efectúan las extracciones de agua para el riego agrícola. En las tablas presentadas anteriormente, 6 y 7, las aportaciones de cada vertiente se determinaron para el año 2013 en 7 Hm<sup>3</sup>, lo que supone un volumen de escurrimiento conjunto en promedio de 14 Hm<sup>3</sup> que debería circular hacia las zonas bajas en la unión de ambos ríos y la conformación del zanjón El Chino. Este promedio conjunto, para el año 1987, considerado un año seco, se determinó en 8.2 Hm<sup>3</sup>, lo cual podría ser muy similar a las condiciones influenciadas por la escasez de lluvias que se presentaron el año 2015, o incluso mucho más severas en este último año, asociadas al fenómeno de El Niño.

En visitas realizadas en el 19 de enero del presente año a los cauces principales de los ríos Sacramento y Santa Rita, se estimaron flujos en el orden de 25 lts/seg y de 35 lts/seg para ambos ríos respectivamente, obtenidos en las proximidades de la carretera que conduce a la Hachadura. Las fotografías 6 y 7 reflejan la situación de los ríos en ese mes.

En visita realizada a finales de enero, se constató que los ríos apenas llevaban un hilo de agua, estimándose su caudal en unos 8 lts/seg, de tal forma que para los meses de marzo y abril se prevé un flujo < 5 lts/seg. En la fotografía 8 se refleja un tramo del río Sacramento con un caudal casi inexistente.

Si se considera bajo estas condiciones, un caudal circulante promedio de 70 lts/seg entre los meses de noviembre a abril para cada río, de forma conjunta se tendría una aportación de 2.2 Hm<sup>3</sup> como escurrimiento en la época seca (noviembre – abril) hacia las zonas bajas de la cuenca del Zanjón El Chino. Aunque este caudal promedio de 70 lts/seg puede parecer alto según las condiciones actuales, se establece considerando los mayores escurrimientos que se tienen entre noviembre y diciembre, estimados en el orden de los 180 y 150 lts/seg, tomando como referencia el comportamiento de los caudales medios, que se incrementan a la salida de la época lluviosa.

Por otra parte, la aportación resultante representa el escurrimiento neto luego de las extracciones de agua superficial que se ejercen para el riego agrícola en las zonas medio-altas de la cuenca.



Fotografía 3. Río Santa Rita enero de 2016  
(Caudal estimado de 35 lts/seg).

Fotografía 4. Río Sacramento Enero 2015 (Caudal  
estimado de 5 lts/seg)

Según la información de otorgamientos de permisos de riego por parte del MAG, en la zona de San Francisco Menéndez, delimitada al sur por la línea de la carretera que conduce hacia La Hachadura y extendiéndose desde ahí en dirección norte, se emitieron autorizaciones de riego de 1.8 Hm<sup>3</sup> para el periodo de 2012-2013, de 1.06 Hm<sup>3</sup> para 2013 -2014 y de 1.65 Hm<sup>3</sup> en 2014-2015 todos para el riego de aproximadamente 100 Ha dedicadas fundamentalmente a cultivos de pastos para ganado y parcelas de hortalizas de agricultores locales, lo cual se aplica con una eficiencia de riego de aproximadamente 35%. En la visita realizada en el mes de enero se constataron las retenciones de los flujos que se ejercen en los ríos, con la finalidad de derivar parte de sus flujos circulantes para el riego, lo cual tiene un efecto altamente perjudicial pues se reducen o eliminan casi totalmente los caudales base de los ríos.

Tomando como base las categorías por municipio de demandas para el abastecimiento de la población de San Francisco Menéndez y de usos pecuarios, establecidas en los mapas cartográficos por Municipio del PNGIRH-MARN 2014, dichos consumos pueden establecerse en el orden de 0.6 Hm<sup>3</sup> y de 0.4 Hm<sup>3</sup> respectivamente, para el área de análisis al norte de la carretera que conduce a la Hachadura. Si se consideran otros usos difusos estimados en 0.5 Hm<sup>3</sup> por efecto de comercio, industria y turismo se puede estimar los usos totales del agua superficial en 3.15 Hm<sup>3</sup>, para el año 2015.

En ese sentido, la aportación total que podría esperarse para las condiciones de escasez de lluvia en el año 2015 durante los meses de noviembre a abril, es en el orden de 5.40 Hm<sup>3</sup>, provenientes de la zona media alta de la cuenca del zanjón El Chino, con una intensidad promedio de usos de 58%. Sin embargo, dado que la mayor disponibilidad del agua superficial se encuentra concentrada entre los meses de diciembre a enero, la disponibilidad existente entre los meses de febrero a abril es consumida básicamente en su totalidad por los diferentes usos del agua superficial establecidos, haciendo que los caudales presentes aguas abajo sean prácticamente nulos.

Esta situación es confirmada y reiterada por representantes comunitarios y por encargados de la junta de agua del caserío Santa Rita, quienes afirman que desde hace al menos 10 años existe una progresiva disminución de los caudales base de verano, de tal manera que lo que alcanza a ingresar a la zona protegida de Santa Rita, la cual posee una extensión de 250 Ha., ubicada en el mapa de usos de suelo (mapa 6) en el sector de la coordenada X,Y 385000-298000, es una cuantía mínima, sin que existan caudales circulantes aguas abajo de dicha zona protegida, generando un deterioro e incluso la pérdida paulatina de áreas boscosas y sus ecosistemas.

Desde esa perspectiva, el zanjón El Chino en su zona baja, se presenta como un cauce carente de flujos durante la época seca, observándose flujos únicamente durante la época lluviosa.

La ausencia de caudales hace que el riego (enero-mayo) para las plantaciones de Caña de Azúcar situadas en la zona media baja de la cuenca, únicamente pueda efectuarse mediante la extracción de

agua subterránea y no de flujos superficiales, como es el caso del zanjón El Aguacate, cuyos flujos provienen de la derivación de caudales del río Paz.

## 2.6 Demandas de agua del acuífero somero para riego y usos de la población en la zona media baja del zanjón El Chino y el Aguacate en relación a su recarga.

De acuerdo a los resultados del Balance Hídrico 2013 para la cuenca del zanjón El Chino, la recarga hídrica del acuífero somero, viene dada por el cambio de almacenamiento o recarga de agua subterránea interanual que se determinó para cada una de las tres zonas en que se dividió la cuenca. Según el análisis de la tabla 6, la zona oriental presenta un cambio de almacenamiento de 149.65mm, la zona occidental de 45.96 mm y la zona media baja de 172.39 mm. El análisis de la recarga hídrica como recurso de agua disponible se efectuó considerando un factor de 0.60 en la zona media alta y de 0.70 en la zona media baja, los cuales constituyen la recarga hídrica efectiva, en tanto que un 40% en la zona alta y un 30% en la zona baja se constituyen en la recarga subterránea que conforma la humedad del suelo, flujos capilares, zona no saturada y flujos subsuperficiales.

Según las estimaciones promedio efectuadas en el informe de Nippon Koei Ltd – ANDA 2007 sobre el levantamiento de los usos y demandas de agua, un 60% del cambio de almacenamiento constituye la recarga acuífera como disponibilidad de agua subterránea efectiva. En la tabla 16 se presenta la disponibilidad hídrica subterránea de la zona de estudio considerando ambos territorios, la cuenca del Zanjón El Chino y la cuenca del zanjón el Aguacate, calculada en 11.68 Hm<sup>3</sup>.

**Tabla 16. Análisis de disponibilidad de recarga acuífera en la zona media - baja de los Zanjonos El Chino y El Aguacate en base al Balance Hídrico para el año 2013 (Hm<sup>3</sup>)**

Área de análisis	Área de Recogimiento (ha)	Cambio de almacenamiento (mm)	Recarga Subterránea (Hm <sup>3</sup> )	Factor de reducción de recarga acuífera	Recarga Acuífera (Hm <sup>3</sup> )
Zona media alta Oriente Zanjón El Chino	6359	149.65	9.52	0.6	5.71
Zonal media-alta Occidente Zanjón El Chino	4366	45.96	2.01	0.6	1.20
Zona media-baja Zanjón El Chino	1850	172.39	3.19	0.7	2.23
<b>Total Zanjón El Chino</b>	12575				9.15
Microcuenca Zanjón El Aguacate	2992	120.8	3.61	0.7	2.53
<b>Disponibilidad Total</b>					<b>11.68</b>

En la tabla 17 se presenta la extracción calculada de agua subterránea en ambas cuencas para el riego de Caña de Azúcar estimada en 8.90 Hm<sup>3</sup>. De acuerdo a reportes de representantes comunitarios, en la zona media baja y media alta del zanjón El Chino, se cuenta con un estimado de 150 punteras,

las cuales según las consideraciones de capacidad de extracción señaladas anteriormente, proveen la capacidad de riego para 956 Ha, que constituyen las plantaciones de Caña de Azúcar determinadas en la zona media baja del Zanjón El Chino.

**Tabla 17. Extracción de agua subterránea para riego de Caña de Azúcar en la zona de estudio Zanjón El Chino y Zanjón El Aguacate (Hm<sup>3</sup>)**

Área de análisis	Área caña de azúcar regada con agua subterránea (ha)	Extracción estimada de riego por Ha. (mt <sup>3</sup> )	Extracción estimada por cada zona estudio (hm <sup>3</sup> )
Zona media-alta Oriente	126	5572.8	0.70
Zona media-alta Occidente	210	5572.8	1.17
Zona media-baja	620	5572.8	3.46
<b>Subtotal El Chino</b>	<b>956</b>		<b>5.33</b>
<b>Zanjón Aguacate</b>	<b>641</b>	<b>5572.8</b>	<b>3.57</b>
<b>Total</b>	<b>1597</b>		<b>8.90</b>

Esta extracción de agua subterránea de 8.90 Hm<sup>3</sup> del acuífero local para el riego de la caña de Azúcar en relación a la recarga anual de 11.68 Hm<sup>3</sup> representa el 76.2% de uso de la disponibilidad de agua subterránea para la zona de estudio, según el Balance Hídrico de 2013, considerado un año promedio de lluvias normales. Es decir, para años con reducción significativa de lluvias influenciadas por el fenómeno de El Niño, tales como los años 1987 y 2015, se tendría un efecto mucho más severo que impactaría en condiciones de sobre explotación en el acuífero, únicamente por sobre uso de agua para el riego de Caña de Azúcar.

En la tabla 18 se presenta el cálculo de los usos del agua para el riego de la Caña de Azúcar, el cálculo de riego para parcelas agrícolas estimado en una extensión 250 ha., de acuerdo a las visitas y recorridos de campo y a reuniones con pobladores y representantes comunitarios, y el cálculo del consumo de la población. Tomando como base las estimaciones de consumo de agua para la población establecidas en el PNGIRH MARN 2014 para el municipio de San Francisco Menéndez y considerando los reportes locales en cuanto a la población comunitaria habitante en la zona baja de San Francisco Menéndez, la cual se abastece de pozos artesanales y punteras, se ha estimado una población de 25,000 hbs con una dotación de 100 lts/hab/día, lo que equivale a un abastecimiento anual de 0.91 Hm<sup>3</sup>.

