



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Diciembre de 2009

PARQUE NACIONAL CAÑON DEL SUMIDERO



"Estudio de calidad del agua en el Parque Nacional Cañón del Sumidero y su zona de Influencia"



INDICE

	Pág.
I. Introducción	5
1.1.Antecedentes	6
1.2. Justificación	7
II. Objetivos	9
2.1. Objetivo general	9
2.2. Objetivos específicos	9
III. Material y método	10
3.1. Área de estudio	10
3.2. Método	12
IV. Resultados	15
4.1. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua del río Grijalva por año	15
4.1.1.Temperatura	15
4.1.2. pH	16
4.1.3. Oxigeno Disuelto	18
4.1.4. Conductividad	19
4.2. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua del río Grijalva por sitio	20
4.2.1. Temperatura	20
4.2.2. pH	22
4.2.3. Oxigeno Disuelto	23
4.2.4. Conductividad	24
V. Discusión de resultados	26
VI. Conclusión	31
VII. Recomendaciones	32
VIII. Literatura consultada	33
Anexos	35



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación geográfica del PNCS	10
Figura 2.	Mapa de ubicación de los sitios de muestreo	11
Figura 3.	Valores de la Temperatura (°C) en el río Grijalva durante la temporada de seca.	15
Figura 4.	Valores de la Temperatura (°C) en el río Grijalva durante la temporada de lluvia.	16
Figura 5.	Valores del pH en el río Grijalva durante la temporada de seca.	17
Figura 6.	Valores del pH en el río Grijalva durante la temporada de lluvia.	17
Figura 7.	Valores de Oxigeno disuelto en el río Grijalva durante la temporada de seca.	18
Figura 8.	Valores de Oxigeno disuelto en el río Grijalva durante la temporada de lluvia.	19
Figura 9.	Valores de Conductividad en el río Grijalva durante la temporada de seca	19
Figura 10.	Valores de Conductividad en el río Grijalva durante la temporada de lluvia	20
Figura 11.	Temperatura (°C) en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca	21
Figura 12.	Temperatura (°C) en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de lluvia	21
Figura 13.	El pH en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca	22
Figura 14.	El pH en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca	23
Figura 15.	Oxigeno disuelto en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca.	23



Figura 16.	Oxigeno disuelto en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de lluvia.	24
Figura 17.	Conductividad en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca.	25
Figura 18.	Conductividad en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de lluvia.	25



I. INTRODUCCION

La salud de los seres humanos, la vida silvestre y los ecosistemas dependen de los suministros adecuados de agua limpia. Sin embargo, a medida que las poblaciones crecen y se expanden hacia zonas antes no urbanizadas, los gobiernos enfrentan cada vez mayores dificultades para asegurar la calidad del agua. Las consecuencias de este crecimiento es: un aumento de escorrentías, aguas residuales, infraestructura inadecuada, desmonte de tierras, fuentes fijas industriales, contaminación atmosférica que también plantean riesgos para la calidad del agua.

Para buscar soluciones a los problemas de contaminación de las aguas y saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos, siendo necesario para ello, recolectar información de su calidad y volumen, en una forma confiable, periódica y sistemática, de tal manera que pueda evaluarse y comparar con los estándares aceptados nacional e internacionalmente para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas, etc.

Debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad del agua y a lo complejo que éste puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por esos parámetros. Tales como: el oxígeno disuelto, los coliformes fecales, el pH, la DBO, los nitratos, los fosfatos, el incremento de temperatura, la turbidez y los sólidos totales.

Dada la importancia de los parámetros físico-químicos en los registros continuos de calidad de agua, se realizo el presente estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento de los parámetros físicos-químicos de las aguas del río Grijalva y sus afluentes al interior del PNCS, en relación a parámetros históricos , estableciendo tendencias, a fin de mejorar los criterios en el manejo y preservación del recurso hídrico.



Calle San Cristóbal No 8, Residencial La Hacienda Tuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29030. México Tel: + (52) 961 125-1177

1.1. Antecedentes

Para las autoridades del estado de Chiapas, el establecimiento de suministros de agua adecuados, higiénicos y seguros son de gran importancia. Sin embargo, las fuentes de agua se han contaminado debido al aumento de la actividad industrial, agrícola y al desarrollo urbano que han tenido sus ciudades importantes (Graniel, 2006). Este es el caso de las ciudades de Tuxtla Gutiérrez y Chiapa de Corzo, ubicadas en la parte media de la cuenca del río Grijalva; quienes para satisfacer sus necesidades del recurso hídrico se abastecen de las aguas del río Grijalva.

En relación con la calidad del agua (dentro del área de influencia del Parque Nacional), la CNA mantiene un sistema de monitoreo permanente sobre el cause de este cuerpo de agua y de uno de sus principales tributarios: el río Sabinal.

La concentración de oxigeno disuelto, grasas, aceites, detergentes, coliformes totales y fecales, así como la demanda bioquímica de oxigeno disuelto son los principales indicadores que utiliza la CNA para determinar el índice de calidad del agua (ICA) de los ecosistemas acuáticos y con base en ello clasificarlas e instrumentar las distintas políticas de uso y protección del agua.

Con base en datos registrados en el periodo 1996-2003 y los criterios de la Comisión Nacional del Agua para valorar la calidad del agua (ICA) el panorama que ofrecía la cuenca del río Grijalva era de hidrosistemas severamente afectado. Las condiciones de calidad de agua, de ambos ríos, indicaron que el agua que contienen no es apta para actividades recreativas, debido al alto índice de contaminación por coliformes totales y fecales. Desde 1996 los registros de oxígeno disuelto en el río Sabinal (0.7 mg/l) que el límite mínimo permisible por lo que la calidad del agua tampoco es adecuada para la conservación y protección de la vida acuática (CONAGUA, 2003).



Calle San Cristóbal No 8, Residencial La Hacienda Fuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29030, México Tel: + (52) 961 125-1177

En el 2003 el ICA del río fue de 24.2 unidades, concentración muy cercana al valor nulo de oxígeno disuelto; mientras que materia orgánica, grasas, aceites, coliformes fecales y nitrógeno amoniacal se encuentran presentes en concentraciones elevadas (CONAGUA, 2003).

