

2.2. Componente de aguas.

2.2.1. Fisicoquímicos.

Temperatura (°C).

Los muestreos realizados, mostraron un incremento de la temperatura desde la cuenca media hasta la cuenca baja, como resultado de la exposición de las aguas a la radiación solar. La influencia de la temporada climática sobre los datos medidos es clara, por las variaciones registradas principalmente en las estaciones de la cuenca media, donde se evidencia que el promedio de la temperatura es menor al de las estaciones en la cuenca baja (prueba de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$; McDonald, 2009; Figura 2-40a). Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos históricos, de acuerdo a los diferentes pisos térmicos que influyen sobre la temperatura del agua del río (Figura 2-40b; IGAC, 1993; Pabón *et al.*, 2001), y que hacen parte de la dinámica climática de la región alrededor de la Sierra Nevada de Santa Marta. A lo largo del año, los muestreos 2 y 3 realizados en marzo y mayo respectivamente, fueron los de mayor promedio de temperatura (28,9 y 30,2 °C), que en nuestra región son los meses de transición a la temporada de lluvias (IDEAM, 2010a).

La medición de este parámetro en las aguas naturales, es un complemento en el estudio de los procesos naturales, ya que influye en los procesos de degradación de la materia orgánica y en el desarrollo de organismos acuáticos (García *et al.*, 2001). Dentro de estos lineamientos, los cambios presentados por la temperatura del agua del río Cesar, están en los rangos normales de variación para este tipo de sistemas naturales, aunque es probable que los eventos de lluvias extremas presentados en el país durante los dos últimos años, estén influyendo en la información colectada (IDEAM, 2005).

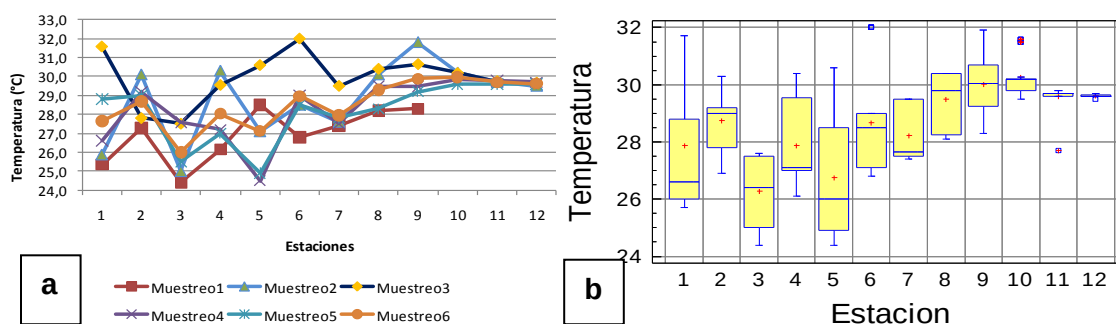


Figura 2-40. Variación de la temperatura del agua (°C; a) en los sitios de muestreo y las diferencias entre los mismos (b).

Oxígeno disuelto (mg/L).

En los muestreos realizados, se evidenció que las estaciones ubicadas la población de Las Pitillas y la desembocadura del río Ariaguani, son las que presentaron promedios bajos en el contenido del oxígeno disuelto (3,97 y 3,94 respectivamente; Figura 2-41a). Esta situación se presenta como consecuencia de la descarga de aguas residuales desde los estanques de tratamiento para aguas residuales que caen en la zona (Valledupar y La Paz), que se suman a los contenidos naturales que traen las aguas del río Cesar. Por esta razón se dieron diferencias estadísticas en la prueba de Kruskal-Wallis ($P=0,00$).

Se enfatiza que en las estaciones señaladas arriba, se presentan fuertes olores a materia orgánica en descomposición durante la temporada de pocas lluvias (en los años 2010 y 2011 las lluvias en la zona aumentaron por efecto del fenómeno de La Niña), que disminuyen la saturación del oxígeno a niveles inferiores a los que determina la norma colombiana (Figura 2-41b; MinSalud, 1984 - Decreto 1594), la cual establece el valor mínimo de oxígeno en aguas dulces naturales para uso en preservación de flora y fauna en 4 mg/L de oxígeno disuelto; las normas colombiana y dominicana establecen que en términos del porcentaje de saturación de oxígeno las aguas deberán presentar valores por encima del 70%, que se considera como valor natural de ellas (MinSalud, 1984; República Dominicana, 2000). Sierra (2011) refuerza el valor por encima de 4 mg/L, como la mejor concentración para la fauna acuática en aguas lólicas, como es el caso del río Cesar.

Para las demás mediciones realizadas, se encontró un buen nivel de oxigenación de las aguas, que permite el desarrollo de los procesos naturales en ella. La concentración del oxígeno en aguas naturales es crítica para los procesos biológicos de degradación, así como en el desarrollo de comunidades de organismos acuáticos (Begon *et al.*, 2005; Sierra, 2011), por lo que es deseable que la carga de materia orgánica en las aguas del río no supere la capacidad de degradación del mismo y de esta manera preservar los procesos ecológicos normales de estos sistemas.

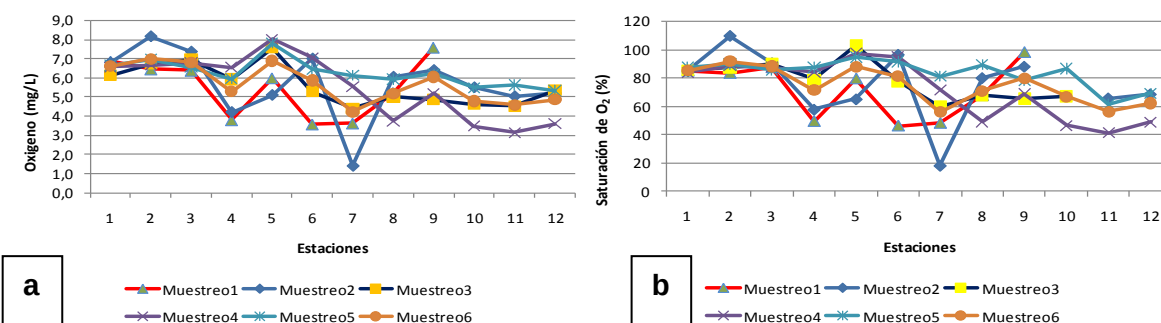


Figura 2-41. Valores del oxígeno disuelto (a, en mg/L) y el porcentaje de saturación de oxígeno (b, en %) de en los sitios de muestreo a lo largo de las cuencas media y baja del río Cesar.

Valor de pH.

El pH es definido como la concentración de iones hidrogeniones o hidroxilos en una sustancia líquida, lo que determina el carácter ácido o básico del mismo (Manahan, 2001; Mongay y Cerdá, 2004). Las aguas naturales son influidas por los aportes que se realizan sobre ellas, así como por la disolución de los componentes e los suelos que atraviesan (Begonet *et al.*, 2006; Sierra, 2011). En las aguas del río Cesar, se encontraron valores entre 6,96 y 8,12. Los valores más bajos se presentaron en la estación de Guacochito y el vertimiento de aguas residuales de “El Salguero”, mientras el mayor fue registrado en la localidad de Rabo Largo (Figura 2-42a). Las aguas naturales en ríos limpios como los que bajan de la Sierra Nevada de Santa Marta, poseen valores de pH que están alrededor de 7, sin embargo esto varía según el tipo de suelos que atraviesan y las actividades realizadas a su alrededor, por lo que se presentan diferencias estadísticas entre sitios según la prueba de Kruskal-Wallis ($p= 0,0$; Figura 2-42b). Esto indica que los valores extremos ya citados son influidos por los vertimientos residuales (con valores cercanos a 7), que se realizan sobre el río y su posterior re-mineralización. También se conoce la

presencia de iones de calcio en los suelos del departamento que hacen aumentar el valor de pH.