**Tabla 18 Extracción de agua subterránea para los diferentes usos en la zona de estudio (Hm<sup>3</sup>)**

Área de análisis	Cantidad	Unidad	Extracción por uso del agua (mt <sup>3</sup> ) y (lts/hb)	Extracción subterránea estimada (hm <sup>3</sup> )	Porcentaje de Uso (%)
Riego de caña de Azúcar	1597	Ha	5572.8	8.90	80%
Consumo de la población local	25000	Habitantes	100/hb/día	0.91	8%
Riego de Parcelas	250	Ha	5572.8	1.39	12%
<b>Total</b>				<b>11.20</b>	<b>100%</b>

Para estas condiciones puede observarse que en conjunto se extraen 11.20 Hm<sup>3</sup> en contraste a la recarga acuífera determinada para el año 2013 de 11.68Hm<sup>3</sup>. Bajo estas condiciones el acuífero posee una intensidad de uso del 96%, donde la extracción de riego para la Caña de Azúcar supone una extracción porcentual del 80%, el consumo local un 8% y el riego de cultivos en parcelas agrícolas un 12%. Este valor de sobre explotación podría verse incrementado para años con reducción de lluvias, como los años 1987, 1995 y 2015, los cuales presentan una significativa reducción de la recarga hídrica.

Este nivel de sobreexplotación del acuífero se refleja con mayor énfasis en la formación de la fosa piezométrica debido a sus características de baja conductividad, baja permeabilidad y baja capacidad de recuperación, las cuales generan un cambio sensible en las propiedades de transmisividad de flujos, en relación al resto de la formación acuífera somera de piroclásticos aluviales compuestos por arenas y materiales permeables donde la recuperación es más rápida debido a su mayor infiltración y permeabilidad. En ese sentido, si todo el acuífero estuviese constituido por una misma formación hidrogeológica de materiales permeables, las líneas isofreáticas indicadas en el mapa 4 mantendrían un mismo gradiente promedio dado que se trata de una llanura costera, reflejando una separación similar entre línea y línea, hasta su interacción final próxima a la línea de costa. Para ese caso la sobreexplotación del acuífero se iría reflejando en mayor medida, en una disminución interanual relativa de todas las líneas isofreáticas en su conjunto, lo cual se podría medir año con año en los niveles freáticos de los pozos.

Dado que se trata de una doble formación acuífera superficial, lo que se tiene es un gradiente hidráulico que se va incrementando desde 0.003-0.004 en la zona más al norte, hacia valores mayores a medida que las líneas isofreáticas se acercan a la fosa piezométrica, reflejando cada vez un acercamiento mayor entre línea y línea, con gradientes en el orden de 0.007-0.01 hasta llegar a la cota 0 mnsn.

Esta situación hace por una parte, que no se aprecie de forma marcada, una disminución severa de los niveles freáticos de los pozos, año con año, principalmente los situados al norte de la fosa piezométrica, pues la reducción notoria se experimenta precisamente en el acuífero aluvial arcilloso que es donde se encuentra la fosa piezométrica y las extracciones mayoritarias para riego de Caña de Azúcar, mientras que por otra parte, dado que ya se llegó a nivel del mar en la fosa piezométrica, lo que se experimenta es una mayor salinización de los flujos extraídos, tal como se verifica en los análisis de muestreos de agua realizados.

## **2.7 Impactos de la expansión de la caña de azúcar**

### **1. Variación de la calidad del agua y procesos de salinización del acuífero local**

El análisis de muestreos de calidad del agua realizados por UNES GDM 2013 reflejan para algunos puntos, valores de concentraciones de parámetros que exceden o se aproximan a los valores máximos permisibles atribuibles a la caracterización de agua dulce. Dos pozos indicativos muestreados en ese proyecto fueron los ubicados en Colonia ISTA y Comunidad El Chino.

El pozo de la colonia ISTA presentó valores cercanos a 1080 mg/lit para el caso de Sólidos Totales Disueltos (STD), teniendo como máximo permisible 1000 mg/lit. Para el caso de los cloruros

presentó concentraciones de 228 mg/lit, lo cual es un indicativo de la presencia alta de sales provenientes de agua de mar, cuando su máximo debería encontrarse en el orden de los 30 mg/lit. Otro parámetro de gran importancia en la valoración de la presencia salina es la conductividad eléctrica. Al respecto el muestreo del pozo ubicado en colonia ISTA presentó valores en el orden de 2050  $\mu\text{S}/\text{cm}$  cuando el máximo para agua dulce se establece en 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y para agua potable en  $< 600 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el caso del pozo público ubicado en la comunidad El Chino presentó una conductividad eléctrica de 840  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 398 mg/lit para STD y de 21.3 mg/lit en cloruros y sodio de 80.8 mg/lit

En el muestreo realizado en el marco del presente estudio en el pozo público ubicado en la comunidad El Chino, se obtuvo valores de 1375  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en cuanto a conductividad eléctrica lo que refleja un incremento notorio de su conductividad en relación al análisis efectuado en 2013 (Ver Anexo VI).

Por otra parte se encontraron concentraciones de Sodio de 421.25 mg/lit cuando su máximo permisible es de 200 mg/lit., lo cual está asociado a la contaminación salina proveniente del agua del mar, reflejando de igual forma un incremento notorio en comparación a los resultados de 2013. En el pozo de La Danta - Las Veraneras se determinaron valores de conductividad eléctrica y de sodio de 684  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y de 265 mg/lit respectivamente, lo que le confiere valores que han sobrepasado la norma para agua para consumo humano y se encuentran con rasgos de salinización.

El muestreo del pozo situado en el Palmo presentó valores de 1007  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 250 mg/lit, para conductividad eléctrica y sodio respectivamente, lo que refleja contaminación por salinidad. Tomando en cuenta los resultados obtenidos puede observarse en general que la colonia ISTA presenta casi de forma generalizada valores que exceden los límites máximos permisibles del agua dulce, concibiéndose como un punto de alta contaminación por incidencia salina provenientes del agua de mar.

Similar situación se refleja en el pozo público de la comunidad El Chino donde se puede verificar una alteración e incremento significativo de los parámetros analizados en el presente estudio, comparados a los efectuados en 2013, lo que genera una pérdida paulatina de la calidad de agua dulce para los diferentes usos, debido al incremento de la salinización proveniente del agua del mar. Esta situación, tal como se ha destacado anteriormente, se encuentra en íntima relación con las altas extracciones para riego de Caña de Azúcar efectuadas en el ámbito de la Fosa Piezométrica, las cuales, al efectuarse bajo condiciones de sobreexplotación del acuífero, repercuten en un incremento de la salinización local, dado que la recarga hídrica no alcanza a elevar las líneas piezométricas de agua dulce por encima del nivel del mar.

## **2. Reducción de las condiciones de infiltración y de la recarga hídrica local**

La expansión creciente del cultivo de Caña de Azúcar en la franja marino-costera de la zona baja de San Francisco Menéndez, además de propiciar un alto volumen de extracción de agua dulce para riego, impacta directamente en la reducción de la infiltración al acuífero local y en el incremento de las pérdidas del recurso hídrico por efecto de la alta evapotranspiración de cultivo.

El efecto de la pérdida de infiltración e incremento del escurrimiento se ha estimado, por medio de la aplicación del método del Soil Conservation Service (SCS), el cual establece diferentes “Numeros de Curva” o coeficientes de escurrimiento en función de los usos y los tipos del suelo. Así, para áreas de cultivos conformadas por pastizales, cultivos con/sin obras de conservación y áreas abiertas, sobre suelos profundos y aluviales como el presente en la zona de estudio, los Números de Curva se establecen entre 39 y 72, pertenecientes al grupo hidrológico de suelo clase A, tal como se presenta en la figura 5. Sin embargo, para áreas de bosques los índices se reducen, estableciéndose entre 25 – 45.

En base a estos valores, la aplicación del método SCS permite determinar para una lluvia local típica, tomando como base una lluvia interanual de 72mm y con una duración de 120 minutos, estimada de acuerdo a los registros de la estación Hachadura H-14, las condiciones de escurrimiento e infiltración para una unidad de medida establecida en 1 Ha de cultivo de Caña de Azúcar, en comparación al escurrimiento e infiltración de 1 Ha. de bosque. En el anexo VII se establece el desarrollo del método obteniéndose que para el caso de bosque la infiltración generada es de 70.07 mm y para el caso de la Caña de Azúcar la infiltración generada es de 54.10 mm, lo que supone una reducción del 23% de infiltración entre el área plantada de Caña de Azúcar en relación al área plantada de bosque.

Por otra parte, la plantación de caña de azúcar también incide en un incremento notorio de evapotranspiración de cultivo, en relación a la evapotranspiración de las áreas boscosas, lo que redundará en un incremento de la pérdida hídrica, dado que los bosques poseen una mejor regulación hídrica y conservación de la humedad del suelo debido a la sombra de su follaje, lo cual ejerce un efecto de disminución de la temperatura y de la radiación solar directa sobre el suelo. Sin embargo, la Caña de Azúcar, aunque posee bajos coeficientes de cultivo para sus usos consuntivos durante su época inicial de desarrollo (0.32-0.62), tal como se estableció en la tabla 13, la evapotranspiración real se ve incrementada debido a la evapotranspiración potencial que propicia una alta pérdida de humedad del suelo como suelos expuestos a las condiciones de temperatura ambiente, con radiación solar directa y sin sombra, y en correspondencia a ello, con Kc equivalentes a lo largo del año entre 0.65 y 1.0.

**Figura 5. Escurrimiento y condiciones de infiltración de acuerdo al tipo y uso del suelo.**

TABLA 5.5.2

Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II,  $I_a = 0.2S$ )

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada <sup>1</sup> : sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena <sup>2</sup>	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Districtos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial <sup>3</sup> :				
Tamaño promedio del lote    Porcentaje promedio impermeable <sup>4</sup>				
1/8 acre o menos                    65	77	85	90	92
1/4 acre                                38	61	75	83	87
1/3 acre                                30	57	72	81	86
1/2 acre                                25	54	70	80	85
1 acre                                    20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. <sup>5</sup>	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados <sup>5</sup>	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9

2 Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

La mayoría de las especies de árboles desarrollados como cuerpo boscoso nativos, presentan un Kc permanente de 0.60-0.65 a lo largo del año debido al efecto regulador y de preservación del recurso hídrico que ejercen. En la tabla 19 se presenta el análisis de evapotranspiración real para las condiciones meteorológicas y de evapotranspiración local, dadas por la serie de evapotranspiración potencial de la estación Hachadura H-14. En la misma se ha establecido la serie de los coeficientes de cultivo Kc para la Caña de Azúcar y para los árboles como cuerpo boscoso a lo largo del año. Por otra parte se ha establecido un coeficiente de humedad del suelo Ks el cual corresponde a las condiciones de humedad en cada uno de los meses del año. Finalmente se obtiene comparativamente, el valor mensual de evapotranspiración real para Caña de Azúcar y para los árboles, obteniéndose una E<sub>tv</sub> anual para Caña de Azúcar de 1226.70 mm y de 896.30 mm para la cobertura arbórea, representando una pérdida hídrica del 37% ejercida por el cultivo de Caña de Azúcar en relación a la cobertura boscosa.