1.2. Justificación

El Cañón del sumidero se decreto como Parque Nacional por el gobierno Federal el 8 de Diciembre de 1980, con el propósito de preservar su belleza escénica, valor científico, educativo y de recreación, así como su diversidad de flora, fauna y su geomorfología.

Sin embargo, a raíz de la construcción de la presa Chicoasen, concluida en 1979, surgieron drásticas transformaciones hidrológicas y morfológicas en el Cañón, provocando contracorrientes; así como cambio en los flujos de las corrientes, que ocasionan que los materiales que se transportan por el río se depositen en diversas zonas a lo largo del Cañón y en particular en la zona conocida como el tapón, fenómeno recurrente que se ha incrementado por los manejos inadecuados de las corrientes de los ríos y afluentes que desembocan en el río Grijalva.

Una de las principales problemáticas que afectan al ANP, es la contaminación del río Grijalva por efecto de las descargas industriales, agropecuarias y domesticas, proveniente de los ríos Totolapa, río Frío, río Suchiapa, río Sabinal, río Hondo y de los arroyos Muñiz y el Jardín, quienes en su paso van arrastrando la basura de 180 comunidades y colonias de 14 municipios de la zona de influencia del PNCS (Tuxtla Gutiérrez, Berriozabal, San Fernando, Osumacinta, Villaflores, Villacorzo, Suchiapa, Acala, Chiapa de Corzo, Venustiano Carranza, Totolapa, Chiapilla, Nicolás Ruiz y San Cristóbal).

En particular el Río Sabinal que atraviesa la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, ciudad capital del Estado, es un gran contribuyente de contaminación ya que a pesar de que se cuenta con una planta de tratamiento de aguas, esta sólo trata el 50% de las aguas, vertiendo gran cantidad de aguas residuales con todos sus contaminantes, aunado a múltiples descargas irregulares no solo de aguas residuales sino de aceites y sustancias químicas que



Calle San Cristóbal No 8, Residencial La Hacienda Tuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29030, México Tel: + (52) 961 125-1177

llega a desembocar en él; así como la gran cantidad de basura y desechos sólidos que se arrojan a este.

Así mismo, los constantes daños derivados por la deforestación, erosión y asolvamiento en la cuenca alta del río Grijalva, que impactan de manera directa en la acumulación y concentración de diferentes materiales sólidos en la parte navegable del Cañón del Sumidero, generando daños ambientales, económicos y sociales.

Razón que exige mantener un monitoreo constante de la calidad del agua y evaluar así el comportamiento actual de los parámetros físico-químicos del ecosistema dentro del PNCS, en relación a parámetros históricos.



II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Conocer la calidad del agua y la dinámica hidrológica del río Grijalva al interior del Parque Nacional Cañón del Sumidero a fin de orientar las políticas de restauración, conservación y manejo del área navegable del río y el manejo integrado de la cuenca hidrológica

2.2.- Objetivos Específicos

- Realizar mediciones de Oxigeno Disuelto, Temperatura, conductividad, pH en distintos puntos del Río
 Grijalva al interior del PNCS.
- Desarrollar una base de datos de los parámetros físico-químicos del rio Grijalva al interior del PNCS.
- Comparar los valores obtenidos de los parámetros físico-químicos del agua del periodo 2005 al 2009.
- Evaluar los parámetros físico-químicos y compararlos con los límites permisibles de contaminantes en el agua de acuerdo a la norma oficial mexicana (NOM-127-SSA1-1994).

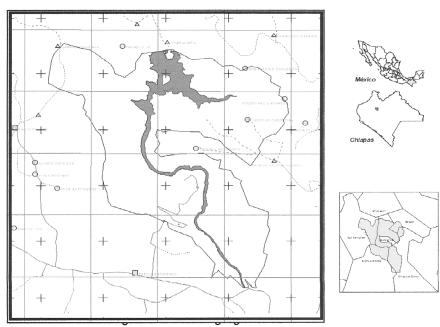


III. MATERIAL Y METODO

3.1. Área de estudio

El Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) se ubica al suroeste del estado de Chiapas, en la Región Económica Centro. Geográficamente se sitúa entre los 16° 44′ 00″ y 16° 56′ 00″ de latitud Norte y los 93° 00′ y los 93° 11′ de longitud Oeste; presenta rangos altitudinales que va desde los 360 a 1,720 msnm; abarca parte de los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, San Fernando, Osumacinta y Soyalo (figura 1). Posee una superficie de 21,789-04-19 ha.

Sus paredes tienen una altura de 700 a 1200 metros de altura en casi todo su recorrido a excepción de la presa que es de 600 m. El ancho del Cañón varía de 1 a 2 Km y su longitud es de 23 km² (Hernández- Sánchez, 1997).



Presenta tres diferentes tipos de clima con base en la clasificación de Köeppen: cálido seco, semicálido y calido



húmedo. La precipitación promedio es de 1,000 mm en la época de lluvias (mayo a octubre) y de 200 mm en período de secas (noviembre a abril). Su principal afluente es el río Grijalva, el cual, después de dejar la Depresión Central de Chiapas, pasa a través del Cañón del Sumidero y cruza las fallas Muñiz y Chicoasen.

3.1.1. Sitios de muestreo

La toma de muestras de la calidad del agua se realizo en cuatro sitios específicos del Río Grijalva: puente Belisario Domínguez, Confluencia del río Sabinal, zona del Tapón y presa Chicoasen (Ver figura 2, Anexo 1).

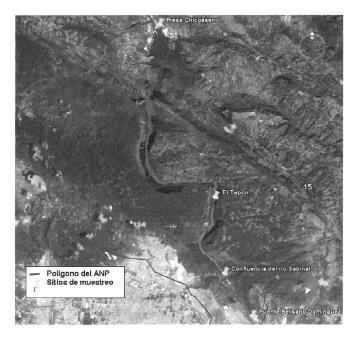


Figura 2.- Mapa de ubicación de los sitios de muestreo

Cada uno de los sitios fue elegido considerando todos los parámetros necesarios a fin de garantizar que fuera representativo del curso de agua, es decir, que caracterice la calidad de toda la masa de agua que circula por



Calle San Cristóbal No 8, Residencial La Hacienda La Gutiérrez, Chiapas L.P. 29030, México Cel: + (52) 961 125-1177

el sitio en un período de tiempo dado.