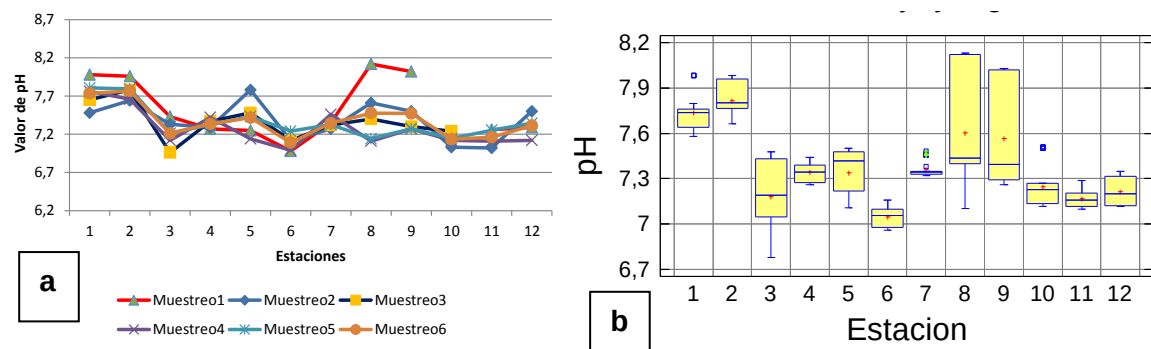


Figura 2-42. Valores del pH en los sitios de muestreo a lo largo de las cuencas media y baja del río Cesar (a) y las diferencias entre estaciones (b).

El pH de las aguas naturales, es influido por las actividades que en ella se desarrollan (fotosíntesis, degradación de materia orgánica, etc.), así como por el pH de los vertimientos que recibe (Begon *et al.*, 2006; Sierra, 2011). Por otro lado, el pH del agua influye sobre los procesos y organismos que en ella viven, es decir que el equilibrio del pH es un factor sensible para el desarrollo de los procesos ecológicos acuáticos, por lo tanto su seguimiento es importante para garantizar la conservación de la calidad del agua. La legislación colombiana establece que el pH de las aguas naturales continentales, deberá estar entre 5 y 9 (MinSalud, 1984), lo que representa una buena calidad para las aguas del río Cesar.

Sólidos suspendidos totales (mg/L).

La presencia de sólidos suspendidos en aguas naturales, es normal debido al arrastre de diversos materiales, entre los que se encuentra el suelo (Chapman, 1996). El río Cesar arrastra elementos como la arena, arcillas, madera, hojarasca, etc., los cuales pueden medirse y usarse para conocer parte de la dinámica de la calidad de sus aguas.

De las mediciones realizadas, las estaciones de la cuenca media presentaron promedios de concentraciones de sólidos en 59,21 mg/L, mientras que las estaciones ubicadas en la cuenca baja en promedio fueron de 122,46 mg/L. La Figura 2-43a mostró en las estaciones de la cuenca, que el vertimiento de las lagunas de oxidación presentó un promedio de concentración en 71,21 mg/L, constituyéndose en una fuente de sólidos al caudal del río pero no la única. Es evidente que existen diferencias de concentraciones entre las estaciones de la cuenca media y las ubicadas en la cuenca baja (Figura 2-43b).

La erosión de las riberas del río Cesar es una de las fuentes principales de sólidos que transporta ya que durante el tercer muestreo, la estación ubicada en Guacochito registró valores por encima de 400 mg/L probablemente generado por las lluvias que se dieron en los días en que se realizó el muestreo; imágenes de sus riveras evidencian los procesos referidos, que deben ser evaluados y tenidos en cuenta para su recuperación (Figura 2-44a). La erosión es ocasionada por la poca vegetación natural que presentan las riveras, aunado al intenso desarrollo agropecuario cerca a las mismas (IGAC, 1993; Vásquez,

2009), de la misma forma la erosión es causante del proceso de pérdida de cobertura vegetal (Figura 2-44b), cuando existe intervención de los suelos.

La legislación nacional no posee valores de referencia para los sólidos en suspensión en aguas naturales de ríos, sin embargo se conoce que el aumento de los valores de este parámetro limita el ingreso de luz y por ende baja la productividad primaria (fitoplancton), por lo que otros organismos tampoco se desarrollan (Begon *et al.*, 2006). De igual manera la misma dinámica del agua natural, los aportes que llegan hasta ella (naturales o artificiales) generan condiciones propias de cada cuerpo de agua, que inciden en los resultados que se obtengan al realizar mediciones (Vásquez, 2009).

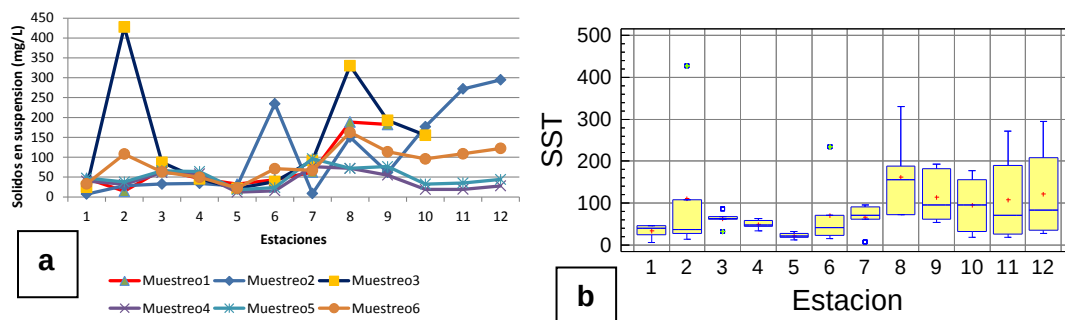


Figura 2-43. Valores de los sólidos en suspensión (mg/L; a) y las diferencias entre sitios de muestreo en el río Cesar (b).

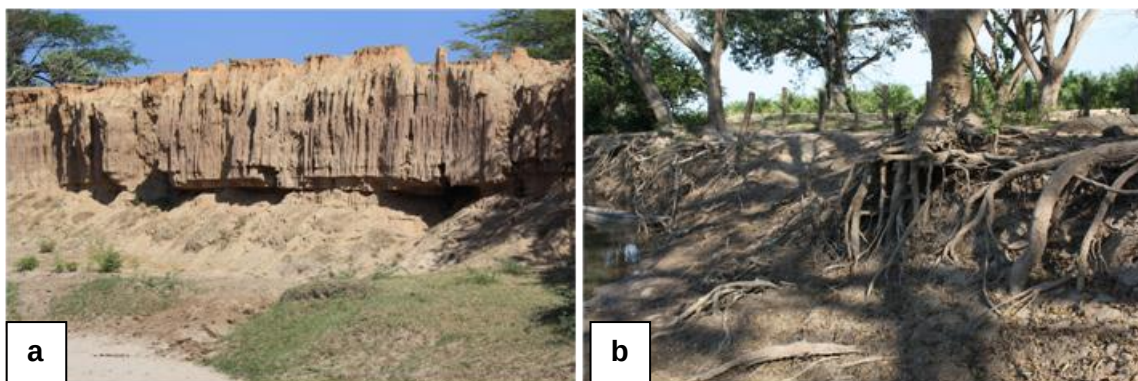


Figura 2-44. Imágenes de la ribera del río Cesar (a-cerca a la población de Guacochito y b-en Puente Canoa), que evidencia el proceso erosivo.

Turbidez (NTU).

Junto a los sólidos suspendidos, la turbidez es otra manera de conocer el estado de calidad de un cuerpo de agua, porque permite saber la cantidad de luz que es retenida por la presencia de sólidos en el agua, esta luz se considera es utilizada por organismos fotosintéticos en procesos de producción primaria (Canter, 1998; Begon *et al.*, 2006; Vásquez, 2009).