**Tabla 19. Análisis del incremento de la pérdida hídrica por efecto de la evapotranspiración real entre el cultivo de Caña de Azúcar en relación a plantación de bosque o cobertura arbórea.**

Descripción	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	TOTAL (mm)
Evapotranspiración potencial Evp (Estación H-14)	154.8	150.3	198.7	185.8	178	155.5	152.7	148.7	135.4	131.4	136.7	146.2	
Coefficiente promedio de cultivo Kc Caña de Azúcar	0.75	0.7	0.65	0.7	0.8						0.85	0.8	
Coefficiente de cultivo Kc Bosques	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
Coefficiente de Humedad Ks	0.6	0.5	0.3	0.3	0.9						0.8	0.7	
Evapotranspiración de cultivo Evt Caña de Azúcar	69.7	52.6	38.7	39.0	128.2	155.5	152.7	148.7	135.4	131.4	93.0	81.9	<b>1226.7</b>
Evapotranspiración de cultivo Evt Bosque	60.4	48.8	38.7	36.2	104.1	101.1	99.3	96.7	88.0	85.4	71.1	66.5	<b>896.3</b>

## 2.8 Análisis costo-beneficio entre el cultivo de caña de Azúcar e iniciativas agro-productivas en la zona de estudio.

En la tabla 22 se presenta la estimación presupuestaria de costos de inversión por manzana para el cultivo de caña de azúcar sin riego en relación a los ingresos totales por manzana provenientes de la entrega de las toneladas de caña al Ingenio.

**Tabla 20 Costos de producción de caña de azúcar por manzana**

No.	Gastos Agrícolas / Mz	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Monto global (US\$)
1	Insumos en la etapa de desarrollo				
	Fertilizantes Químicos	Mz	1	240.00	\$ 240.00
	Herbicidas	Mz	1	55.00	\$ 55.00
	Plaguicidas	Mz	1	62.00	\$ 62.00
					\$ -
2	Administración de Insumos administracion Caporal	Mz	1	90.00	\$ 90.00
3	Alquiler de propiedad	Mz	1	350.00	\$ 350.00
4	Riego (depende del tipo de suelo y condiciones climáticas)	Mz	0	300	\$ -
5	Mecanización, incorporación de subsuelo y aireación	Mz	1	80	\$ 80.00
6	Cosecha				
	Mano de obra cosecha (roza)	ton/mz	60	4	\$ 240.00
	Madurante	Mz	1	25	\$ 25.00
	Glifosato (herbicida)	Mz	1	12	\$ 12.00
	Transporte y carga	ton/mz	60	4.5	\$ 270.00
	Vigilancia	Mz	1	20	\$ 20.00
7	Costos financieros				\$ 37.00
<b>8</b>	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1,481.00</b>

Puede observarse que los ingresos netos percibidos son de \$ 359.80, si lo comparamos con los datos contenidos en la tabla 23 donde se presenta la estimación de costos para la producción de caña bajo riego, encontramos que el ingreso neto es de US\$725.20

**Tabla 21. Costos de producción de Caña de Azúcar por manzana bajo riego**

No.	Gastos Agrícolas / Mz	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Monto global (US\$)
I	Insumos en la etapa de desarrollo				
	Fertilizantes Químicos	Mz	1	240.00	\$ 240.00
	Herbicidas	Mz	1	55.00	\$ 55.00
	Plaguicidas	Mz	1	62.00	\$ 62.00

2	Administración de Insumos administración Caporal	Mz	l	90.00	\$ - \$ 90.00
3	Alquiler de propiedad	Mz	l	350.00	\$ 350.00
4	Riego (depende del tipo de suelo y condiciones climáticas)	Mz	l	300	\$ 300.00
5	Mecanización, incorporación de subsuelo y aireación	Mz	l	80	\$ 80.00
6	Cosecha				
	Mano de obra cosecha (roza)	ton/mz	90	4	\$ 360.00
	Madurante	Mz	l	25	\$ 25.00
	Glifosato (herbicida)	Mz	l	12	\$ 12.00
	Transporte y carga	ton/mz	90	4.5	\$ 405.00
	Vigilancia	Mz	l	20	\$ 20.00
7	Costos financieros				\$ 37.00
8	<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2,036.00</b>

Asumiendo un referente comparativo entre la producción e ingresos anuales de caña de azúcar y un proyecto de inversión de agroforestería diversificada, tomando como prototipo el costo por manzana para frutales expresado en la tabla 23 se determina que la productividad y rentabilidad económica a un mediano plazo, bajo este rubro es mayor que los ingresos generados en la producción anual de caña de azúcar.



**Tabla 22**

<b>COSTOS E INGRESOS EN UNA HECTÁREA DE FRUTALES (MANGO) (US \$)</b>										
<b>Rubros</b>	<b>AÑOS</b>									
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INSUMOS Y PLANTAS</b>										
<b>Aplicación de permacultura</b>										
Fertilizantes orgánicos	68.00	92.36	118.17	155.26	189.79	193.86	273.48	379.19	367.43	364.71
Fungicidas orgánicos	48.00	41.90	41.9	70.76	41.90	70.76	70.76	70.76	70.76	70.76
Insecticidas orgánicos	57.00	52.54	14.83	14.83	52.54	14.83	14.83	14.83	14.83	14.83
Plantas de mango injertado (350 unid)	1225.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros	140.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transporte interno de insumos	120.00	14.29	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Herramientas	50.00									
Renta de tierra (indicativo ya que no es un cultivo anual sino permanente por lo que es importante contar con la propiedad de la tierra individual, comunitario o cooperativo)	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
<b>Sub Total</b>	<b>1778.00</b>	<b>271.09</b>	<b>246.52</b>	<b>312.47</b>	<b>355.86</b>	<b>351.08</b>	<b>430.69</b>	<b>536.40</b>	<b>524.64</b>	<b>521.92</b>
<b>MANO DE OBRA</b>										
Chapoda Manual	110.00	78.34	78.34	78.34	78.34	78.34	78.34	78.34	78.34	78.34
Trazo de Terreno	13.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahoyado	400.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acarreo y abonado orgánico	67.00	75.00	85.00	110.00	115.00	125.00	140.00	160.00	160.00	160.00
Acarreo y Plantación (Trasplante)	175.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aplicación de Fertilizantes	120.00	8.31	8.31	8.31	8.31	8.31	8.31	8.31	8.31	8.31
Aplicación de insecticidas	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Limpias	70.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
Podas y deshijes	60.00	22.00	40.00	60.00	120.00	190.00	200.00	240.00	240.00	240.00
Placeo	60.00	17.00	28.00	60.00	120.00	150.00	180.00	200.00	200.00	200.00
Encalado	12.00	12.00	22.00	37.00	55.00	13.06	70.00	80.00	90.00	120.00
Riego (los tres primeros años principalmente)	650.00	650.00	650.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ronda Cortafuegos	26.11	19.59	19.59	19.59	19.59	19.59	19.59	19.59	19.59	19.59
Vigilancia época de producción y cosecha	150.00	160.00	170.00	190.00	200.00	220.00	230.00	250.00	270.00	300.00
Bomba aspersora	170.00									
Obras de protección y barreras vivas	220.00									
Sub total	<b>2383.17</b>	<b>1282.24</b>	<b>1341.24</b>	<b>803.24</b>	<b>956.24</b>	<b>1044.29</b>	<b>1166.24</b>	<b>1276.24</b>	<b>1306.24</b>	<b>1366.24</b>
<b>Subtotal de la inversión</b>	<b>4161.17</b>									
<b>Mantenimiento</b>										
Mango		1553.33	1587.76	1115.71	1312.10	1395.37	1596.93	1812.64	1830.88	1888.16
<b>Sub Total mantenimiento</b>	<b>0.00</b>	<b>1553.33</b>	<b>1587.76</b>	<b>1115.71</b>	<b>1312.10</b>	<b>1395.37</b>	<b>1596.93</b>	<b>1812.64</b>	<b>1830.88</b>	<b>1888.16</b>
<b>Recolección</b>										
Mango	0.00	0.00	33.97	61.41	75.13	88.85	116.29	130.01	136.87	136.87
Transporte interno	0.00	0.00	2.12	21.16	29.63	33.86	42.33	46.56	50.79	55.03
<b>Subtotal Recolec.y Transp.</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>36.08</b>	<b>82.57</b>	<b>104.76</b>	<b>122.71</b>	<b>158.62</b>	<b>176.57</b>	<b>187.66</b>	<b>191.90</b>
<b>Mantenimiento y Recolección</b>	<b>0.00</b>	<b>1553.33</b>	<b>1623.85</b>	<b>1198.28</b>	<b>1416.86</b>	<b>1518.08</b>	<b>1755.55</b>	<b>1989.21</b>	<b>2018.54</b>	<b>2080.05</b>
<b>Total de costos directos</b>	<b>4161.17</b>	<b>1553.33</b>	<b>1623.85</b>	<b>1198.28</b>	<b>1416.86</b>	<b>1518.08</b>	<b>1755.55</b>	<b>1989.21</b>	<b>2018.54</b>	<b>2080.05</b>
Administración (3%)	124.84	46.60	48.72	35.95	42.51	45.54	52.67	59.68	60.56	62.40
Imprevistos (5%)	214.30	80.00	83.63	61.71	72.97	78.18	90.41	102.44	103.95	107.12
intereses (11.5%)	517.54	193.19	201.96	149.03	176.22	188.81	218.34	247.40	251.05	258.70
<b>Subtotal otros costos</b>	<b>856.67</b>	<b>319.79</b>	<b>334.31</b>	<b>246.69</b>	<b>291.69</b>	<b>312.53</b>	<b>361.42</b>	<b>409.52</b>	<b>415.56</b>	<b>428.23</b>
<b>Costos Totales</b>	<b>5017.84</b>	<b>1873.11</b>	<b>1958.15</b>	<b>1444.97</b>	<b>1708.55</b>	<b>1830.61</b>	<b>2116.97</b>	<b>2398.73</b>	<b>2434.10</b>	<b>2508.28</b>
Rendimientos (unidades)	0	0	8750	15750	42000	105000	133000	141750	150500	162750
Precio indicativo por unidad \$0.25	0.25									
<b>Ingresos</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$2,187.50</b>	<b>\$3,937.50</b>	<b>\$10,500.00</b>	<b>\$26,250.00</b>	<b>\$33,250.00</b>	<b>\$35,437.50</b>	<b>\$37,625.00</b>	<b>\$40,687.50</b>
<b>Ingresos netos</b>	<b>-\$5,017.84</b>	<b>-\$1,873.11</b>	<b>\$229.35</b>	<b>\$2,492.53</b>	<b>\$8,791.45</b>	<b>\$24,419.39</b>	<b>\$31,133.03</b>	<b>\$33,038.77</b>	<b>\$35,190.90</b>	<b>\$38,179.22</b>