3.2. Método

3.2.1. Medición de parámetros de Calidad de Agua In Situ

La toma de muestras se realizo durante la temporada de seca (febrero – abril), y de lluvias (Agosto-septiembre) (ver apéndice 2). La realización de una sola toma de muestra anual entre temporadas es una limitante para este diagnóstico, ya que la bibliografía recomienda una frecuencia trimestral de monitoreo, sin embargo, la información obtenida se considera valiosa como insumo para valorar la calidad de agua de río Grijalva en el ANP.

En cada uno de los cuatro sitios de muestreo se midieron parámetros *in situ* como la temperatura, pH, oxigeno disuelto y conductividad del agua, para lo cual se utilizó un equipo multiparamétrico de campo marca HACH modelo HQ40d, previamente calibrado cuyo electrodo se introdujo en la superficie del agua, para obtener de esta manera los valores de cada indicador.

3.2.1.1. Temperatura

La Temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues influye de forma muy significativa en las especies acuáticas determinando su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica.

La temperatura óptima para el desarrollo bacteriano se encuentra comprendida en el rango de 25 a 35 °C, estos procesos se inhiben cuando se llega a los 50°C. a los 15 °C las bacterias productoras de metano cesan su actividad.



Calle San Cristóbal No 8, Residencial La Hacienda Euxtla Gutiérrez, Chiapas E.P. 29030. México El: + (52) 961 125-1177

3.2.1.2. pH

El término pH es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica. El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.

Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH entre 6.5 y 8.5 es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Debido a que este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. Las aguas de pH menor de 6,5 son corrosivas debido al anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución

3.2.1.3:- Oxígeno disuelto (OD)

Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua, puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; es por ello que se le considera como un indicador de contaminación.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua. Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno y a veces incluso sobresaturadas; su contenido depende de la aireación, de las plantas verdes presentes en el agua, de la temperatura y de la hora del día (mañana o tarde), etcétera.

3.2.1.4.- Conductividad

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad.



3.2.2.- Análisis de los datos

Los datos obtenidos fueron capturados y graficados en una hoja de Excel, junto con los datos registrados en el periodo de 2005 al 2010; así mismo se sacaron promedios y desviación estándar de cada parámetro (Temperatura, pH, Oxigeno disuelto y conductividad) por año y por temporada (seca y Iluvias), luego se sacaron promedios por sitios de muestreo. Esto con el fin de analizar tendencias.



IV. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los parámetros mas relevantes del monitoreo de la calidad del agua del río Grijalva al interior del Parque Nacional Cañón del Sumidero del periodo 2005-2010, abarcando la temporada de seca y de lluvias.

4.1. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua del río Grijalva por año

4.1.1. Temperatura

Para la temporada de seca el promedio de la temperatura registrada fue de 26.6°C (DS=1.88). Como se puede ver en la figura 3, el año más caliente fue el 2010 con un promedio de 29.8 °C (DS= 2.59), en tanto que el año mas frío fue el 2006 con un promedio de 24.9°C (DS= 0.76).

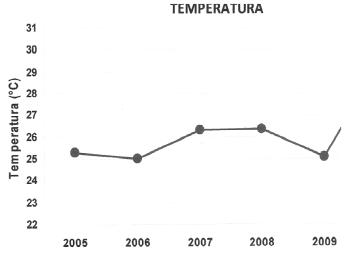


Figura 3. Comportamiento de la Temperatura (°C) en el río Grijalva durante la temporada de seca.



Por otra parte, durante la temporada de lluvia se obtuvo una temperatura promedio de 27.8 °C (DS= 1.28), en el río Grijalva. Registrando la temperatura mas elevada en el 2010 con 28.7 °C (DS= 0.58), en tanto que la temperatura mas baja fue en el año 2009 con un promedio de 27.3 °C (DS= 1.85), como se aprecia en la figura 4.

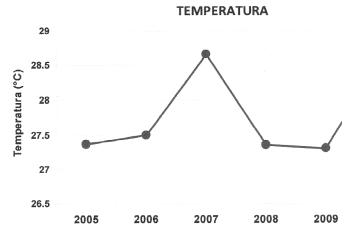


Figura 4. Comportamiento de la Temperatura (°C) en el río Grijalva durante la temporada de lluvia.

4.1.2. pH

El pH promedio por año para el río Grijalva fue de 7.7 unidades (DS= 0.6), observándose el pH más bajo en el 2005 con 7 unidades y el más alto en el 2010 con 8.1 unidades. En la figura 5, se puede apreciar claramente que el comportamiento del pH en el río Grijalva tendió a aumentar del periodo 2005 al 2010, de la temporada de seca.

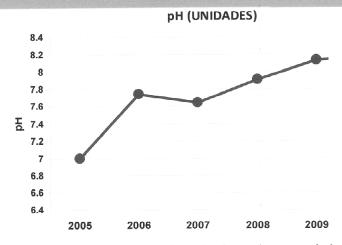


Figura 5. Comportamiento del pH en el río Grijalva durante la temporada de seca.

En tanto que para la temporada de lluvia se obtuvo un pH promedio por año de 8.36 unidades (DS= 0.5), respectivamente. Obteniendo el valor más alto en el 2006 con 8.8 unidades y el más bajo en el 2008 con 7.8 unidades (ver figura 6).

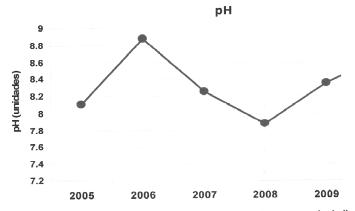


Figura 6. Comportamiento del pH en el río Grijalva durante la temporada de lluvia.

4.1.3- Oxigeno disuelto

Para el río Grijalva el valor promedio de oxigeno disuelto obtenido durante el periodo 2005-2010 en la temporada de seca fue de 6.02 mg/l (DS=1). Notándose el nivel más alto durante el 2006 con 7.52 mg/l y el más bajo durante el 2007 con 4.53 mg/l (ver figura 7).