Las mediciones realizadas mostraron de manera similar a los sólidos en suspensión, que las concentraciones en la cuenca media son menores (promedio de 63,4 NTU) a las observadas en la cuenca baja (promedio de 132,9 NTU), por lo que se observó una tendencia al aumento (Figura 2-45a). Durante el tercer muestreo se encontró un valor de

465 NTU en la estación ubicada en Guacochito, generada por el color rojo del agua causada por las lluvias del día anterior y el lavado de los suelos. Estadísticamente este dato generó un aumento en el valor de la dispersión de los registros (aumento de la varianza), que impide el uso de pruebas paramétricas para su análisis. Las diferencias entre estaciones, es evidente (Figura 2-45b y Figura 2-46) y así lo prueba el estadístico de Kruskal-Wallis ($p=0,0$).

Tanto en el caso de los sólidos en suspensión como el de la turbidez, la acumulación de material suspendido y el aumento del caudal, parecen ser los responsables del aumento de los valores encontrados. Esto se pudo analizar mediante una prueba de correlación estadística entre los tres parámetros, en el cual los niveles de significancia fueron altos y los porcentajes fueron los siguientes:

Turbidez – Sólidos 66,23 % de correlación ($p=0.000$)
 Turbidez – Caudal 13,64 % de correlación ($p=0.006$)
 Sólidos – Caudal 23,82 % de correlación ($p=0.000$)

La medición realizada en Las Pitillas, durante el primer muestreo (promedio fue de 9.7 NTU), es de interés porque esta estación está ubicada a unos 6 Km lineales de la estación en el Puente Salguero (distancia medida con el GPS), donde se realiza el vertimiento de aguas residuales de los municipios de Valledupar y La Paz. En el punto de vertimiento de las lagunas de oxidación de Valledupar presentó un valor promedio de 191 NTU, lo que indica una disminución de más del 90% de la turbidez registrada en la fuente, sin embargo este tipo de efectos no se registra para los siguientes muestreos donde es originado por otros factores ambientales que no generan el mismo resultado. La lluvia es la que contribuye en mayor grado a este efecto, por la dilución en el vertimiento, pero aumenta la turbidez del agua en el río.

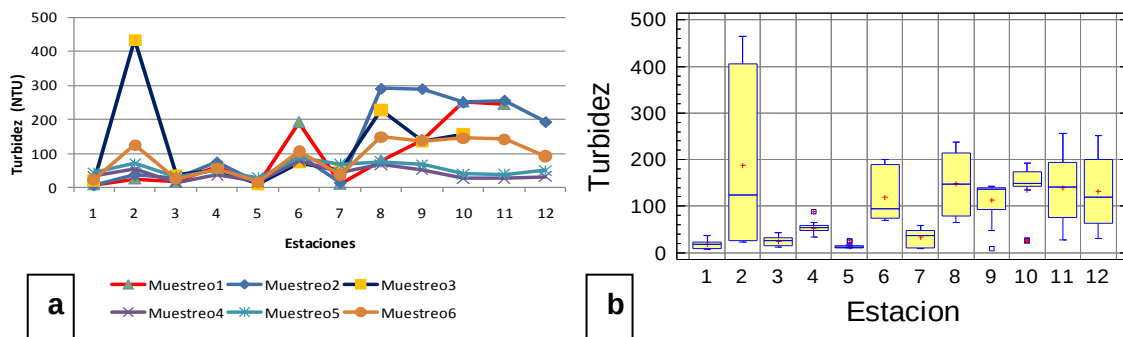


Figura 2-45. Turbidez del agua durante los muestreos (a) y las diferencias entre estaciones (b) a lo largo de las cuencas media y baja del río Cesar.



Figura 2-46. Desembocadura del río Badillo. Se aprecia el contraste de colores entre las aguas del río Cesar en rojo (arriba) y las del Badillo de color verdosa (abajo).

Caudal (m^3/s).

La medida del caudal de un río, permite conocer varios aspectos de la dinámica del mismo entre los que se puede mencionar la carga de contaminantes, la capacidad de autodepuración según los vertimientos, etc. Las mediciones realizadas evidencian la secuencia del aumento de caudal desde la cuenca media a la cuenca baja, generado por la afluencia de otros ríos y quebradas, así como los vertimientos en el sector del Salguero (Figura 2-47a). Figura 2-47b muestra las diferencias estadísticas mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($p=0,0$), afirmando el aumento del caudal en la parte baja de la cuenca del río.

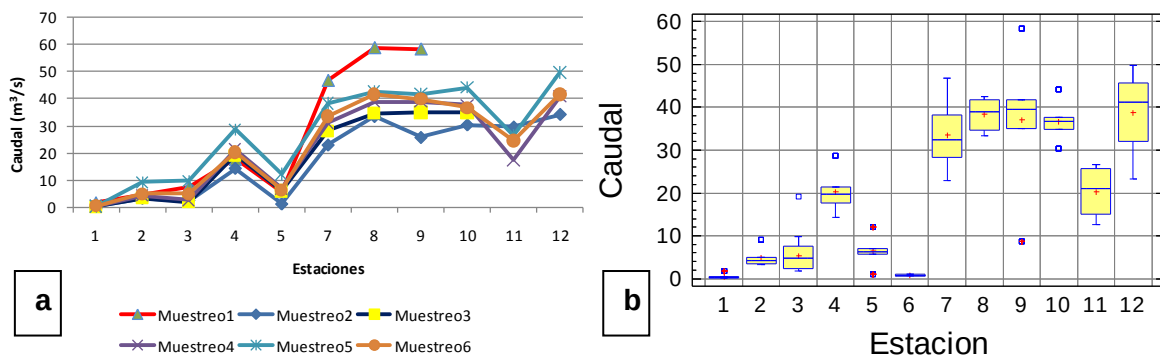


Figura 2-47. Caudales medidos en los sitios de muestreo a lo largo de las cuencas media y baja del río Cesar.

El bajo valor de caudal que registra el río Guatapurí a la altura de la hacienda “Holanda”, que en los tres muestreos registró 5,7, 1,1 y 6,06 m^3/s respectivamente, es de interés por el poco flujo que aporta, probablemente por el uso que se hace de sus aguas río arriba durante la temporada estival; probablemente también puede presentar caudales mayores debido a las escorrentías que se presenten en la temporada de lluvias.

Durante el tercer muestreo se observó que el caudal del río en la estación cercana a la población de El Paso, se mantuvo en niveles similares a los del muestreo anterior a pesar que los tributarios aumentaron sus aportes hídricos; una posible explicación a este fenómeno, es el aumento del caudal del río Magdalena, que inunda la ciénaga de Zapatosa y retrasa el ingreso de las aguas del río Cesar, disminuyendo el flujo de

descarga. Este fenómeno puede ser recurrente si se tiene en cuenta que el río Magdalena es el de mayor caudal en el país, que recoge las aguas de escorrentías de una cuenca de gran extensión (IGAC, 2002).

Existen diferentes factores que inciden sobre los valores de los caudales medidos, pero los más relevantes observados durante los muestreos son: troncos caídos (durante el recorrido sobre el río se evidenció la caída de muchos árboles en las riveras), pero el más relevante durante el presente trabajo fue la temporada de lluvias generada por un evento de “La Niña”, que alteró el régimen de lluvias en el país y que afectó poblaciones, la infraestructura vial del país así como muchos otros sectores económicos (ver apartado socioeconómico). En los últimos años en el país se viene desarrollando el concepto de caudales ecológicos, que corresponden al caudal mínimo que debe tener una corriente de agua para sostener la salud de los organismos y de los sistemas acuáticos relacionados (Carvajal, 2009). Este concepto se puede abordar en el marco de las labores investigativas necesarias en la recuperación y protección del recurso hídrico, sobre todo en cuerpos de agua como el río Guatapurí, que abastece de agua gran parte del municipio de Valledupar (tanto urbano como rural), para agua de consumo, riego, estanques de peces y otras actividades (Cantera *et al.*, 2009; Figura 2-48). Recordemos que el concepto de “Caudal ambiental” se ha venido desarrollando desde hace una década por entidades internacionales (Global Water Partnership – GWP, 2000), debido a que se prevé una posible crisis hídrica mundial y es responsabilidad de todos los gobiernos del mundo propender por un adecuado manejo de los recursos naturales, especialmente uno tan sensible como el hídrico.