### III. Conclusiones y Propuestas

---

#### 3.1 Conclusiones

**Marco normativo a la medida de los grandes industriales del azúcar.** De acuerdo a este análisis y a otros realizados previamente por otras instancias, la Ley de la Producción, industrialización y comercialización de la agroindustria azucarera de el salvador y sus Reglamentos, tienen contenidos perjudiciales a los intereses de la sociedad salvadoreña, señalamos los elementos que lo sustentan:

1. Crea una institución el CONSAA conformada por dos entidades públicas y seis privadas, lo que genera que las resoluciones de modo general favorezcan los intereses de los industriales del azúcar.
2. Favorecen el establecimiento de relaciones desiguales entre productores de caña y los ingenios azucareros, que permite una distribución desigual de los ingresos y la concentración de la riqueza generada por el cultivo de la caña de azúcar, el pago por la caña se hace calculando la productividad de azúcar de la misma, dejando fuera un insumo importante que es el bagazo. Además, existe una distribución o zonificación de las zonas productoras de caña.
3. Establece la distribución del mercado interno y preferente en cuotas de acuerdo a la producción promedio de las centrales azucareras, lo que favorece el incremento de los precios

Existe además de la Ley anterior, **un amplio marco normativo que regula las diferentes actividades vinculadas principalmente al cultivo de caña, el cual en la mayoría de los casos no se aplica**, nos referimos a la Ley de Riego y Avenamiento, Ley de Áreas Naturales Protegidas y Ley de Medio Ambiente, Ley de Libre Competencia, incluso la Constitución de la República aduciendo “el aporte a la economía de esta industria”.

**Relación de abuso a los productores de caña por parte de los industriales del azúcar.** Pese a que en la Ley de la Agroindustria Azucarera se plantea que la distribución de los ingresos por la venta del azúcar y la melaza será de 54.5 y 45.5% para los productores de caña y los ingenios respectivamente, en la práctica los productores de caña reciben un porcentaje cada vez menor de los ingresos obtenidos de la venta de azúcar y sus derivados, ubicándose en 2014 en menos del 26%.

**Altos precios a los consumidores nacionales versus bajos precios al mercado internacional.** Los precios a los que se vende el azúcar en el mercado nacional históricamente se han ubicado al menos dos o tres veces por encima de los que se logran en el mercado internacional, lo que representa un subsidio directo de los consumidores nacionales a las exportaciones de la industria del azúcar y una mala señal al mercado, pues, significa que la industria puede seguir expandiendo la producción y obteniendo niveles aceptables de ganancia.

**Se ha determinado una alta intensidad de uso del agua superficial en la zona media alta del zanjón El Chino que se incrementa significativamente con la escasez de lluvias y elimina la presencia de flujos permanentes durante la época seca hacia las zonas bajas. Ello implica que no existe agua disponible de flujos superficiales para riego durante los meses de enero a abril en la zona baja del Zanjón El Chino.**

De acuerdo al desarrollo de los Balances Hídricos la disponibilidad hídrica del escurrimiento superficial para la zona media alta del zanjón El Chino durante los meses de noviembre a abril, se determinó en 14 Hm<sup>3</sup> para el año 2013, equivalentes a caudales medios mensuales de 130 lts/seg a 1,050 lts/seg, considerado un año de lluvias normales y tomando como punto de control las proximidades a la carretera que conduce a la Hachadura. Sin embargo para el año de 1987 considerado un año con escasez de lluvias asociado al fenómeno del niño, y similar a las condiciones del año 2015, las aportaciones se determinaron en 8.2 Hm<sup>3</sup>. De acuerdo a la investigación de campo realizada en los meses de enero y febrero del presente año, los caudales circulantes en los principales ríos (Sacramento y Santa Rita) provenientes de la zona media alta de la cuenca del Zanjón El Chino se estimaron entre 20 – 35 lts/seg y una aportación total para la época seca 5.4 Hm<sup>3</sup>, mucho menor a la aportación obtenida en el año 1987. Si los usos del agua superficial se establecieron en 3.15 Hm<sup>3</sup>, la intensidad de uso promedio del agua superficial para los meses de la época seca es de 58%. Sin embargo dado que la disponibilidad de caudales se concentra principalmente durante los meses de noviembre a enero, se tiene que durante los meses de febrero a abril esta intensidad de uso se incrementa sustancialmente, dado los bajos caudales, a tal grado que puede alcanzar valores entre el 80% – 90%, eliminando en la práctica la presencia de flujos permanentes, principalmente durante los meses de febrero a abril, hacia las zonas bajas.

La ausencia de caudales en la época seca hace que la disponibilidad hídrica de la zona media baja del Zanjón El Chino provengan únicamente del agua subterránea de su acuífero local.

**Los flujos circulantes en el zanjón El Aguacate para la época seca provenientes del río Paz son retenidos y embalsados mediante diques implementados para elevar los niveles del agua y efectuar la extracción del agua para el riego de plantaciones de Caña de Azúcar estimadas en 210 Ha, con un caudal promedio de extracción de 120 lts/seg y un volumen extraído de 1.30 Hm<sup>3</sup> entre los meses de enero y mayo.**

De acuerdo al desarrollo de los Balances Hídricos efectuados para el Zanjón El Aguacate en base a la modelación hidrológica de precipitación-escurrimiento Áreal, el mismo conduce flujos medios para la época seca (noviembre – abril) entre 80.5 – 934.3 lts/seg equivalente a una aportación de 5.7 Hm<sup>3</sup>. Estos flujos en la época seca provienen en su totalidad de caudales derivados del río Paz, en tanto que el área hidrográfica del zanjón el Aguacate es una llanura costera que no posee nacimientos de agua que lo sustenten durante la época seca en las conformación de sus caudales base.

Los caudales circulantes son retenidos por la implementación de diques para la extracción de un flujo promedio de operación de 120 lts/seg, para el riego de 210 Ha equivalente a un volumen extraído de 1.3 Hm<sup>3</sup> durante los meses de enero a mayo.

La implementación de los diques sobre el cauce del Zanjón el Aguacate provoca la retención de los caudales circulantes y la elevación relativa del nivel del agua embalsada hasta alcanzar su equilibrio hidrodinámico determinado por los niveles del río Paz, extendiéndose dicha retención por 5 kms. a largo del cauce del Zanjón el Aguacate, desde su ingreso en el río Paz hasta el punto de diques, como un cinturón de agua retenida y estática, percibiéndose únicamente un lento movimiento, mayoritariamente debido a la circulación de los caudales extraídos. Pues esta retención reduce casi en su totalidad la circulación de caudales aguas abajo, verificándose flujos promedio en los meses de

enero y febrero en el orden 20 – 35 lts/seg, los cuales provienen de las fugas en los diques o de su control mediante tuberías de desagüe controladas por tapones. Estos flujos de agua dulce circulan una longitud de más de 3 Kms hasta alcanzar la zona de interacción costero-marina en las cercanías del puente El Aguacate donde se mezclan con los flujos de agua salada provenientes de la dinámica intermareal.

La retención de los caudales en el Zanjón El Aguacate supone en la práctica la disposición y dominio de la casi totalidad de los flujos circulantes, aunque solamente una parte de ellos sea efectivamente utilizada para el riego de la Caña de Azúcar.

La anulación de la circulación de flujos aguas abajo o presencia de escasos caudales genera un grave desequilibrio en la interacción con las zonas ribereñas, y anula las posibilidades de una preservación sustentable del manglar, así como el aprovechamiento de flujos para los distintos usos comunitarios aguas abajo. Además puede propiciar la contaminación del acuífero somero y superficial con agua salada, principalmente en la zona de interacción costero-marina ubicada en las cercanías del puente el Aguacate.

**La retención de los flujos en el Zanjón El Aguacate genera un severo impacto en la hidrodinámica local, en los ecosistemas y en las zonas de manglar, propiciando su deterioro y pérdida, así como el detrimento de los sistemas de vida en la zona de interacción costero-marina, ya que anula los flujos esenciales de agua dulce que deben mezclarse con las corrientes de la dinámica intermareal para la preservación de dichos ecosistemas.**

La zona aguas arriba y aguas abajo próxima al puente el Aguacate, es el ámbito donde se alcanza la dinámica intermareal (mareas altas y mareas bajas), definido por la intersección con la latitud Y 293000, esperándose la mezcla con el agua dulce proveniente de la derivación del río Paz, lo cual es esencial para la preservación de los ecosistemas. De acuerdo a mediciones de flujos efectuadas en el cauce del zanjón y en la zona del puente el Aguacate, las corrientes provenientes del mar cuando está subiendo la marea o se tiene marea alta, se estiman en el orden de 2.0 – 3.0 mt<sup>3</sup>/seg e incluso mayores a 4 mt<sup>3</sup>/seg cuando se tiene ocurrencia de eventos por marejadas. Es decir, se tiene una importante vertiente de agua marina y salobre que transita por más de 2 kms desde la línea de costa en dirección norte, irrigando las áreas de ecosistemas y manglar, y generando altas concentraciones salinas que deterioran paulatinamente importantes zonas de los ecosistemas y manglar, y con ello, la biodiversidad existente, dado que son flujos que no se mezclan con agua dulce durante la época seca y por consiguiente inciden significativamente en ese detrimento, e incluso, provocando la pérdida total del manglar en algunos sectores, tal como se ha podido constatar, en manglares ubicados en la zona limítrofe con Guatemala, los cuales se vieron anegados permanente por los flujos marinos.

De acuerdo a la caracterización de los ambientes de estuarios se estima que la mezcla adecuada para el mantenimiento de las dinámicas interfluviales y la preservación de los ecosistemas estuarinos y el manglar en la zona del estero e interacción costero-marina, se encuentra en el orden de un 60% agua de mar y un 40% de agua dulce como mínimo, favoreciendo con ello, por otra parte, su alta productividad potencial establecida en el orden 2.5 ton/ha/año. Ello implica que al menos debería mantenerse un promedio de 1.5 – 2.0 mt<sup>3</sup>/seg de agua dulce circulando aguas abajo del puente el aguacate, lo cual contrasta con lo que se experimenta actualmente, estimado entre 0.020 – 0.035 mt<sup>3</sup>/seg.

Según la modelación hidráulica, y tomando en cuenta la conformación de sus secciones transversales y las bajas pendientes que presenta el cauce del Zanjón el Aguacate ( $< 1\%$ ), el mismo puede conducir adecuadamente bajo condiciones de flujo uniforme, subcrítico y estable, es decir, sin generar erosión lateral y de fondo, y sin puntos de desbordamientos, caudales en el orden de 2 a 3  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

La modalidad de riego de la Caña de Azúcar, basada en el cierre del zanjón el Aguacate constituye la principal problemática generadora de un daño severo en la dinámica costero-marino de la hidrografía del zanjón el Aguacate, afectando y deteriorando considerablemente los ecosistemas y el manglar, reduciendo al mínimo la disponibilidad hídrica para los usos comunitarios y afectando la interacción entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas del acuífero somero, pues la ausencia de flujos de agua dulce genera las condiciones de una mayor susceptibilidad de contaminación por parte de los flujos salinos inter mareales en el acuífero, a través de las zonas ribereñas del zanjón el Aguacate.