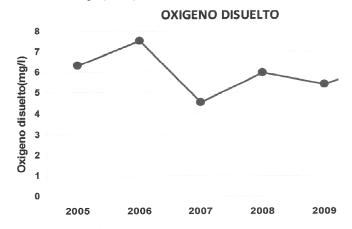


Figura 7. Comportamiento del Oxigeno disuelto en el río Grijalva durante la temporada de seca.

Así mismo, durante la temporada de lluvia presento valores similares de oxigeno disuelto con 6.04 mg/l (DS=1.76), variando únicamente en centésimas con la registrada durante la temporada de seca. De los resultados, el año que presenta las concentraciones de oxígeno mas alto fue en el 2010 con 7.68 mg/, en tanto que las concentraciones mas baja se registro en el 2006 con 2.73 mg/l (ver figura 8).

OXIGENO DISUELTO

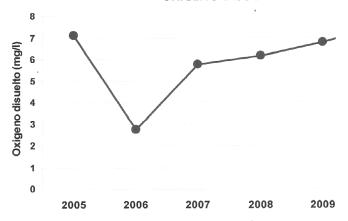


Figura 8. Comportamiento del Oxigeno disuelto en el río Grijalva durante la temporada de lluvia.

4.1.4.- Conductividad

La conductividad promedio del río Grijalva durante el periodo 2005-2010 fue de 528.02 μ S/cm (DS= 187.17). El mayor nivel de conductividad se registro durante el 2008 con 595.82 μ S/cm, siendo el 2006 el año con el valor mas bajo de conductividad con 432.57 μ S/cm (ver figura 9).

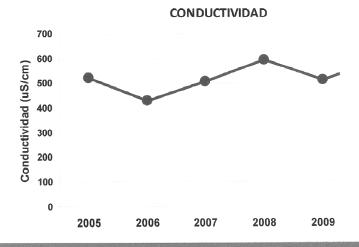


Figura 9. Comportamiento de la Conductividad en el río Grijalva durante la temporada de seca.

De acuerdo a la figura 10, el promedio de los valores de conductividad durante la temporada de lluvia fue de 519. 59 μ S/cm (DS= 147.84). Las medidas más altas se registraron en el 2005 con un promedio de 576.72 μ S/cm (DS= 193.21) y la más baja en el 2009 con 435.9 μ S/cm (DS= 40.97).

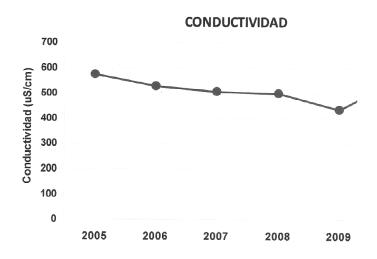


Figura 10. Comportamiento de la Conductividad en el río Grijalva durante la temporada de lluvia.

4.2. Parámetros físico-químicos de la calidad del agua del río Grijalva por sitio

4.2.1. Temperatura

Entre los sitios de muestreo ubicados a lo largo del río Grijalva, los que registraron las mayores temperaturas fueron el vaso de la Presa con 27.37°C (DS=2.47), seguida del Tapón con 26.45°C (DS=2.86), en tanto que el Puente Belisario Domínguez mostró la menor temperatura con 25.66°C (DS= 1.46), para la temporada de seca



(figura 11).

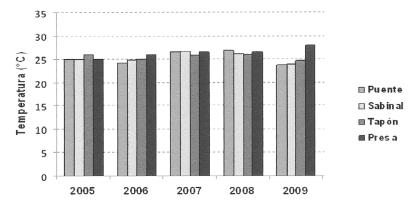


Figura 11.- Temperatura (°C) en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca.

De igual forma se observa este mismo comportamiento para la temporada de lluvias, obteniendo para el vaso de la Presa una temperatura de 29.06°C (DS=0.66) y 27.61°C (DS=0.97) para el Tapón. La menor temperatura se registro en el Puente Belisario Domínguez con 27.21°C (DS=1.64) (Ver figura 12).

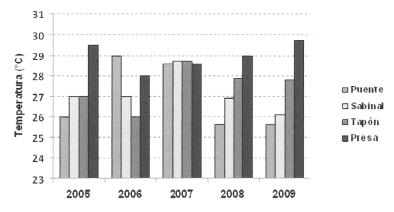


Figura 12.- Temperatura (°C) en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de lluvia.

Calle San Cristóbal No 8.
Residencial La Hacienda
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
C.P. 29030. México
Tel: + (52) 961 125 1177

4.2.2. pH

Los valores de pH registrados en las estaciones de muestreo a lo largo del río Grijalva, se presentan en la figura 13, donde se observa que los mayores valores de pH se registraron en el Vaso de la presa con 7.99 unidades (DS= 0.77) y en el río Sabinal con 7.82 unidades (DS= 0.78), respectivamente.

En tanto que el sitio que reportó el pH más bajo fue el Puente Belisario con 7.59 unidades (DS= 0.45) aunque no es muy significativo la diferencia.

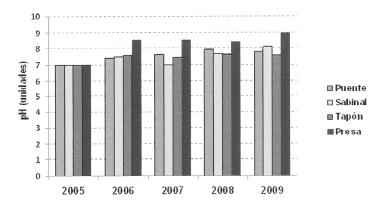


Figura 13.- El pH en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca.

En la figura 14, se muestra que al igual que en la temporada de seca, el valor mas alto de pH registrado durante la temporada de lluvia fue en el Vaso de Presa con 8.89 unidades (DS= 0.44); seguida del Tapón con 8.29 unidades (DS= 0.42), obteniendo el valor mas bajo en el Puente Belisario con 8.02 unidades (DS= 0.36).



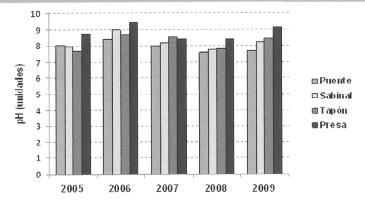


Figura 14.- El pH en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de lluvia.

4.2.3.- Oxigeno disuelto

Los valores promedio más altos de oxigeno disuelto en el río Grijalva son para la zona del Vaso de la Presa con 9.23 mg/l (DS= 3), seguido de la zona del Puente Belisario con 6.61 mg/l (DS= 0.98). En tanto que el valor mas bajo se obtuvo en el punto de la confluencia del río Sabinal con 5.08 mg/l (DS= 2.04) ver figura 15.