Figura 2-48. Sistema de bombeo de agua desde el río Cesar a una plantación.

El caudal del río Cesar, deberá ser monitoreado con mayor frecuencia, para generar modelos de funcionamiento que permitan sostener los diferentes usos que en la actualidad se hacen de este curso de agua. Recordar que entre los diversos usos que se realizan están la pesca, el aprovechamiento del material de arrastre (arena, grava, etc.) y la toma de agua para el riego de plantaciones en la cuenca baja (ver descripción social).

La experiencia en la medición de caudales, indica que en la medida que el río avanza hacia su desembocadura, el flujo tiende a disminuir por efecto del choque entre las dos masas de agua (la del río contra la del cuerpo de agua receptor), esta característica no se alcanza a notar en las mediciones realizadas, pero el flujo de agua puede seguir

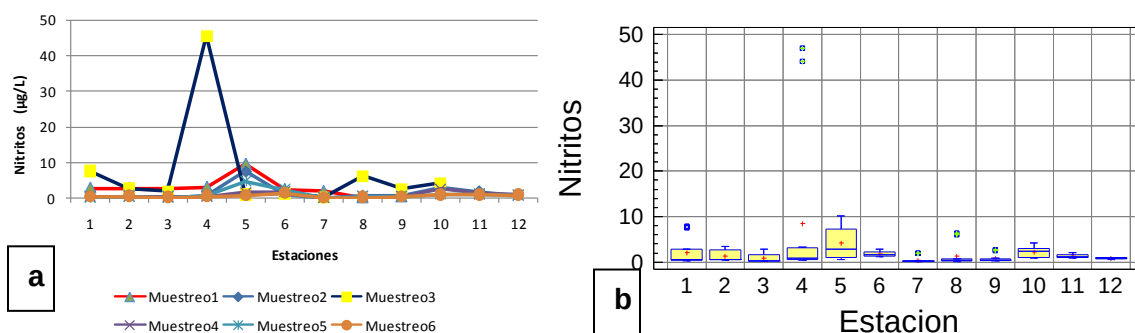
aumentando gracias a que en la zona baja de la cuenca, existen zonas que se inundan a medida que el río aumenta sus niveles. Esos sitios son llamados “playones”, por los agricultores y pobladores de la zona. Este fenómeno es conocido y usado por los agricultores, de manera que cuando el río disminuye su caudal, empieza la siembra de patilla (principalmente en la cuenca baja del río), que es un producto de gran venta a comienzos de año.

Nutrientes inorgánicos (mg/L).

Nitritos – NO_2^- .

En términos químicos, los iones nitritos son un estado intermedio entre los iones nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), sin embargo la presencia de iones nitritos en aguas naturales indica disminución del oxígeno disuelto y un aumento de los iones señalados puede ser tóxica para los organismos acuáticos (Vásquez, 2009; Sierra, 2011). En aguas oxigenadas, la presencia de este ión es mínima o ausente, por lo que a falta de valores de referencia en nuestra legislación, se espera que sus concentraciones en aguas naturales sean bajas.

Los análisis de nitritos realizados a las aguas del río Cesar, indicaron que la principal fuente de este ión es el vertimiento de aguas residuales en el sitio conocido como “El Salguero” (Figura 2-49). Las concentraciones evaluadas son menores a $45 \mu\text{g/L}$ de NO_2^- (debido a los valores bajos de este ión, se utilizó la unidad de microgramos por litros, que se obtiene dividiendo los miligramos entre mil), que por el momento no se consideran nocivas (La norma de República Dominicana define máximo 10 mg/L o diez mil microgramos por litro, este valor es igual para Colombia expresado en el decreto 1594 de 1984, en uso para consumo humano y doméstico). Sin embargo, recordemos que en este sitio tiene lugar la descarga de los sistemas de tratamiento de los municipios de Valledupar y La Paz, que en su descarga combinada pueden generar aumento de la presencia del ión nitrogenado.



Nitratos – NO_3^- .

Igual que en el caso de los iones nitritos, los nitratos hacen parte de las sustancias nitrogenadas que pueden ser consumidas por la vegetación para sus procesos de alimentación y crecimiento, aunque es uno de los iones nutritivos en concentraciones altas puede inducir el fenómeno de “eutroficación” en aguas naturales (MinSalud, 1984;

EPA, 2002). Durante la mayoría de los muestreos, las concentraciones del ión fueron bajas (máximo de 199 µg/L en la estación del río Guatapurí, durante el segundo muestreo), mientras que en el primer muestreo realizado en el mes de enero se pudo registrar concentraciones mayores a 500 µg/L, las estaciones con mayores concentraciones de nitratos fueron la descarga de aguas residuales de la STAR y la del puente Salguero (Figura 2-50a); en general las concentraciones registradas no revisten preocupación para el desarrollo de las actividades naturales, mientras los caudales se mantengan con flujo suficiente para generar dilución de los picos altos, sin embargo es necesario regular los vertimientos que llegan hasta el río Cesar. Es posible que los registros del primer muestreo estén influidos por las últimas lluvias del año anterior y el inicio de las actividades agropecuarias (sobre todo en la siembra de vegetales como el arroz) en el presente año.

Se evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los muestreos realizados, siendo el primer muestreo, el de mayores valores (test de Kruskal-Wallis; $p=0,0$; Figura 2-50b), que sugiere procesos de lavado de suelos debido a las lluvias o a las diversas actividades agropecuarias que se desarrollan en el departamento y que aportan iones nitrogenados a las aguas del río Cesar (IGAC, 1993; Vásquez, 2009). De la misma forma entre estaciones la prueba de Kruskal-Wallis señaló diferencias significativas ($p=0,0$; Figura 2-50b). De interés especial es la gran variación que los valores de este ión presentaron durante el estudio, ya que se enmarca en las diferentes características del río y los factores que afectan su condición trófica, con miras a la productividad pesquera del mismo.

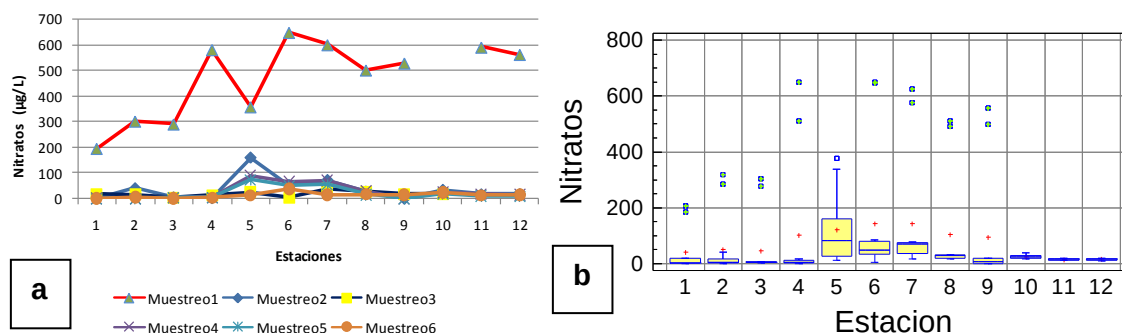


Figura 2-50. Concentración de nitratos por muestreos (a) y las diferencias entre estaciones (b), en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

Fosfatos – $^{-3}PO_4$.