**El nivel de extracciones de agua subterránea del acuífero somero que se extiende en la zona media baja de ambas cuencas de estudio, refleja una sobre explotación anual de 0.45  $\text{Hm}^3$ , determinándose una distribución de extracciones provenientes en un 81% para el riego de las plantaciones de Caña de Azúcar, un 8% para el consumo y usos domésticos de la población comunitaria y un 11% para el riego de parcelas agrícolas de pastos para ganado, plataneras y cultivos de hortalizas y granos básicos.**

La recarga hídrica como agua disponible en el acuífero se ha determinado en 11.68  $\text{Hm}^3$ , para el año 2013, el cual se considera un año con condiciones de precipitación normales. Para condiciones de años secos influenciados por el fenómeno de El Niño tales como los años 1987 y 2015, la recarga hídrica se vería disminuida notablemente lo que repercutiría en un incremento de las condiciones de sobre explotación del acuífero.

Bajo las actuales condiciones, el riego de las plantaciones de la Caña de Azúcar se constituye en el principal agente causal de sobre explotación del acuífero excediendo las posibilidades hídrica-ambientales de la zona en detrimento de los demás usos y reduciendo significativamente la calidad del agua dulce subterránea, así como los niveles piezométricos de los pozos artesanales, principalmente en interacción con los años secos, lo cual afecta significativamente la disponibilidad para el consumo y los usos de la población.

Los usos del agua en el acuífero se han determinado en 8.90  $\text{Hm}^3$  anuales provenientes del riego de plantaciones de Caña de Azúcar con una extensión de 1597 Ha. Usos para una población de 4,988 familias equivalentes a 25,000 habitantes con un consumo de 0.915  $\text{Hm}^3$  y un uso para el riego de 250 Ha de parcelas agrícolas de cultivos diversos estimado en 1.39  $\text{Hm}^3$ . El total de usos del agua subterránea se determinó en 11.21  $\text{Hm}^3$ ., generando una intensidad de uso de 96%

Esta alta intensidad de uso estimada en un 97% contribuye a agudizar la formación y permanencia de una fosa piezométrica con elevación 0 msnm ubicada mayoritariamente sobre una formación hidrogeológica caracterizada como depósitos aluviales arcillosos que poseen baja permeabilidad y baja conductividad hidráulica. Estas propiedades repercuten en una lenta capacidad de recarga hídrica local de esta formación en comparación al nivel de extracciones que se ejercen directamente sobre ella y principalmente para el riego de las plantaciones de Caña de Azúcar, lo que implica un incremento paulatino de las concentraciones de sales provenientes del agua del mar, perdiendo

paulatinamente en esa zona sus propiedades de agua dulce. Esta fosa piezométrica, determinada por el estudio UNES-GDM 2013 mediante sondeos geoelectricos, se ubica entre las latitudes (Y) 292000-294000 y las longitudes (X) 381000-388000.

**Según los reportes de muestreos de calidad del agua realizados en el marco del presente estudio, en comparación con los resultados obtenidos de los muestreos realizados por el estudio de UNES-GDM 2013, se ha presentado un incremento de la salinidad en la zona de la fosa piezométrica, lo que implica una degradación de la calidad del agua dulce extraída en esa zona para los diferentes usos.**

## 3.2 Propuestas

1. La zona media alta del Zanjón El Chino conformada por el Municipio de San Francisco Menéndez y las estribaciones del bosque El Imposible, en cuyo ámbito surgen los nacimientos y fuentes de agua que sustentan los caudales base de los ríos que confluyen en el Zanjón El Chino, debe integrarse dentro de una planificación hídrico ambiental que posibilite su preservación y rehabilitación de las áreas degradadas. Es importante en este sentido el ordenamiento y control de las asignaciones de caudales para los sistemas de riego por parte del MAG en coordinación con el MARN, y el análisis de dichos otorgamientos ajustados a las condiciones hídricas locales y bajo la afectación de las condiciones climáticas, haciendo prevalecer los caudales ambientales y los caudales esenciales requeridos para los diferentes usos en la zona media baja del Zanjón El Chino.

2. Los caudales circulantes por el Zanjón El Aguacate provenientes del río Paz no deben ser restringidos por diques o barreras artesanales para el riego de la Caña de Azúcar, lo cual genera un impacto severo sobre los ecosistemas, los bosques ribereños y la interacción hidrodinámica de aguas superficiales y subterráneas, pues la eliminación de los flujos aguas debajo de los puntos de diques, genera un ámbito de mayor vulnerabilidad por incidencia salina en el acuífero. Igualmente el cauce del Zanjón El Aguacate debe mantenerse libre de obstáculos o exceso de materiales y sedimentos, ya que dichas interferencias generan igualmente una disminución sustancial de sus caudales provenientes del río Paz, debido a las bajas pendientes que presenta.

3 El riego de la caña de Azúcar proveniente de las extracciones de los flujos superficiales debe ajustarse a una dinámica de recuperación integral de la cuenca del Zanjón el Aguacate de tal forma de no interferir en el cauce y la circulación de sus flujos. Adicional a ello es prioritario iniciar una reconversión hacia un aprovechamiento diversificado, agroproductivo y económico sustentable que reduzca las extracciones actuales de agua a corto plazo en un 40%. Para ello, es recomendable la implementación de proyectos de frutales y de agroforestería basados en cobertura arbórea permanente, los cuales generan una mayor rentabilidad a mediano plazo que la Caña de Azúcar, cuando se integran adecuadamente los aspectos de producción, logísticos, mantenimiento y vigilancia, distribución y comercialización.

4 Con la finalidad de iniciar un proceso de recuperación del ambiente de estuario y de las zonas de interacción costero – marinas las cuales se inician en las proximidades del puente del Aguacate, es necesario posibilitar una hidrodinámica que permita el ingreso de flujos máximos fluctuantes en el

orden de los 2 m<sup>3</sup>/seg ajustados a las dinámicas de las mareas altas y controlados en el ingreso del río Paz mediante obras de derivación y regulación hidráulica.

5. Con la finalidad de iniciar un proceso que revierta las condiciones de sobreexplotación del acuífero es necesario primordialmente reducir las extracciones de agua subterránea para el riego de Caña de Azúcar de tal forma de ajustarse a una dinámica de recuperación integral de la zona de estudio y propiciar un aprovechamiento sustentable. Esta disminución en las extracciones se recomienda a un corto plazo en el orden del 50% de las extracciones actuales en el sector lo cual equivale a 4.91 Hm<sup>3</sup>. Con ello se tendría una extracción total por los usos considerados de 7.22 hm<sup>3</sup>, generando con ello un almacenamiento positivo 4.46 Hm<sup>3</sup>, lo cual propiciaría un proceso de recuperación paulatino del acuífero y la reconversión hacia una economía de agroforestería diversificada. Bajo las condiciones de este escenario la distribución de los usos del agua serían de 68% Caña de Azúcar, 13% usos para la población y 19% para riego de parcelas de agricultura diversa.

## IV. Anexos

---

### ANEXO I

**Resoluciones Oficinas de Información y Respuesta del CONSAA y el Ministerio de Economía respecto a los Acuerdos Institucionales que determinan el precio del azúcar en el mercado nacional.**



CONSEJO SALVADOREÑO DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA

San Salvador, 21 de julio 2016

Licenciada  
Juana Bautista Montoya Marín  
Oficial de Información  
CONSAA  
Presente

**Estimada Licenciada:**

Reciba por este medio un atento y cordial saludo con mis mejores deseos de éxito en sus labores cotidianas.

Aprovecho la oportunidad para responder a la solicitud efectuada por medio de peticionario a través de su persona, en calidad de Oficial de Información, con número correlativo CONSAA-2016-0009, mediante la cual solicita los Acuerdos del CONSAA para el establecimiento del precio del azúcar para el mercado interno. Desde la creación de la Institución, hasta el año 2015.

En relación a esta solicitud, tengo a bien informarle por este medio, que esta Institución no posee ningún Acuerdo efectuado a la fecha por el Directorio en donde se recomiende el establecimiento del precio del azúcar.

Sin otro particular,  
Atentamente,



Gabriela de Rodríguez  
Asistente Técnico Administrativo



RII No. 022/2016

En la DIRECCIÓN DE TRANSPARENCIA ACCESO A LA INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA, San Salvador, a las ocho horas y diez minutos del veintitrés de noviembre del año dos mil dieciséis.

Admítase la solicitud de información MINEC-2016-0471, de fecha once de noviembre de dos mil dieciséis, presentada por el señor Carlos Alfredo Flores Rivera, con su Documento Único de Identidad número 02233866-5, mediante el cual solicita se le proporcione "Acuerdos interministeriales entre los Ministerios de Economía y Agricultura y Ganadería por medio de los cuales se definen los precios máximos del azúcar para el mercado interno, procedimiento señalado en el Art. 22 de LEY DE LA PRODUCCION, INDUSTRIALIZACION Y COMERCIALIZACION DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA DE EL SALVADOR, desde la aprobación de la Ley hasta la fecha, incluyendo los acuerdos propuesta del Concejo

Analizado el fondo de la misma, y cumpliendo los requisitos que establece el art.66 de La Ley de Acceso a la Información Pública y los arts. 50, 54 del Reglamento de la Ley de Acceso a la Información Pública, en adelante solo denominados Ley y Reglamento; Leídos los autos y considerando:

- i. El impulso del derecho de petición y respuesta que a todos los ciudadanos atañe está robustecido en el art. 18 de la Constitución de la República.
- ii. Habiéndose realizado las gestiones internas, mediante envío de correos desde el panel de control del Sistema Gestiones de Solicitudes (SGS), a la unidad administrativa de esta Cartera de Estado, que pudiese tener en su poder la información solicitada por el señor Carlos Alfredo Flores Rivera a fin de dar respuesta oportuna a la petición.
- iii. Que la Gerencia de Asuntos Jurídicos, hace de su conocimiento que registro de haber hecho ese tipo de acuerdos en la Dirección de Asuntos Jurídicos, pero se va a verificar en documentación de administraciones anteriores.
- iv. Que se solicitó a la Unidad de Gestión Documental y Archivo, indicando que realizaron una búsqueda exhaustiva y no se encontró información al respecto.
- v. Ya la LAIP dispone en el art. 73 que nos encontramos ante un caso de información pública **INEXISTENTE**, de acuerdo a lo manifestado por las Unidades Administrativas, lo que impide brindar lo requerido por el peticionario, por el señor Carlos Alfredo Flores Rivera.