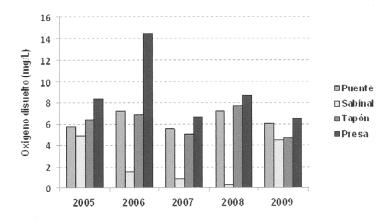


Figura 15.- Cantidad de oxigeno disuelto (mg/l) en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca.



En la figura 16, se muestra el comportamiento del oxigeno disuelto durante la temporada de lluvia. En el Vaso de la Presa se obtuvo los mayores valores registrados de oxigeno disuelto con 7.38 mg/l con respecto a los demás sitios de muestreo en los seis años. Para el caso del Tapón se tuvo un promedio de 5.93 mg/l (DS=1.85).

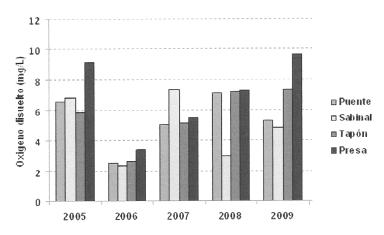


Figura 16.- Cantidad de oxigeno disuelto (mg/l) en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de lluvia.

4.2.4.-Conductividad

La conductividad obtenida durante el periodo 2005-2010 de la temporada de seca muestran que para el caso del río Sabinal sus valores se han mantenido a la alza en los últimos tres años con un promedio de 789.04 μ S/cm (DS= 148.52). La menor conductividad se obtuvo en el Puente Belisario con 380.32 μ S/cm (DS= 55.40), en comparación al resto de los sitios de muestreo (figura 17).

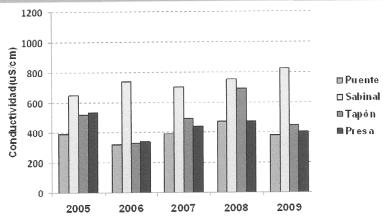


Figura 17.-Conductividad en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de seca.

En el puente Belisario así como en el río Sabinal se observa una disminución de los valores de conductividad durante el periodo 2005 al 2009, con valores de 486.6 μ S/cm a 397.6 μ S/cm para el caso del Puente Belisario y de 854 μ S/cm a 460 μ S/cm para el río Sabinal (figura 18). La excepción a este comportamiento se presenta en el 2010, donde los valores de conductividad aumentan para ambos sitios con 463.3 μ S/cm y 840.9 μ S/cm, para cada uno respectivamente.

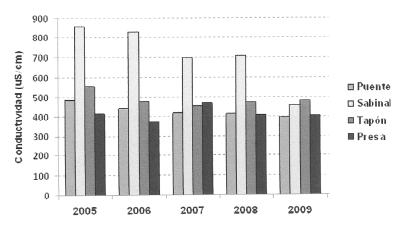


Figura 18.-Conductividad en diferentes puntos del río Grijalva durante la temporada de lluvia.



V. DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Parámetros físico-químicos de la calidad de agua del río Grijalva por año.

5.1.1.- Temperatura

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases.

Las diferencias de temperatura (26.6°C y 27.8°C) de las aguas del río Grijalva en los periodos de lluvia y sequía no son significativas, dado que únicamente vario en algunos grados. Por tal motivo puede considerarse que las variaciones de temperatura en las aguas de esta cuenca pueden estar influenciadas a factores ambientales y no precisamente a factores relacionados con la calidad del agua. Dado que un aumento anormal de la temperatura del agua por causas no climáticas, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor (Jiménez, 2000).

5.1.2.- pH

En general el análisis comparativo del pH durante el periodo comprendido del 2005 al 2010 en ambas temporadas estaciónales fluctuaron dentro de los valores óptimos para aguas naturales no contaminadas (NOM-127-SSA1-1994), debido a que los datos obtenidos se encontraron dentro del rango permisible con valores de 7 a 8.8 unidades, indicando que su pH es básico.

Las aguas naturales tienen normalmente valores de pH en el intervalo de 6.5 a 8.5, la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos.



5.1.3.- Oxigeno disuelto

Durante los años 2005 al 2010, las concentraciones de Oxigeno Disuelto fueron de 6.02 mg/l para la temporada de seca y 6.04 mg/l en la temporada de Iluvia. No obstante, durante el periodo de seca disminuyo el valor de oxigeno disuelto por pocas centésimas, debido a que la deficiencia de este elemento ocurre con mayor frecuencia cuando disminuye el caudal y el ascenso de temperatura incrementa las velocidades de oxigeno, aumentando así la demanda de oxigeno y haciéndolo menos soluble en el agua.

Sin embargo, los valores se mantuvieron dentro de las normas establecidas (OD= 5 mg/l) para aguas dulces. Mostrando que esta concentración de oxigeno ayuda al río a degradar la materia orgánica que llega a su cause y disminuye el impacto causado por las descargas de los alcantarillados municipales y los residuos industriales, pues permite trabajar a las bacterias de una forma aeróbica, lo que promueve una auto depuración del sistema.

5.1.4.- Conductividad

En cuanto a la conductividad el valor oscila entre 519.59 y 528.02 μS/cm según el análisis realizado para ambas temporadas. Estos valores están relacionados con el grado de mineralización de las aguas, siendo las sustancias en ella disueltas las que proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica.

En otras palabras en las soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. Por lo que los resultados obtenidos de la conductividad nos muestran que se encuentran dentro de los parámetros del tipo "Agua doméstica" que se encuentra dentro de los rangos de entre 500 a 800 µS/cm (Jiménez, 2000).



5.2. Parámetros físico-químicos de calidad del agua del río Grijalva por sitio

5.2.1. Temperatura

El análisis comparativo de la temperatura realizada en los cuatro sitios de muestreo mostró que existen variaciones significativas a través del gradiente longitudinal y por la propia composición del río dentro del Cañón del Sumidero, registrando las mayores temperaturas en el Vaso de la Presa y el Tapón.

Estas altas temperaturas en el Vaso de la Presa se presentan debido a que este sitio tiene mayor exposición directa de los rayos del sol, otro factor determinante de este efecto se debe a que es una zona donde la corriente del agua tiende a disminuir.