El fósforo inorgánico (ortofosfato) es considerado como el reactivo límite, en la mayoría de procesos de producción primaria de los sistemas acuáticos (Begon *et al.*, 2006; Vásquez, 2009; Sierra, 2011), por ser el primero en agotarse debido a su escasa presencia en situaciones normales. En los muestreos realizados se observó en las estaciones Puente Salguero, PTAR Salguero y Boca Iguana con valores puntuales cercanos o mayores a 1 mg/L (Figura 2-51a). Esto es evidencia del ingreso de los iones fósforo a través de las descargas de aguas servidas, que contienen detergentes y jabones, que generan diferencias entre estaciones y entre muestreos ($p=0,0$; Figura 2-51b). Los valores antes y después del vertimiento de aguas residuales, presentaron concentraciones por debajo de 1 mg/L, a excepción del segundo muestreo en Boca

Iguana, cuya proximidad a algunos asentamientos humanos generan influencia sobre la concentración del fósforo inorgánico. La norma de República Dominicana define como máximo de fósforo total la cantidad de 0,025 mg/L (25 $\mu\text{g/L}$ de PO_4) en aguas para la preservación de flora y fauna (República Dominicana, 2000), muchos de los sitios de muestreo sobrepasan esta directriz; es claro que es necesario disminuir los vertimientos de fósforo inorgánico sobre las aguas del río Cesar, de manera que los procesos ecológicos como el de la productividad primaria se normalicen y sostengan (Vásquez, 2009; Sierra, 2011).

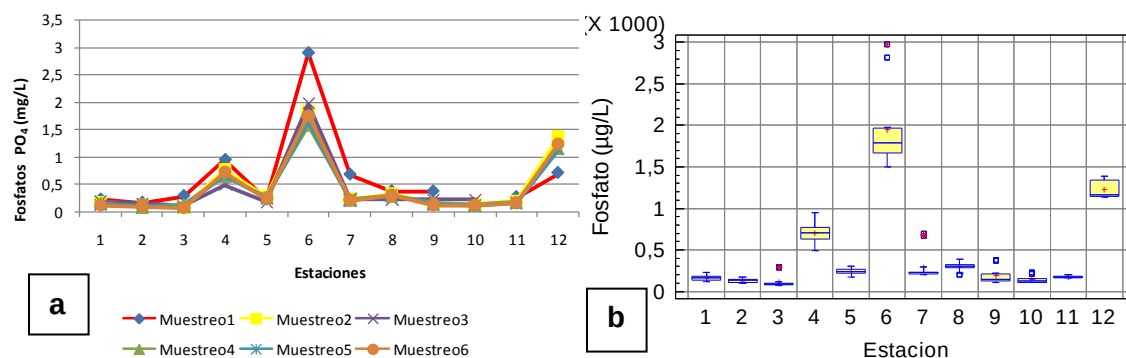


Figura 2-51. Concentración de iones fosfatos durante los muestreos realizados (a) y las diferencias entre estaciones (b), en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

Fósforo total (PT).

Esta medida incluye tanto los iones inorgánicos (ortofosfatos), como los orgánicos para saber la carga de fósforo presente en un cuerpo de agua (Garay *et al.*, 2003). Durante los muestreos se encontró que todos los sitios presentaron valores por encima de lo que dice la norma Dominicana, que establece 0,025 mg/L como valor máximo de fósforo total. El valor más alto registrado en el río Guatapurí durante el cuarto muestreo (5,43 mg/L; Figura 2-52). En el momento el promedio de concentración es de 0,76 mg/L, pero es aún el triple de lo que la norma Dominicana permite.

Tanto las actividades agropecuarias como las de vertimiento, llevan concentraciones de fósforo que caen al río Cesar, por lo que esta situación es una de las que se deberá manejar adecuadamente, para mejorar el ecosistema rivereño; algunos efectos se observaron en el sector de Las Pitillas donde durante el segundo muestreo, se observó una coloración verde sobre el agua, producto de la actividad fotosintética de las algas que aprovechan la oferta de nutrientes inorgánicos y la poca velocidad del agua (Figura 2-53a) en ese momento; también fue perceptible un fuerte olor a aguas residuales (Figura 2-53b).

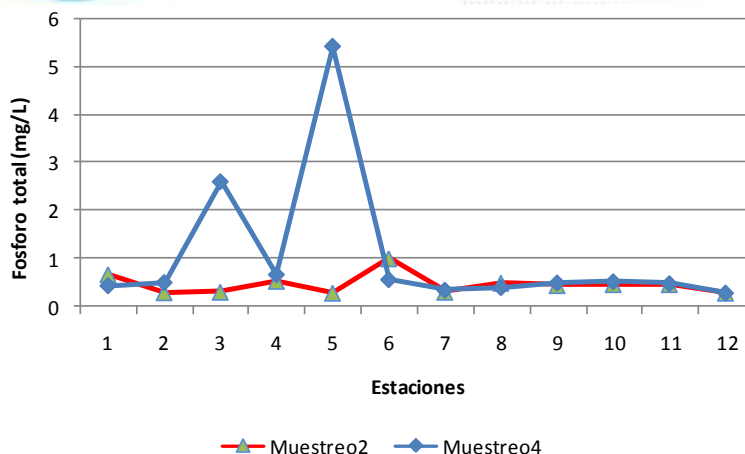


Figura 2-52. Concentración de fósforo total en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

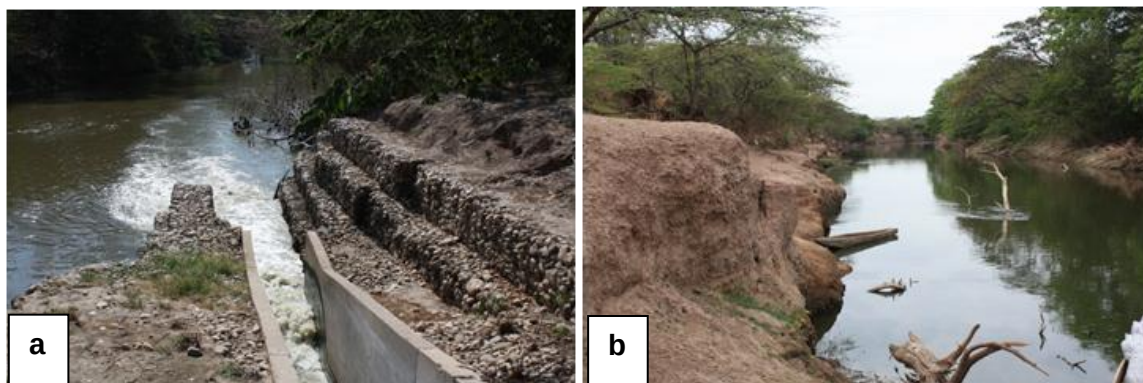


Figura 2-53. Imagen de las estaciones en Puente Salguero (a) y Las Pitillas (b), durante el segundo muestreo (marzo de 2011).

Contaminantes (mg/L).

La contaminación de los cuerpos de agua, es causada generalmente por la mala disposición de los desechos de las actividades humanas (Espinoza, 2001; Margaleff, 1983; Boyer *et al.*, 2002; Begon *et al.*, 2006; Vásquez, 2009; Sierra, 2011).

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), es uno de los parámetros más usados para conocer la contaminación en los cuerpos de agua; la medida permite conocer la cantidad de materia orgánica que hay en el agua, mediante la técnica de medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidarla durante cinco días (Canter, 1998; República Dominicana, 2000; EPA, 2002; Garay *et al.*, 2003; APHA-AWWA-WPCF, 2005; Vasquez, 2009; Sierra, 2011). Es uno de los parámetros usados para el cobro de la tasa retributiva establecida por el Ministerio del Ambiente a los usuarios que generan vertimientos sobre los cuerpos de agua naturales (MAVDT, 2003; MAVDT, 2010).

Las mediciones realizadas mostraron que los puntos de muestreo ubicados en la PTAR Salguero y en el puente del mismo sitio, fueron las de mayor valor (90 y 60 mg/L; Figura 2-54) seguido del sitio ubicado en Las Pitillas, que está a una distancia aproximada de 6 Km lineales, desde el puente Salguero y cuyo valor fue de 21 mg/L durante el segundo

muestreo. Durante el segundo muestreo de contaminantes, por estar ya en la temporada de lluvias, los valores de la DBO_5 en la mayoría de los sitios de muestreo, estuvo por debajo de 5 mg/l (excepción del vertimiento de la STAR Salguero; Figura 2-54a). Los valores que recomienda la literatura y las legislaciones ambientales tanto del nivel nacional como el internacional, para este tipo de aguas naturales es un máximo de 5 mg/L (Decreto 1594, 1984; República Dominicana, 2000).