POR TANTO: Esta Dirección fundamentada los arts. 3, 4, 62, 64, 65 de la Ley, conforme los fines de facilitar a toda persona el derecho de acceso a la información pública mediante procedimientos sencillos y expeditos, la promoción de la participación ciudadana; los principios de máxima publicidad, disponibilidad, integridad y gratuidad; y la validez de los documentos mediante tecnologías de la información y comunicaciones, así también base a lo preceptuado en los arts. 53, 54, 55 y 56 del Reglamento; en consecuencia, **RESUELVE: COMUNÍQUESE** la ausencia de la información solicitada por el señor Carlos Alfredo Flores Rivera, **HABILÍTESE** a la solicitante a presentar recurso de apelación en los cinco días hábiles posteriores a la recepción de la presente. **NOTIFÍQUESE.**

  
Oficial de Información



## ANEXO No. 2

### BALANCES HIDRICOS AÑOS 1973, 1987, 1995 Y 2013 Y CONDICIONES DEL ESCURRIMIENTO

#### A. BALANCE HÍDRICO PARA LAS TREA ZONAS EN EL ZANJON EL CHINO Y CONDICIONES DE ESCURRIMIENTO.

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA ORIENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 1973

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.1	19.3	164.6	289.2	330.8	352.9	372.1	161.1	25.2	9.8	1725.1
Aportación o													
Escorrimento total	6.6	4.9	3.6	2.7	2.0	8.5	28.3	57.1	104.9	55.0	40.3	29.9	343.7
Esorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	13.9	30.0	62.5	6.6	0.0	0.0	116.3
Esorrentia_Subterránea	6.6	4.9	3.6	2.7	2.0	5.2	14.4	27.1	42.4	48.4	40.3	29.9	227.4
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	0.1	19.3	85.7	165.8	176.8	173.0	100.1	136.3	146.6	137.3	1141.1
Cambio de almacenamiento	-6.55	-4.86	-3.60	-2.66	76.89	114.81	125.70	122.82	167.08	-30.18	-161.71	-157.37	240.37

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA OCCIDENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 1973

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.4	88.2	368.9	304.9	497.8	408.6	424.4	306.3	28.6	4.5	2432.6
Aportación o													
Escorrimento total	6.1	4.5	3.4	2.5	60.4	74.2	203.2	180.6	231.5	171.5	82.3	61.0	1081.3
Esorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	46.4	41.8	150.7	109.2	146.0	77.6	0.0	0.0	571.7
Esorrentia_Subterránea	6.1	4.5	3.4	2.5	14.0	32.4	52.5	71.5	85.6	93.9	82.3	61.0	509.6
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	0.4	88.2	85.7	165.8	176.8	173.0	100.1	136.3	146.6	127.6	1200.5
Cambio de almacenamiento	-6.11	-4.53	-3.35	-2.48	222.77	64.88	117.78	55.03	92.77	-1.51	-200.28	-184.11	150.86

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA BAJA SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 1973

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	72.8	310.3	189.3	304.9	332.2	343.1	275.2	10.9	4.6	1843.1
Aportación o													
Escorrimento total	0.3	0.2	0.1	0.1	12.7	15.9	36.4	69.8	110.7	114.3	64.6	35.5	460.6
Esorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.5	10.1	22.3	40.4	30.1	0.0	0.0	106.9
Esorrentia_Subterránea	0.3	0.2	0.1	0.1	9.3	15.4	26.3	47.5	70.3	84.2	64.6	35.5	353.7
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	0.0	72.8	113.5	157.1	165.2	161.6	113.0	131.4	141.3	130.1	1186.1
Cambio de almacenamiento	-0.31	-0.17	-0.09	-0.05	184.04	16.22	103.25	100.74	119.29	29.46	-194.98	-161.00	196.38

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA ORIENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 1987

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	81.1	69.8	15.1	518.0	449.8	223.5	389.8	6.6	0.0	11.2	1764.9
Aportación o													
Escurrimiento total	6.6	4.9	3.6	2.7	2.0	57.3	87.2	46.5	108.9	47.0	34.8	25.8	427.2
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.9	54.2	6.0	61.2	0.0	0.0	0.0	165.3
Escorrentia_Subterránea	6.6	4.9	3.6	2.7	2.0	13.3	33.0	40.5	47.8	47.0	34.8	25.8	261.9
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	81.1	69.8	15.1	181.1	193.6	190.3	115.1	175.4	158.8	109.2	1289.5
Cambio de almacenamiento	-6.60	-4.89	-3.62	-2.68	-1.99	279.62	169.04	-13.24	165.75	-215.77	-193.63	-123.75	48.24

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA OCCIDENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO 1987

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	11.5	11.3	308.4	259.4	265.8	141.3	14.4	0.0	0.0	1012.1
Aportación o													
Escurrimiento total	13.2	9.8	7.2	5.4	4.0	29.3	33.8	43.1	30.6	23.7	17.5	13.0	230.5
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	11.7	13.7	0.7	0.0	0.0	0.0	44.2
Escorrentia_Subterránea	13.2	9.8	7.2	5.4	4.0	11.1	22.1	29.4	29.8	23.7	17.5	13.0	186.3
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	0.0	11.5	11.3	181.1	193.6	190.3	115.1	92.5	0.0	0.0	795.5
Cambio de almacenamiento	-13.21	-9.78	-7.25	-5.37	-3.98	98.05	31.97	32.41	-4.39	-101.75	-17.53	-12.99	-13.82

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA BAJA SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO 1987

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	21.8	21.8	276.6	234.8	240.2	133.8	24.6	0.0	0.0	953.7
Aportación o													
Escurrimiento total	1.8	1.0	0.5	0.3	0.2	7.0	12.9	17.9	14.1	8.0	4.4	2.4	70.6
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
Escorrentia_Subterránea	1.8	1.0	0.5	0.3	0.2	5.8	12.1	16.4	14.1	8.0	4.4	2.4	66.9
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	0.0	21.8	21.8	171.6	180.9	177.8	130.0	169.0	11.1	0.0	884.1
Cambio de almacenamiento	-1.78	-0.98	-0.54	-0.29	-0.16	97.98	40.94	44.51	-10.27	-152.51	-15.48	-2.42	-1.00

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA ORIENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 1995

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	16.5	113.2	179.3	331.5	304.5	451.9	105.6	4.9	46.8	1554.2
Aportación o													
Escorrimento total	10.4	7.7	5.7	4.2	3.1	2.4	12.5	24.7	115.4	38.9	29.8	22.1	277.0
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	9.4	83.6	0.6	0.0	0.0	99.4
Escorrentia_Subterránea	10.4	7.7	5.7	4.2	3.1	2.4	6.7	15.3	31.8	38.3	29.8	22.1	177.7
Evapotranspiracion real	128.5	0.0	0.0	16.5	83.3	172.5	161.9	154.0	92.4	141.7	149.2	140.2	1240.2
Cambio de almacenamiento anual	-138.90	-7.73	-5.73	-4.24	26.75	4.45	157.04	125.77	244.12	-74.96	-174.12	-115.46	36.98

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA OCCIDENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 1995

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	24.3	62.7	153.0	230.4	550.0	405.7	173.1	5.6	2.4	1607.2
Aportación o													
Escorrimento total	20.5	15.2	11.2	8.3	6.2	6.0	14.6	168.6	167.7	76.5	52.3	38.8	585.9
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	4.9	139.4	113.7	14.5	0.0	0.0	272.8
Escorrentia_Subterránea	20.5	15.2	11.2	8.3	6.2	5.7	9.8	29.2	54.0	62.0	52.3	38.8	313.1
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	0.0	24.3	62.7	144.5	161.9	154.0	92.4	141.7	149.2	58.7	989.5
Cambio de almacenamiento	-20.49	-15.18	-11.25	-8.33	-6.17	2.47	53.82	227.40	145.58	-45.13	-195.96	-95.02	31.74

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA BAJA SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 1995

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	32.8	65.8	143.4	210.0	245.1	311.5	245.1	0.0	0.9	1254.6
Aportación o													
Escorrimento total	5.5	3.0	1.6	0.9	0.5	0.3	1.7	7.9	33.0	46.4	31.2	17.1	148.9
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	10.2	8.5	0.0	0.0	19.8
Escorrentia_Subterránea	5.5	3.0	1.6	0.9	0.5	0.3	1.6	6.9	22.8	37.9	31.2	17.1	129.2
Evapotranspiracion real	30.9	0.0	0.0	32.8	65.8	143.4	151.3	143.9	104.3	136.6	143.8	132.8	1085.8
Cambio de almacenamiento	-36.38	-2.99	-1.64	-0.90	-0.49	-0.27	57.00	93.26	174.19	62.13	-175.02	-149.03	19.86

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA ORIENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 2013

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	9.6	216.8	297.0	306.6	381.0	144.0	298.0	11.0	0.0	1664.0
Aportación o													
Escorrimento total	13.3	9.9	7.3	5.4	4.6	15.3	33.8	85.7	41.5	88.3	42.6	31.6	379.3
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	6.3	15.2	52.6	2.7	44.6	0.0	0.0	121.5
Escorrentia_Subterránea	13.3	9.9	7.3	5.4	4.5	8.9	18.6	33.1	38.9	43.7	42.6	31.6	257.8
Evapotranspiracion real	77.8	0.0	0.0	9.6	82.1	152.8	156.1	152.1	92.7	131.5	136.7	143.6	1135.1
Cambio de almacenamiento	-91.16	-9.87	-7.31	-5.42	130.07	128.96	116.68	143.22	9.73	78.23	-168.34	-175.15	149.65

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA ALTA OCCIDENTE SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 2013

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.3	31.1	223.7	388.0	289.5	246.0	354.6	210.6	40.5	0.0	1784.2
Aportación o													
Escorrimento total	20.9	15.5	11.5	8.5	16.9	96.4	83.3	78.0	150.2	96.6	59.7	44.3	681.9
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	69.8	40.0	26.4	88.3	27.6	0.0	0.0	257.7
Escorrentia_Subterránea	20.9	15.5	11.5	8.5	11.2	26.7	43.4	51.6	61.9	69.0	59.7	44.3	424.1
Evapotranspiracion real	0.0	0.0	0.3	31.1	82.1	152.8	156.1	152.1	92.7	131.5	136.7	121.0	1056.4
Cambio de almacenamiento	-20.93	-15.50	-11.48	-8.51	124.60	138.80	50.08	15.90	111.67	-17.47	-155.90	-165.30	45.96

BALANCE HIDRICO A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL EVALHID (mm) ZONA BAJA SUBCUENCA ZANJÓN EL CHINO AÑO 2013

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación	0.0	0.0	0.0	19.6	223.5	254.5	252.8	184.5	356.9	264.2	39.7	0.0	1595.6
Aportación o													
Escorrimento total	7.8	4.3	2.3	1.3	3.2	13.2	26.6	27.5	83.2	92.0	54.0	29.7	344.9
Escorrentia_Superficial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	2.3	4.6	1.5	37.2	24.1	0.0	0.0	69.8
Escorrentia_Subterránea	7.8	4.3	2.3	1.3	3.0	10.9	22.0	26.0	46.0	67.9	54.0	29.7	275.1
Evapotranspiracion real	17.9	0.0	0.0	19.6	108.8	144.7	145.9	142.1	104.7	126.8	131.8	136.0	1078.3
Cambio de almacenamiento	-25.69	-4.26	-2.34	-1.28	111.52	96.62	80.32	14.81	169.04	45.44	-146.09	-165.70	172.39