Mientras que el aumento de temperatura en el sitio denominado El Tapón es debido a la alta concentración de residuos orgánicos e inorgánicos que se van sedimentando lo que provoca una alta detrificación por bacterias; aunado a que la acumulación de materia orgánica a través del tiempo ha propiciado la eutrofización del material liberando energía durante este proceso.

Los sitios que registraron menor temperatura fueron El río Sabinal y el Puente Belisario Domínguez; en el primero es debido al crecimiento del cauce por las lluvias provocando el aumento de la corriente lo que permite el movimiento del agua sin que haya una elevación de la temperatura. Mientras que en el puente Belisario Domínguez hay una disminución de su cause conocido comúnmente como cuello de botella, que provoca fuertes corrientes teniendo el mismo efecto que en el sitio anterior.



5.2.2. pH

Por otra parte, los valores de pH en las zonas del río Sabinal y en la presa Chicoasen fueron altos; sin embargo, se encuentran dentro del rango aceptable, no obstante las altas concentraciones de detergentes en el río sabinal propicia el aumento de los valores de pH a un nivel básico.

En tanto que en la zona del vaso de la presa chicoasen los valores de pH básicos son ocasionados por la acumulación de sedimentos, minerales y materia orgánica proveniente del proceso de erosión de las partes altas y medias de la cuenca; aunado a la fragmentación y pulverización de la roca caliza que conforma el Cañón, proporcionando de esta forma un pH más básico (Hem, 1985).

Sin embargo, la cercanía del coeficiente a lo neutro indica que la capacidad amortiguadora del sistema puede mantener los valores de pH naturales, con el volumen de descarga que existe actualmente en la cuenca.

5.2.3. Oxigeno disuelto

Respecto al contenido de oxigeno disuelto en las aguas del río Grijalva se encontró que en el sitio del puente Belisario Domínguez y el vaso de la Presa Chicoasen la concentración de oxigeno disuelto es alta tanto para la temporada de lluvia como sequía, siendo un factor importante la movilización del río que colabora con la mayor oxigenación del cauce.

En tanto que en el río Sabinal la concentración de oxigeno va a la baja con una tendencia de 1.21 mg/l por año. Esta diferencia puede ser atribuida a descargas residuales, que duplican las cantidades de Nitrógeno y fósforo y que ha causado la existencia de altas demandas químicas y biológicas de oxígeno (eutrofización), acentuándose principalmente durante la temporada de sequía (Sierra et al, 2002).



Es importante mencionar que el periodo de lluvia no ejerce influencia sobre los valores de Oxigeno disuelto en las zonas de cause normal del río Grijalva, a diferencia de lo que ocurre en las zonas contaminadas como el río Sabinal donde ocasiona un incremento de 2.04 a 5.08. mg/l, debido al efecto de dilución de la carga contaminante, similar al observado en otros ríos (Hem, 1985).

La dilución de los contaminantes permite que se restablezcan los valores naturales de Oxígeno disuelto, que indica la resilencia del cuerpo de agua.

En este sentido, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la perdida de calidad será menor (Jiménez, 2000).

5.2.4. Conductividad

Puede apreciarse que el valor promedio de conductividad mas alto se registro en la zona de del río Sabinal con 789.04 μS/cm mayor que en el resto de los sitios de muestreo en la época de sequía y 730.57 μS/cm en la de lluvia, lo cual indica que el contenido de sales disueltas en las aguas ha aumentado de manera notable por efectos antrópicos. El período de lluvias ocasiona una disminución del valor de conductividad en el agua, mediante el proceso de dilución que ocurre al aumentar la proporción de aguas de composición natural que se mezclan con las de origen antrópico o residual (Mogollón et al, 1993).



Calle San Cristóbal No 8, Residencial La Hacienda fuxtla Gutlérrez, Chiapas C.P. 29030. México fel: + (52) 961 125-1177

VI. CONCLUSIÓN

- 1. El tramo de río Grijalva que atraviesa al PNCS, se ve fuertemente impactado por la descarga de nutrientes y sedimentos provenientes de la cuenca alta y media.
- 2. La calidad del agua del río Grijalva va incrementado gradualmente su valor conforme se aleja de los núcleos de población y las descargas de las fuentes puntuales que impactan en éste, teniéndose así que la calidad del agua se mejora conforme avanza el caudal hacia la cortina de la presa Chicoasén.
- Las descargas del río Sabinal presenta los mas bajos niveles de oxigeno disuelto, lo cual indica que se encuentra en malas condiciones y no es optima para la supervivencia de plantas y animales de acuerdos a la NOM-127-SSA1-1994.
- 4. En lo que respecta a las concentraciones de los parámetros determinados en los sitios de muestreo ubicados sobre este cuerpo de agua se puede concluir que presenta índices de contaminación en algunos puntos; sin embargo, en general se observan parámetros fisicoquímicos con rangos dentro de lo establecido según la NOM-127-SSA1-1994.



VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con los muestreos de calidad del agua del río Grijalva en el PNCS y sus afluentes para evaluar el comportamiento del sistema a través del tiempo y poder detectar cambios que podrían afectar el equilibrio del río Grijalva.
- 2. Es necesario aumentar la capacidad de procesamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, para aminorar el impacto de las aguas negras provenientes del río Sabinal sobre la calidad del agua en el área, así como gestionar su construcción en municipios de la cuenca alta que vierten sus descargas residuales a las aguas del río Grijalva.
- 3. Se requiere la supervisión de las autoridades correspondientes para verificar las descargas puntuales de los municipios de Chiapa de Corzo y Ribera Cachuaré.
- 4. Realizar estudios sobre las poblaciones de microalgas y peces en el río Grijalva, para poder relacionar datos de calidad del agua con estos recursos, logrando un mejor conocimiento del comportamiento del ecosistema, información que puede ser utilizada para formular planes de manejo para el sitio.