La demanda química de oxígeno, es una equivalencia del oxígeno y la materia orgánica presente en la muestra, susceptible de ser oxidada (Vásquez, 2009). Es una medida complementaria a la DBO_5 , ya que se puede cálculo aproximado el total de la materia orgánica presente en el cuerpo de agua. Los valores medidos durante el estudio, mostraron que el contenido de materia orgánica es alto (mínimo de 103 y máximo de 6665 mg/L de O_2 ; Figura 2-54b), si se compara con los valores de referencia para cuerpos de aguas naturales que no reciben vertimientos o que lo hacen en cantidades pequeñas.

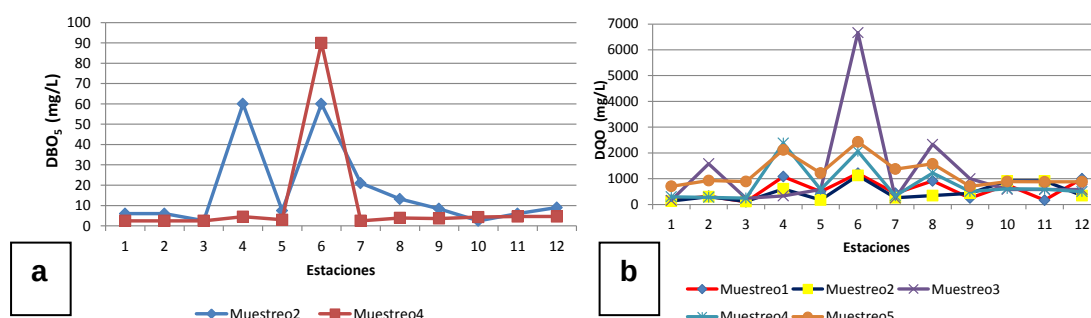


Figura 2-54. Concentración de la Demanda Bioquímica y Química de oxígeno (DBO_5 -a; DQO - b), en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

Las mediciones de grasas y aceites en aguas del río Cesar, indicaron que existen vertimientos desde diferentes fuentes, lo que se constituyen en una condición de preocupación para el buen manejo del sistema hídrico natural (valores entre 3 y 318 mg/L; Figura 2-55). La legislación dominicana, define como máximo la concentración de 1 mg/L en aguas para preservación de flora y fauna (República Dominicana, 2000). La legislación colombiana establece que no debe existir presencia de grasas o aceites en aguas cuya destinación sea para uso humano (MinSalud, 1984).

Las concentraciones de calcio, medidas en el río Cesar mostraron bajas concentraciones en las estaciones de la cuenca media (promedio de 16,8 mg/L) y un aumento hacia las estaciones de la cuenca baja (promedio de 26,5 mg/L; Figura 2-56). Las concentraciones de calcio no representan un problema de contaminación grave, pero su estudio puede generar conocimientos sobre procesos de salinización cuando aguas con alto contenido de calcio (entre el 60 y 75 de los sólidos en suspensión) se usan para riego de cultivos (IGAC, 1993; Roldán y Ramírez, 2008). Los resultados son indicadores de la presencia de calcio en los suelos del departamento, que por efectos del lavado de suelos y la erosión de las riberas del río terminan disueltas en las agua y se acumulan a medida que avanza el río hacia la ciénaga de Zapatosa. Este resultado refuerza la idea de hacer un manejo al río para disminuir la erosión y el transporte de sedimentos, que en el tramo final del río afectan las zonas de inundación que en la actualidad son utilizadas como áreas de pastoreo y cultivo durante la época estival (verano).

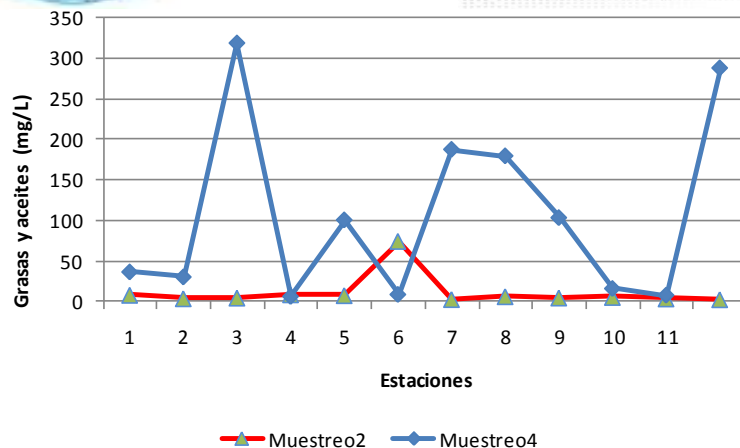


Figura 2-55. Valores de concentración de las grasas y aceites (mg/L) en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

La presencia de hidrocarburos en aguas del río Cesar, está relacionada con la actividad principal del departamento (agricultura y ganadería), sin embargo es de esperar que desde los diferentes vertimientos que llegan al río, se produzca la entrada de esta sustancia que se considera peligrosa (Garay *et al.*, 2003). Los valores encontrados durante el segundo monitoreo, mostró el ingreso desde la PTAR Salguero (63.24 mg/L), mientras que el resto de las estaciones mostraron valores que no sobrepasan los 10 mg/L (Figura 2-57). En las medidas realizadas en el cuarto monitoreo varias sitios a lo largo del río mostraron aumento en las concentraciones medidas (Figura 2-57); es probable que la causa del aumento en el segundo muestreo, este relacionada con el arrastre que hace el río y sus afluentes cuando se desbordan, llevando los residuos de fincas y de otras actividades humanas (lavado ilegal de automotores en los afluentes del río Cesar o actividades relacionadas). Colombia no posee normas que definan un valor específico de hidrocarburos presente en aguas naturales, sin embargo se recomienda que en el caso de aguas para usos de consumo humano, de recreación o para la preservación de flora y fauna, no debe existir películas de grasas o aceites sobre la superficie del recurso (MinSalud, 1984).

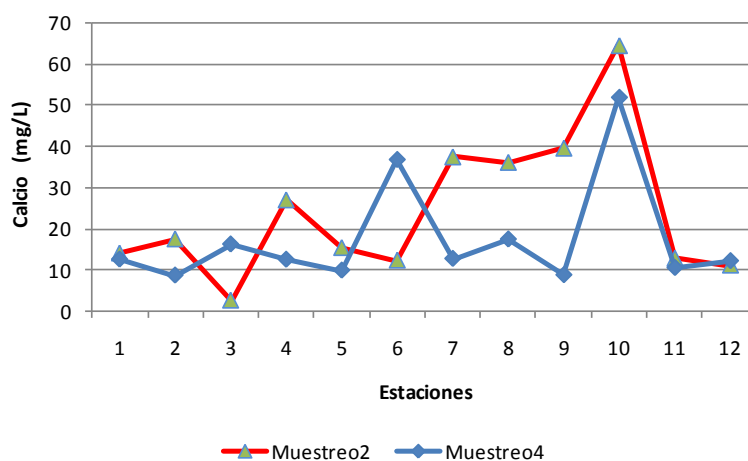


Figura 2-56. Valores de concentración del calcio en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