Escorrimento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta oriente año 1973

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Escorrimento mm	6.6	4.9	3.6	2.7	2.0	8.5	28.3	57.1	104.9	55.0	40.3	29.9	343.7	87.9	255.8
Escorrimento Hm <sup>3</sup>	0.42	0.31	0.23	0.17	0.13	0.54	1.80	3.63	6.67	3.50	2.56	1.90	21.9	5.6	16.3
Escorrimento lts/seg	160.80	119.12	88.25	65.37	48.43	209.69	694.95	1401.52	2573.15	1348.50	989.04	732.70	702.6		
Area de la subcuenca (Km2)	63.59														

Escorrimento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta occidente año 1973

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Escorrimento mm	6.1	4.5	3.4	2.5	60.4	74.2	203.2	180.6	231.5	171.5	82.3	61.0	1081.3	159.8	921.5
Escorrimento Hm <sup>3</sup>	0.27	0.20	0.15	0.11	2.64	3.24	8.87	7.89	10.11	7.49	3.59	2.66	47.2	7.0	40.2
Escorrimento lts/seg	102.89	76.22	56.47	41.83	1017.49	1249.76	3423.37	3042.31	3899.93	2888.26	1386.34	1027.94	1517.7		
Area de la subcuenca (Km2)	43.66														

Esgurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona baja año 1973

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Esgurrimiento mm	0.3	0.2	0.1	0.1	12.7	15.9	36.4	69.8	110.7	114.3	64.6	35.5	460.6	100.7	359.9
Esgurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.24	0.29	0.67	1.29	2.05	2.12	1.20	0.66	8.5	1.9	6.7
Esgurrimiento lts/seg	2.23	1.22	0.67	0.37	90.84	113.66	259.90	498.15	790.33	816.03	461.10	253.06	274.0		
Area de la subcuenca (Km2)	18.5														

Esgurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta oriente año 1987

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Esgurrimiento mm	6.6	4.9	3.6	2.7	2.0	57.3	87.2	46.5	108.9	47.0	34.8	25.8	427.2	78.4	348.8
Esgurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.42	0.31	0.23	0.17	0.13	3.64	5.54	2.95	6.93	2.99	2.21	1.64	27.2	5.0	22.2
Esgurrimiento lts/seg	161.97	119.99	88.89	65.85	48.79	1404.85	2138.88	1139.97	2672.47	1152.92	854.10	632.74	873.5		
Area de la subcuenca (Km2)	63.6														

Esgurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta oriente año 1987

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Esgurrimiento mm	13.2	9.8	7.2	5.4	4.0	29.3	33.8	43.1	30.6	23.7	17.5	13.0	230.5	66.1	164.4
Esgurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.64	0.47	0.35	0.26	0.19	1.42	1.64	2.09	1.48	1.15	0.85	0.63	11.2	3.2	8.0
Esgurrimiento lts/seg	247.09	183.05	135.61	100.46	74.42	547.36	632.74	806.14	571.79	442.87	328.09	243.05	359.4		
Area de la subcuenca (Km2)	48.5														

Esgurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona baja año 1987

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Esgurrimiento mm	1.8	1.0	0.5	0.3	0.2	7.0	12.9	17.9	14.1	8.0	4.4	2.4	70.6	10.4	60.2
Esgurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.13	0.23	0.32	0.25	0.14	0.08	0.04	1.3	0.2	1.1
Esgurrimiento lts/seg	12.36	6.78	3.72	2.04	1.12	48.87	89.87	124.44	97.64	55.80	30.62	16.81	40.8		
Area de la subcuenca (Km2)	18														

Esgurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta oriente año 1995

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Esgurrimiento mm	10.4	7.7	5.7	4.2	3.1	2.4	12.5	24.7	115.4	38.9	29.8	22.1	277.0	80.0	197.0
Esgurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.66	0.49	0.36	0.27	0.20	0.15	0.80	1.57	7.34	2.47	1.90	1.40	17.6	5.1	12.5
Esgurrimiento lts/seg	256.03	189.67	140.51	104.09	77.11	58.76	307.39	606.12	2830.74	954.10	731.30	541.76	566.5		
Area de la subcuenca (Km2)	63.6														

Esgurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona alta oriente año 1995

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Esgurrimiento mm	20.5	15.2	11.2	8.3	6.2	6.0	14.6	168.6	167.7	76.5	52.3	38.8	585.9	146.3	439.6
Esgurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.99	0.74	0.55	0.40	0.30	0.29	0.71	8.17	8.13	3.71	2.54	1.88	28.4	7.1	21.3
Esgurrimiento lts/seg	383.40	284.03	210.42	155.88	115.48	112.03	274.09	3153.93	3138.50	1431.71	979.05	725.30	913.7		
Area de la subcuenca (Km2)	48.5														

Esgurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Chino Zona baja año 2013

Descripción	Septiem												Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	bre	Octubre	Noviembre	Diciembre			
Esgurrimiento mm	7.8	4.3	2.3	1.3	3.2	13.2	26.6	27.5	83.2	92.0	54.0	29.7	344.9	99.3	245.6
Esgurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.14	0.08	0.04	0.02	0.06	0.24	0.49	0.51	1.54	1.70	1.00	0.55	6.4	1.8	4.5
Esgurrimiento lts/seg	55.40	30.40	16.69	9.16	22.92	93.90	189.76	196.51	593.65	656.50	385.25	211.66	205.1		
Area de la subcuenca (Km2)	18.5														

## B. BALANCES HIDRICOS PARA EL ZANJON EL AGUACATE Y CONDICIONES DE ESGURRIMIENTO PARA LOS AÑOS 1973, 1995, 1987 Y 2013.

Balance Hídrico a partir de los Resultados de EVALHID para la Subcuenca Zanjón Aguacate año 1973													
Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación (mm)	0.0	0.0	0.4	98.0	409.9	338.8	553.1	454.0	471.6	340.3	31.8	5.0	2702.9
Aportación o Escurrimiento total (mm)	5.0	3.4	2.3	1.5	55.4	83.3	233.4	224.7	283.2	219.5	113.3	76.2	1301.1
Escurrimiento Superficial (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	36.2	5.0	155.2	116.9	155.0	81.9	0.0	0.0	550.1
Escurrimiento Subterránea (mm)	5.0	3.4	2.3	1.5	19.2	46.2	78.2	107.8	128.2	137.6	113.3	76.2	718.9
Evapotranspiración real (mm)	0.0	0.0	0.4	98.0	90.7	157.1	166.8	163.2	99.5	129.1	138.8	130.0	1173.5
Cambio de almacenamiento (mm)	-5.02	-3.37	-2.26	-1.51	263.85	98.41	152.96	66.16	88.93	-8.33	-220.37	-201.22	228.24

Balance Hídrico a partir de los Resultados de EVALHID para la Subcuenca Zanjón Aguacate año 1987													
Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación (mm)	0.0	0.0	0.0	12.8	12.6	342.7	288.2	295.3	157.0	16.0	0.0	0.0	1124.6
Aportación o Escurrimiento total (mm)	14.4	9.7	6.5	4.3	2.9	28.0	41.2	57.2	43.6	31.6	21.2	14.2	274.8
Escurrimiento Superficial (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	11.2	15.6	1.4	0.0	0.0	0.0	42.1
Escurrimiento Subterránea (mm)	14.4	9.7	6.5	4.3	2.9	14.0	30.0	41.6	42.3	31.6	21.2	14.2	232.7
Evapotranspiración real (mm)	0.0	0.0	0.0	12.8	12.6	171.6	182.6	179.5	114.4	166.1	25.0	0.0	864.6
Cambio de almacenamiento (mm)	-14.40	-9.65	-6.47	-4.34	-2.91	143.18	64.36	58.60	-0.99	-181.74	-46.23	-14.21	-14.79

Balance Hídrico a partir de los Resultados de EVALHID para la Subcuenca Zanjón Aguacate año 1993													
Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación (mm)	0.0	0.0	0.2	76.5	126.0	497.1	213.3	222.4	406.7	101.3	0.2	1.1	1644.8
Aportación o Escurrimiento total (mm)	9.6	6.4	4.3	2.9	2.0	93.9	51.8	55.1	141.0	67.6	47.5	31.8	514.1
Escurrimiento Superficial (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	68.8	6.9	8.4	77.0	1.0	0.0	0.0	162.1
Escurrimiento Subterránea (mm)	9.6	6.4	4.3	2.9	2.0	25.2	45.0	46.7	63.9	66.6	47.5	31.8	352.0
Evapotranspiración real (mm)	0.0	0.0	0.2	76.5	89.7	153.2	151.2	160.6	96.6	140.9	130.1	96.1	1095.0
Cambio de almacenamiento (mm)	-9.60	-6.43	-4.31	-2.89	34.30	250.00	10.21	6.71	169.17	-107.26	-177.44	-126.82	35.64

Balance Hídrico a partir de los Resultados de EVALHID para la Subcuenca Zanjón Aguacate año 2013													
Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación (mm)	0.0	0.0	0.3	34.5	248.5	431.1	321.7	273.3	394.0	234.0	45.0	0.0	1982.4
Aportación o Escurrimiento total (mm)	23.2	15.5	10.4	7.0	14.6	97.4	101.0	102.3	185.5	129.9	80.9	54.7	822.4
Escurrimiento Superficial (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	62.1	39.7	29.1	95.9	30.7	0.0	0.0	261.0
Escurrimiento Subterránea (mm)	23.2	15.5	10.4	7.0	11.0	35.3	61.3	73.2	89.7	99.2	80.9	54.7	561.4
Evapotranspiración real (mm)	0.0	0.0	0.3	34.5	86.9	144.7	147.3	143.5	92.1	124.6	129.5	136.0	1039.2
Cambio de almacenamiento (mm)	-23.16	-15.53	-10.41	-6.98	147.09	189.00	73.45	27.50	116.37	-20.44	-165.44	-190.65	120.80

Escurrimiento Generado Subcuenca Zanjón El Aguacate año 1973

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Epoca Seca	Epoca Lluviosa
Escurrimiento mm	5.0	3.4	2.3	1.5	55.4	83.3	233.4	224.7	283.2	219.5	113.3	76.2	1301.1	201.7	1099.5
Escurrimiento Hm <sup>3</sup>	0.15	0.10	0.07	0.05	1.66	2.49	6.98	6.72	8.47	6.57	3.39	2.28	38.9	6.0	32.9
Escurrimiento lts/seg	57.98	38.86	26.05	17.46	639.35	961.71	2693.99	2593.61	3269.11	2533.90	1308.09	879.24	1251.6	387.95	2115.28
Área de la subcuenca (Km <sup>2</sup> )	29.92														