VIII. LITERATURA CONSULTADA

- Comisión Nacional del Agua. 2003. Subgerencia Regional Frontera Sur, Subgerencia Regional Técnica. Boletín de Calidad del agua. 38-42 p.
- Diario Oficial de la Federación 08 de febrero de 1980. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida con el carácter de parque nacional a la región conocida como Cañón del Sumidero. 6 pp.
- Graniel, C. E. y Carrillo, C.M.E. 2006. Calidad del agua del río Zanatenco en el estado de Chiapas. Ingenieria, Revista Academica de la FI-UADY, 10-3, pp.35-42, ISSN: 1665-529X.
- Hem, J. D. (1985): Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 3rd Ed. U.S. Surv. Wat. Supply Paper 2254. Washington (USA) 263 p.
- Hernández- Sánchez, A. 1997. Cañón del Sumidero como atractivo turístico natural. Tesis de Licenciatura. Facultad de Contaduría y Administración. Universidad Autónoma de Chiapas. 170 p.
- Jiménez, A. A. 2000. "Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas". Universidad Carlos III. Madrid España
- MOP, Ministerio de Obras Públicas (1972): Mediciones en ríos grandes, Informe Técnico. División de Hidrología, 93 p.
- Mogollón, J. L., Krentzien, H. y Bifano, C. (1987): Contaminación en sedimentos de la Cuenca del Tuy y controles geoquímicos que actúan en el sistema. Acta Cient. Venez. 38: 1: 4758.
- Mogollon, J.L., Ramirez, A. Garcia B. y Bifano C. 1993. Uso de los parámetros fisico-uimicos de las aguas



fluviales como indicadores de influencias naturales y antropicas. INTERCIENCIA 18(5): 249-254.

- NOM-127-SSA1-1994 .Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilizacion.
- Parque Nacional Cañón del Sumidero. 2006 a. Base de datos de limpieza y saneamiento de la parte navegable del río Grijalva. Documento Interno.
- Sierra, J., Jaime A. y Mora A. 2002. Monitoreo de parámetros fisico-quimicos en la cuenca del río Bogota.

 Ciencia e Ingenieria Neogranadina, julio, numero 012. Universidad Militar Nueva Granada. Bogota,

 Colombia. Pp.23-30.



ANEXOS

ANEXO 1.- Sitios de muestreo a lo largo de río Grijalva

Punto 1.- Puente Belisario Domínguez: punto de inicio del ANP, es de fácil acceso al sitio de muestreo en todo momento y condición hidrológica.



Punto 2.- Confluencia del río Sabinal: río tributario de origen domestico e industrial que atraviesa la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y desemboca en el río Grijalva.





Calle San Cristóbal No 8, Residencial La Hacienda Tuxtla Gutlérrez, Chiapas C.P. 29030. México Tel: + (52) 961 125-1177

Punto 3.- El Tapón: punto clave donde se da la acumulación de residuos sólidos (Pet, madera y otros), mezcla completa de contaminantes de tributarios (río Sabinal).



Punto 4.- Presa Chicoasen: lugar donde se dan cambios en el flujo de agua, y la acumulación de sedimentos, punto de salida.





ANEXO 2.- Toma de datos en campo

A).- Temporada de seca













B).- Temporada de lluvia



















ANEXO 3. Tabla de registros de los parámetros físico-químicos de la calidad del agua del río Grijalva del periodo 2005-2010.