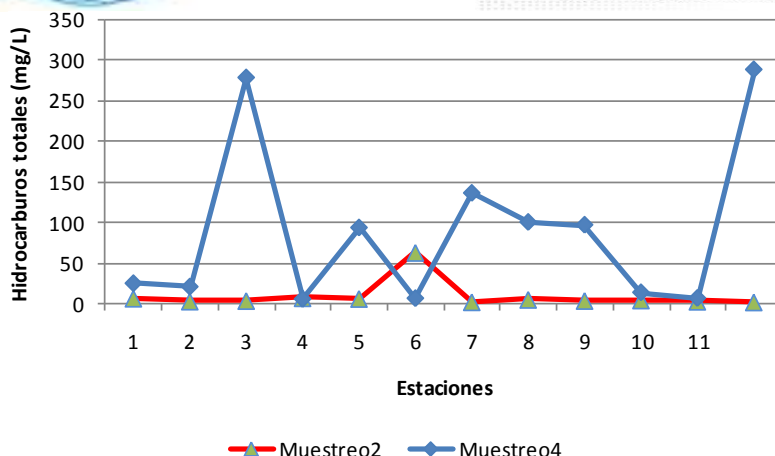


Figura 2-571. Valores de concentración de hidrocarburos totales, en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

No se encontró evidencia de otros contaminantes como los organoclorados, fosforados o metales pesados (con excepción del cromo que se detectó en la boca del río Calenturitas, información que debe ser corroborada con las actividades productivas que se desarrollan en esta zona, en estudios posteriores al actual). Los tensoactivos y detergentes, están en su mayoría entre 0,05 y 0,727 mg/L (Figura 2-58), con excepción del vertimiento de la STAR Salguero donde se registró un valor de 5.37 mg/L y de Veracruz con valor de 3.6 mg/L. La legislación colombiana no define este parámetro en aguas naturales del país, pero la norma dominicana establece como valor máximo de tensoactivos en 0.5 mg/L, que nos sirve de referencia en este caso.

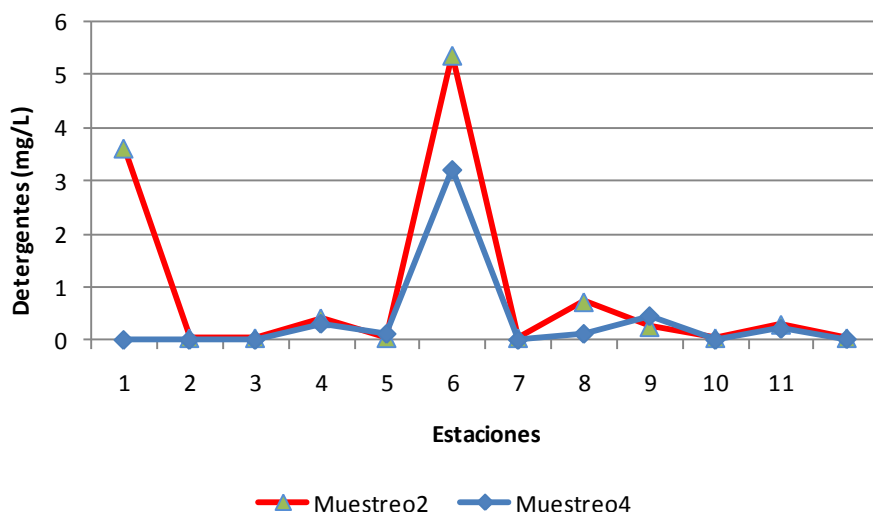


Figura 2-58. Valores de concentración de detergentes en las aguas del río Cesar y en algunos de sus afluentes.

La información de la contaminación por microorganismos patógenos, indicó la presencia de la bacteria *Salmonella* y el *Vibrio* (Tabla 11), en todos los sitios de muestreo y valores por encima de los que dice la norma colombiana, para la presencia de Coliformes (Decreto 1594, 1984). La presencia del microorganismo *Klebsiella*, deberá evaluarse de manera periódica para determinar el mejor manejo de esta problemática. Esta información es de importancia, porque permite conocer la actividad que más se practica alrededor del río Cesar, al parecer se usa para disponer las aguas servidas no solo de las poblaciones



por las que pasa, sino que además recibe los vertimientos de otras actividades productivas a lo largo de la cuenca del río Cesar.

La presencia de los microorganismos y los altos valores de la DQO, hacen pensar que la carga de materia orgánica en las aguas del río Cesar, es importante y puede verse reflejada en la productividad pesquera, así como la actividad de aves y mamíferos pescadores (revisar los capítulos de peces y aves más adelante). Es probable que la tasa de vertimientos que se hace sobre la cuenca del río, este subestimada y que la realidad este superando lo teórico esperado; el aumento de las descargas de aguas residuales más las cargas naturales de materia orgánica, son las posibles respuestas a los valores de DQO y de microorganismos medidos en este trabajo.

Tabla 2-11. Resultados de los análisis microbiológicos para el *Vibrio* tomados en los muestreos realizados, en aguas del río Cesar y algunos afluentes.

Estación	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
1	Ausencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
2	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
3	Ausencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
4	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia
5	Ausencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia
6	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
7	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
8	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
9	Ausencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
10	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
11	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia
12	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia

Índice de calidad del agua (%).

Haciendo uso del índice simplificado de calidad de aguas (ISQA; Pratt, 1993; Aguilar, 2005; Costa y Pino, 2010), se estableció que existen diferencias entre estaciones debido al comportamiento de los parámetros evaluados (comparación de medianas, $p=0.00$; Figura 2-59; Tabla 2-12). En general las estaciones antes del Puente el Salguero, tienen mayor calidad de las aguas (cercasas a 100), que las estaciones ubicadas más allá del sitio de referencia; esta última estación es la que presenta valores del índice de calidad más bajos.

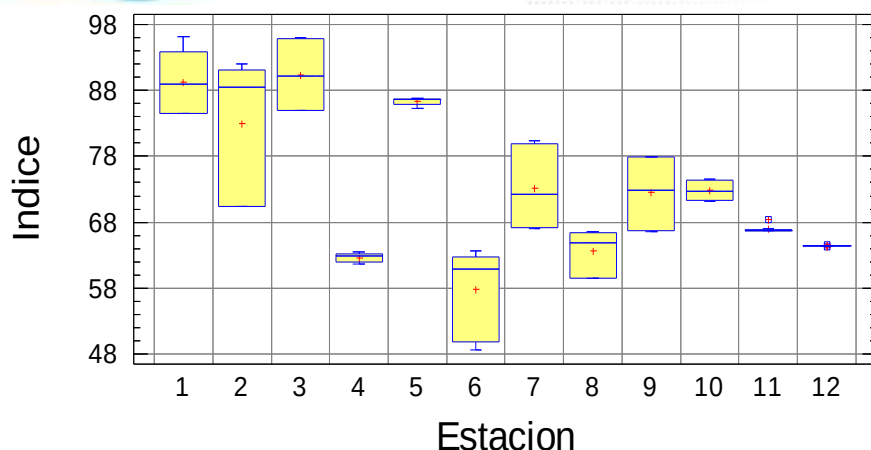


Figura 2-59. Diferencias entre estaciones, por la calidad del agua en el río Cesar y algunos de sus afluentes.

Tabla 2-12. Promedios de los Índices de calidad de aguas calculado para las estaciones de muestreo durante los cinco muestreos (ISQA e ICA).

Numero	Estación	Valor Índice (ISWA)	Valor Índice (ICA)
1	Veracruz	64,39	69
2	Rio Badillo	60,7	68,97
3	Guacochito	63,72	71,24
4	Puente Salguero	45,54	60,16
5	Rio Guatapuri	64,94	66,72
6	STAR Salguero	40,65	55,5
7	Las Pitillas	48,82	60,61
8	Rabo Largo	43,82	60,12
9	Puente Canoa	50,47	61,88
10	Boca rio Calenturitas	47,12	66,11
11	Rio Ariguaní	35,8	58,14
12	Boca Iguana	35,5	55,32

2.2.2. Zooplancton

Composición de la comunidad zooplanctónica.