**Escorrentamiento Generado Subcuenca Zanjón El Aguacate año 1987**

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
Escorrentamiento mm	14.4	9.7	6.5	4.3	2.9	28.0	41.2	57.2	43.6	31.6	21.2	14.2	274.8	70.3	204.6
Escorrentamiento Hm <sup>3</sup>	0.43	0.29	0.19	0.13	0.09	0.84	1.23	1.71	1.31	0.95	0.63	0.43	8.2	2.1	6.1
Escorrentamiento lts/seg	166.21	111.41	74.68	50.06	33.56	322.86	475.76	660.36	503.65	364.99	244.66	164.00	264.4	135.17	393.53
Area de la subcuenca (Km2)	29.92														

**Escorrentamiento Generado Subcuenca Zanjón El Aguacate año 1993**

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
Escorrentamiento mm	9.6	6.4	4.3	2.9	2.0	93.9	51.8	55.1	141.0	67.6	47.5	31.8	514.1	102.6	411.6
Escorrentamiento Hm <sup>3</sup>	0.29	0.19	0.13	0.09	0.06	2.81	1.55	1.65	4.22	2.02	1.42	0.95	15.4	3.1	12.3
Escorrentamiento lts/seg	110.77	74.25	49.77	33.36	23.51	1084.47	598.46	636.33	1627.12	780.83	548.35	367.57	494.6	197.35	791.79
Area de la subcuenca (Km2)	29.92														

**Escorrentamiento Generado Subcuenca Zanjón El Aguacate año 2013**

Descripción	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual	Epoca Seca	Epoca lluviosa
Escorrentamiento mm	23.2	15.5	10.4	7.0	14.6	97.4	101.0	102.3	185.5	129.9	80.9	54.7	822.4	191.7	630.7
Escorrentamiento Hm <sup>3</sup>	0.69	0.46	0.31	0.21	0.44	2.91	3.02	3.06	5.55	3.89	2.42	1.64	24.6	5.7	18.9
Escorrentamiento lts/seg	267.37	179.22	120.14	80.53	168.04	1124.40	1165.74	1181.32	2141.50	1499.29	934.26	630.96	791.1	368.75	1213.38
Area de la subcuenca (Km2)	29.92														

# ANEXO III

## ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA



### UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE

#### INFORME DE ANÁLISIS EN AGUA POTABLE

#### MUESTRA 150807376-01



**DATOS GENERALES**

Muestra: P 3 EL CHINO  
 Solicitante: JULIO CESAR QUIÑONEZ BASAGOITIA  
 Responsable: JULIO CESAR QUIÑONEZ BASAGOITIA  
 Dirección: AVENIDA EL ROCIO 104 COL.TOLUCA SUR PTE.SAN SALVADOR  
 Teléfono: 7882-5329 Fax: Correo Electronico

FECHAS	
Recibido :	28/08/2015
Análisis :	28/08/2015
Reporte :	02/10/2015

**ANÁLISIS**

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDADES	NORMA	MÉTODO	REFERENCIA*
A001 pH	7.69		8.5	Método Electrométrico	4500-H+
A002 Conductividad Eléctrica	1375.00	µS/cm	S.R.D.	Método de Laboratorio	2510-B
A005 Magnesio	6.40	mg/L	S.R.D.	Espectrof. Abs. Atómica	3111-B
A007 Sodio	421.25	mg/L	200	Espectrof. Abs. Atómica	3111-B
A008 Fosfatos	2.62	mg/L	S.R.D.	Método de Acido Ascórb	4500-P E
A009 Sulfatos	20.26	mg/L	400	Turbidimetría	4500-SO4-E
A015 Boro	0.26	mg/L	0.30	Método de Curcumina	4500-B B
A019 Dureza Total	72.06	mg/L	500	Titulación con EDTA	2340-C
A034 Nitrógeno	0.00	mg/L	S.R.D.	Macro Kjeldahl	4500-N org B

\*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 th edition, 2012 mg:miligramos L:litro  
 µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado  
 UnidadesCo-Pt:Unidades Cobalto platino mL:mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido \*\*Acreditado bajo NSR ISO/IEC 17025:05.

\*Análisis subcontratado.

**OBSERVACIONES**

Lic. Morena López de Cárcamo  
 Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por Cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.  
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.  
 No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.8 25/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.  
 E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681, Fax: (503) 2248 5669  
 www.fusades.org

**DATOS GENERALES**

Muestra: P 2 LA DANTA  
Solicitante: JULIO CESAR QUIÑONEZ BASAGOITIA  
Responsable: JULIO CESAR QUIÑONEZ BASAGOITIA  
Dirección: AVENIDA EL ROCIO 104 COL.TOLUCA SUR PTE.SAN SALVADOR  
Teléfono: 7882-5329 Fax: Correo Electronico

FECHAS	
Recibido :	28/08/2015
Análisis :	28/08/2015
Reporte :	02/10/2015

**ANÁLISIS**

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDADES	NORMA	MÉTODO	REFERENCIA *
A001 pH	6.81		8.5	Método Electrométrico	4500-H+
A002 Conductividad Eléctrica	684.00	µS/cm	S.R.D.	Método de Laboratorio	2510-B
A005 Magnesio	10.98	mg/L	S.R.D.	Espectrof. Abs. Atómica	3111-B
A007 Sodio	265.00	mg/L	200	Espectrof. Abs. Atómica	3111-B
A008 Fosfatos	9.02	mg/L	S.R.D.	Método de Acido Ascórb	4500-P E
A009 Sulfatos	3.60	mg/L	400	Turbidimetría	4500-SC4-E
A015 Boro	0.61	mg/L	0.30	Método de Curcumina	4500-B B
A019 Dureza Total	96.08	mg/L	500	Titulación con EDTA	2340-C
A034 Nitrógeno	0.00	mg/L	S.R.D.	Macro Kjeldahl	4500-N org B

\*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 th edition, 2012 mg:miligramos L:litro  
µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado  
UnidadesCo-Pt:Unidades Cobalto platino mL:mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido \*\*Acreditado bajo NSR ISO/IEC 17025:05.  
¹Análisis subcontratado.

**OBSERVACIONES**

  
Lic. Morena López de Cárcamo  
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por Cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.  
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.  
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.8 25/02/2015

**UNIDAD DE MEDIO AMBIENTE**  
**INFORME DE ANÁLISIS EN AGUA POTABLE**  
**MUESTRA 150807374-01**

**DATOS GENERALES**

Muestra: P 1 EL PALMITO  
Solicitante: JULIO CESAR QUIÑONEZ BASAGOITIA  
Responsable: JULIO CESAR QUIÑONEZ BASAGOITIA  
Dirección: AVENIDA EL ROCIO 104 COL.TOLUCA SUR.PTE.SAN SALVADOR  
Teléfono: 7882-5329 Fax: Correo Electronico

**FECHAS**

Recibido : 28/08/2015  
Análisis : 28/08/2015  
Reporte : 02/10/2015

**ANÁLISIS**

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDADES	NORMA	MÉTODO	REFERENCIA*
A001 pH	7.25		8.5	Método Electrométrico	4500-H+
A002 Conductividad Eléctrica	1007.00	µS/cm	S.R.D.	Método de Laboratorio	2510-B
A005 Magnesio	18.60	mg/L	S.R.D.	Espectrof. Abs. Atómica	3111-B
A007 Sodio	250.00	mg/L	200	Espectrof. Abs. Atómica	3111-B
A008 Fosfatos	4.12	mg/L	S.R.D.	Método de Acido Ascórb	4500-P E
A009 Sulfatos	41.77	mg/L	400	Turbidimetría	4500-SO4-E
A015 Boro	0.68	mg/L	0.30	Método de Curcumina	4500-B B
A019 Dureza Total	172.14	mg/L	500	Titulación con EDTA	2340-C
A034 Nitrógeno	0.00	mg/L	S.R.D.	Macro Kjeldahl	4500-N org B

\*SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 th edition, 2012 mg:miligramos L:litro  
µmhos:micromhos cm:centímetros °C:grados centígrados UNT:unidades nefelométricas de turbidez N.D.: No Detectado  
UnidadesCo-Pt:Unidades Cobalto platino mL:mililitro S.R.D.: Sin Rango Definido \*\*Acreditado bajo NSR ISO/IEC 17025:05.  
'Análisis subcontratado.

**OBSERVACIONES**

  
Lic. Morena López de Cárcamo  
Gerente Unidad de Medio Ambiente



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por Cliente

El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.  
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.  
No se recibirán quejas después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 35.01 V.8 25/02/2015

## V. Referencias Bibliográficas

---

- Banco Central de Reserva. *Revista Trimestral desde 2001 hasta 2015*. San Salvador : BCR.
- CONSAA. (2001). *Reglamento de Distribución de Asignaciones Anuales de Azúcar para los mercados Interno, Preferencial y Mundial*. San Salvador : CONSAA.
- CONSAA. (2001). *Reglamento del Sistema de Pago de Caña de Azúcar* . San Salvador : CONSAA
- FUNDAZUCAR. (20015). *Informe de Labores correspondiente a las zafras 2000/01 - 2014/15*. San Salvador: FUNDAZUCAR.
- MAG - DGEA. (2015). *Anuario de Estadísticas Agropecuarias* . San Salvador : MAG – DGEA.
- MINEC. (2004). *Tratado de Libre Comercio* . San Salvador : MINEC.
- Agraz-Hernández. (2006). Promedio de las áreas basales.
- Aguirre Carrera, J. L. (2013). *IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO HEC – RAS PARA ESTUDIO DE PROCESOS DE FLUJO EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO MINAS SAN FRANCISCO*. Cuenca, Ecuador: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Aguirre Carrera, J. L. (2013). *IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO HEC – RAS PARA ESTUDIO DE PROCESOS DE FLUJO EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO MINAS SAN FRANCISCO*. Cuenca, Ecuador: UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Barbosa Gil, S. (2013). *Metodología para calcular la profundidad de socavación general en ríos de montaña (lecho de gravas)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Cardoso Landa, G. (21-24 de Julio de 2015). DETERMINACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DEL RÍO PAPAGAYO APLICANDO EL MODELO CCHE2D DEL NCCHE. *1er CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE SEDIMENTOS Y ECOLOGÍA*. Queretaro, Mexico.
- MAGA. (2002). *Proyecto de Asistencia Técnica y General de Información CATIE*. Guatemala: Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Guatemala.
- López, D. (2010). *Curso de Maestría*. El Salvador.
- MARN. (2016). *MApa Geológico Nacional de El Salvador*. San Salvador: Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET), ahora Dirección General del Observatorio Ambiental (DGOA).
- MARN, M. (2003). *Plan de Ordeamiento y Desarrollo Teritorial* . San Salvador.
- Royo, O. P. (2012). *CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS DINÁMICAS DE LAS BOCANAS DE BARRA DE SANTIAGO Y GARITA PALMERA EN LA MICRORREGIÓN AHUACHAPÁN SUR*. El Salvador.
- WETLAND, I. (2010). *Dinamica Hidrológica del la Cuenca Baja del Rio Paz*.