PACTORES SECA LLUVIA SECA T.24 2.53 5.51 S.71 S.71 S.74 S.72 2.53 5.51 S.71 S.72 SECA LLUVIA	SECA 24.1E 7.41.7.24 7.24 7.24 321.7 24.84	29 26	2007		2008	. 4	2009	×	2010
SECA LIUVIA SECA LIUVIA 25	24.16 24.16 7.41 7.24 321.7 2006 SECA 24.34					The same of the sa			
25 26 24.16 29 7 8.08 7.41 8.42 7 8.08 7.41 8.42 391.66 486.6 321.7 440 2005 27 24.84 27 25 27 24.84 27 25 27 24.84 27 4.89 6.81 1.52 2.37 644.66 854 740.3 827.7 644.66 854 740.3 827.7 7 7.68 7.49 8.68 9 642 2005 263 10 6.32 2.51 6.87 2.63 10 6.32 5.91 6.87 2.63 10 6.32 5.91 6.87 2.63 10 6.32 5.91 6.87 2.63 10 6.32 5.91 6.87 2.63 10 6.32 5.91 6.87 2.63 10 6.32 2.95 2006 10 862 2005 28 11 1.52 2.602 28 10 10 10 10 10 10 10	24.16 7.41 7.24 321.7 2006 seca 1		SECA LLU	LLUVIA SE	SECA LLUVIA	A SECA	LLUVIA	SECA	LLUVIA
1	7.41 7.24 321.7 2006 SECA 24.84	-	26.5 28	28.6 26	26.8 25.6	23.7	25.6	27.6	28.5
5.71 6.54 7.24 2.53 391.66 486.6 321.7 440 2005 2005 2005 201.04 2005 201.04 2005 201.04 2006 201.04 2006 201.04 2007 201.05 2008 201.04 2008 201.04 2008 201.04 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2008	2006 2006 2006			8.02 7.9	7.93 7.55	7.84	7.65	8.43	8.42
391.66 486.6 321.7 440 2005 2005 2005 2006 2005 201.04 2005 201.04 2005 201.04 2006 201.04 2007 2006 2008 201.04 2008 201.04 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2006 2008 2008 2008 2006 2008 2008	321.7 2006 SECA 1		-	5.08 7.3	7.22 7.1	6.07	5.43	7.83	7.58
Río Sabina SECA LIUVIA SECA S.77 S.94 7.49 8.97 S.77 S.60 S.77 S.60	2006 SECA 1		395 418	418.3 47	470 415	382.6	397.6	321	463.3
FACTORES SECA LILUVIA SECA LILUVIA Departura (°C) 25 27 24.84 27 Departura (°C) 7 7.94 7.49 8.97 Departura (°C) 644.66 854 740.3 827.7 Departura (°C) 26 854 740.3 827.7 Departura (°C) 26 27 24.95 26 Departura (°C) 26 27 24.95 26 Departura (°C) 26 552 327.3 478.7 Departura (°C) 26 2005 2006 Departura (°C) 25 29.5 26.02 28 Departura (°C) 25 29.5 29.5 26.02 28 Departura (°C) 25 29.5 29.5 29.5 Departura (°C) 25 29.5 29.5 Departura (°C) 25 29.5 29.5 Departura (°C) 26 29.5 Departura (°C) 29.5 29.5 Departura (°C) 29.	2006 SECA 24.84	Río Sabinal							
FACTORES sECA LLUVIA SECA LLUVIA nperatura (°C) 25 27 24.84 27 geno disuelto 4.89 6.81 1.52 2.37 nductividad (µS/cm) 644.66 854 749 8.97 nductividad (µS/cm) 644.66 854 740.3 827.7 nductividad (µS/cm) 2005 2005 2006 FACTORES SECA LLUVIA 8.68 nductividad (µS/cm) 515.66 5.91 6.87 2.63 nductividad (µS/cm) 515.66 552 327.3 478.7 nductividad (µS/cm) 515.66 552 327.3 478.7 nductividad (µS/cm) 2005 2006 2006 FACTORES SECA LLUVIA SECA LLUVIA seca LLUVIA SECA LLUVIA	SECA 24.84		2007		2008	20	2009	20	2010
mperatura (°C) 25 27 24.84 27 geno disuelto 4.89 6.81 1.52 2.37 nductividad (µS/cm) 644.66 854 7.49 8.97 nductividad (µS/cm) 644.66 854 740.3 827.7 nductividad (µS/cm) 644.66 854 740.3 827.7 El Tapón 2005 2006 110VIA 827.7 nperatura (°C) 26 27 24.95 26 nductividad (µS/cm) 515.66 552 327.3 478.7 nductividad (µS/cm) 515.66 552 327.3 478.7 nductividad (µS/cm) 515.66 552 327.3 478.7 nductividad (µS/cm) 2005 2006 2006 EACTORES 8ECA 110VIA 8ECA 110VIA 25 29.5 26.02 28			SECA LLU	LLUVIA SECA	ILUVIA	SECA	LLUVIA	SECA	LLUVIA
Presential Colored Colored				28.7 26.2	26.9	24	26.1	27.6	28.52
geno disuelto 4.89 6.81 1.52 2.37 nductividad (µS/cm) 644.66 854 740.3 827.7 nductividad (µS/cm) 644.66 854 740.3 827.7 El Tapón El Tapón FACTORES seca uuvia seca uuvia mayortividad (µS/cm) 515.66 552 327.3 478.7 nductividad (µS/cm) 515.66 552 327.3 478.7 Presa Chicos 2005 2006 FACTORES seca uuvia seca uuvia seca uuvia 25 29.5 26.02 28				8.15 7.68	3 7.75	8.12	8.21	7.34	8.59
644.66 854 740.3 827.7 2005 E Tapón 2005 E Tapón 2005 E Tapón 1001A SECA LIUVIA			0.89	7.35 0.31	3	4.46	4.88	0.18	6.11
El Tapón El Tapón El Tapón SECA LIUVIA	740.3			693.6 750	707.3	826.3	460	1067	840.85
2005 2006 2006 26		El Tapón							
seca LLUVIA SECA LLUVIA 26 27 24.95 26 7 7.68 7.58 8.68 6.32 5.91 6.87 2.63 515.66 552 327.3 478.7 Presa Chicos 2005 2006 25 29.5 26.02 28	2006		2007		2008	2	5009	2	2010
26 27 24.95 26 7 7.68 7.58 8.68 6.32 5.91 6.87 2.63 515.66 552 327.3 478.7 A 78.7 Presa Chicos 2005 2006 25 29.5 26.02 28	SECA		SECA LLU	LLUVIA SECA	A LLUVIA	SECA	LLUVIA	SECA	LLUVIA
7 7.68 7.58 8.68 8.68 8.68 8.63 2.91 6.87 2.63 2.63 2.03 478.7 2.03 478.7 2.005 2.00	24.95			28.7 26	27.9	24.7	27.8	32.2	28.3
6.32 5.91 6.87 2.63 515.66 552 327.3 478.7 2005 Presa Chicos 8ECA ILUVIA SECA ILUVIA 25 29.5 26.02 28	7.58		7.43 8.	8.52 7.65	5 7.83	7.6	8.46	8.08	8.57
2005 SECA ILLUVIA SECA LUVIA SECA	6.87		5.09 5.	5.15 7.7	7 7.23	4.68	7.57	6.84	7.48
2005 2006 2006 2006 2006 25 29.5 26.02 28	327.3		491.6 4	454 693.3	.3 472.6	448.3	481	520	516.5
2005 2006 2006 2006 2006 2006 2006 2007	Pr	esa Chicoas	ua						
RES SECA LLUVIA SECA LLUVIA 25 29.5 26.02 28	2006		2007		2008	20	2009	2(2010
25 29.5 26.02 28			SECA LLI	LLUVIA SECA	A LLUVIA	SECA	LLUVIA	SECA	LLUVIA
			26.4 2	28.6 26.4	4 29	28	29.7	32	29.6
7 8.76 8.48 9.45			8.51 8	8.38 8.4	4 8.42	8.97	9.12	8.92	9.25
geno disuelto (mg/l) 8.36 9.13 14.48 3.4			6.63 5	5.51 8.7	7 7.3	6.5	9.61	10.76	9.57
534.33 414.3 341 374			439 46	467.3 470	0 411.3	403	405	473	439.3



Residencial La Hacienda Tuxtla Gutiérrez, Chiapas C.P. 29030, México Tel: + (52) 961 125-1177 ANEXO 4. Limites permisibles de pH, Oxigeno disuelto y conductividad en el agua de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994.

Nivel de pH	Calidad del Agua
Menos de 5,5	Mala: Muy Ácida A los peces y otros organismos les será casi imposible sobrevivir
5,5 - 5,9	Aceptable
6,0 - 6,4	Buena
6,5 - 7,5	Excelente
7,6 - 8,0	Buena
8,1 - 8,5	Aceptable
Más de 8,6	Mala: Muy Alcalina A los peces y otros organismos les puede ser casi imposible sobrevivir

Nivel de Oxigeno Disuelto	Calidad del Agua
(Mg/l)	
0.0 – 4.0	Mala Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4.1 – 7.9	Aceptable
8.0 – 12.0	Buena
12.0 +	Repita la prueba El agua puede airearse artificialmente

Tabla de conductividad del Agua	Agua domestica	Agua potable	Agua salobre	Agua destilada
Tabla de co	500 a 800 µS/cm	1055 µS/cm	100 µS/cm	0.5 µS/cm