Hasta la fecha se han identificado 58 especies de zooplanctares, de los cuales cuatro especies y un estadio larval pertenecen al grupo del micro crustáceos, 53 pertenecen al grupo de los rotíferos y 3 a otros grupos de animales, de los cuales algunos de sus estadios hacen parte del zooplancton que se dividen así:



Del grupo de micro crustáceos, la clase Maxillopoda reporta una especie de copépodo del género *Acanthocyclops* y un estadio larval del mismo género. De la clase Branchiopoda, dos especies de cladóceros de los géneros *Daphnia* y *Ceriodaphnia*, de la clase ostrácoda una especie del género *Cypridium*. De los rotíferos se reportaron 54 especies de los géneros *Anuraeopsis*, *Ascomorpha*, *Asplanchna*, *Beuchampiella*, *Brachionus*, *Colurella*, *Conochilus*, *Diplochlanis*, *Epiphanes*, *Euchlanis*, *Filinia*, *Hexarthra*, *Keratella*, *Lecane*, *Lepadella*, *Macrochaetus*, *Mytilina*, *Notholca*, *Polyarthra*, *Pompholyx*, *Testudinella*, *Trichocerca* y *Trichortia*.

Dentro de los otros grupos encontramos larvas de mosquitos y algunos insectos que en algunas de sus etapas de crecimiento hacen parte del zooplancton, inclusive se evidencian partes de insectos adultos. Comparando estos resultados con los registrados por otros autores en ecosistemas similares, se puede inferir que para el río Cesar en su zona media y baja presenta una riqueza típica, según lo que es esperado para un cuerpo de agua lotico.

De los géneros reportados se destacan dentro del grupo de los rotíferos, *Brachionus* con 11 especies (18.96% del total), *Lecane* con 12 especies (20.68% del total), *Filinia* y *Keratella* con 3 especies (5.17% del total) respectivamente, estos agrupan el mayor porcentaje de la riqueza presentada, sumando un 49.98% del total. Este resultado es esperado si se tienen en cuenta los altos valores registrados de conductividad y el alto contenido de sales minerales en el agua producto del tipo de suelos y los sedimentos que son arrastrados, se ha demostrado que las especies de estos géneros por su condición eurihalina, adaptaciones morfológicas según el medio y su tolerancia son dominantes en este tipo de ecosistemas. Estos datos son soportados al analizar las correlaciones donde se presenta una alta significancia entre factores como la conductividad, caudal, pH, SST, OD, temperatura y las especies ($p \geq 0,05$).

La dominancia de Rotifera es una característica estructural del zooplancton de ríos tropicales y subtropicales de Sudamérica (Corrales de Jacobo, 1979; Robertson y Hardy, 1984; Shiel, 1986; Bonetto y Corrales de Jacobo, 1985 y 1986; Saunders y Lewis, 1989; Vásquez y Rey, 1989 y 1993; Paggi y José de Paggi, 1990; Lansac-Tôha *et al.*, 1997).

Los grupos con menos riqueza son los micro crustáceos; cladóceros, copépodos y ostrácodos, con 1 (1.74 % del total) 2 (3.44% del total) y 1 (1.74% del total) respectivamente, sumados representan tan solo el 6.92% del total de la riqueza. Estos resultados son concordantes con los reportes hechos en estudios similares (Figura 2-60).

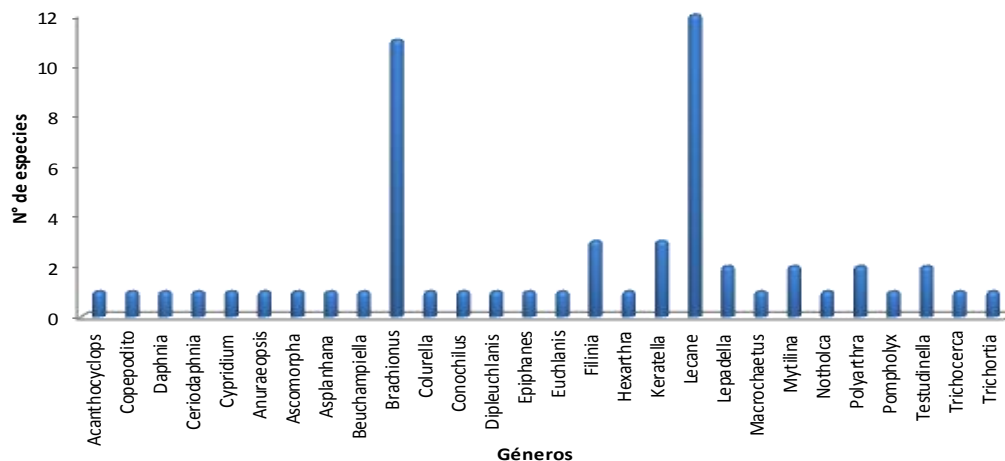


Figura 2-60. Riqueza específica por géneros en el río Cesar.

Las especies de rotíferos de los géneros *Lepadella*, *Anuraeopsis* y *Conochilus*, se les referencia habitualmente como especies de hábitos bentónicos, sin embargo pueden estar presentes en el plancton debido al efecto de procesos físicos como recirculación del agua y las corrientes, en la Figura 2-61 se muestra la lista sistemática de las especies encontradas.

Las poblaciones de zooplanctares reportadas en la zona media y baja del río Cesar, son consistente con los reportes hechos para el Caribe Colombiano, que reflejan las condiciones cambiantes e impactadas de un ecosistema, en donde es clara la dominancia de especies tolerantes.

Aspectos como, las sales disueltas, el estado trófico del sistema y su amplia zona inundable, hacen de este ambiente un buen refugio para ciertas especies zooplanctares, las cuales durante el periodo de aguas bajas se enquistan y luego en el momento de inundación eclosionan, justificando la diversidad reportada.

Análisis espacio temporal de la riqueza de zooplanctares en la zona media y baja del río Cesar.

Los zooplanctares por sus características biológicas y morfológicas, poseen en general una amplia distribución, debido a este comportamiento la mayoría de las especies se consideran como cosmopolitas (Koste, 1978; Esteves, 1988). Las formas reportadas han sido encontradas por múltiples autores a lo largo del territorio nacional, continental y a nivel mundial.

A lo largo del tramo de nuestro interés en el río Cesar, se reportan especies exclusivas para algunos sectores, como se puede observar en la Figura 2-61.

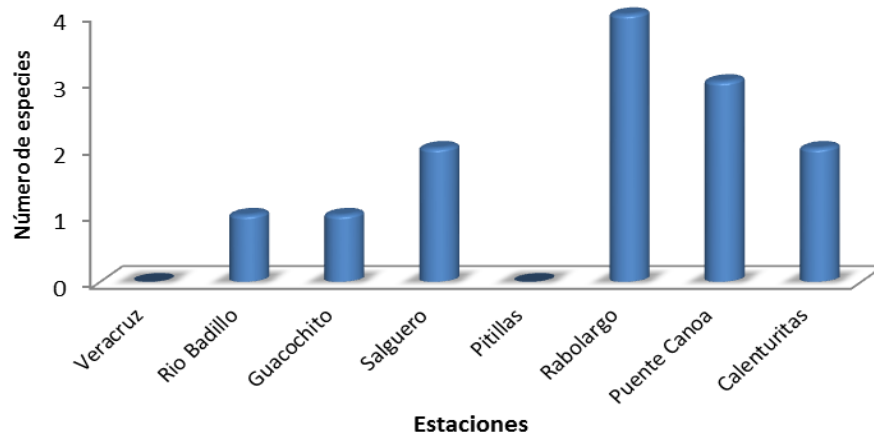


Figura 2-61. Especies reportadas como exclusivas según su presencia en las estaciones de monitoreo, en la cuenca media y baja del Río Cesar.

La estación con más especies exclusivas fue Rabolargo (E6) con cuatro (4) especies (*Colurela sp*, *Lecane luna*, *Testudinella trilobata*, *Pompholyx sulcata*), seguida de la estación Puente Canoa (E7) con tres (3) especies (*Euchlanis dilatata*, *Lecane ludwigi*, *Lecane mira*). Estos datos podrían estar justificados en las condiciones limnológicas de estos dos puntos, los cuales al aumentar sus caudales y profundidades, inundan zonas riverañas que son altamente húmedas y propicias para el refugio de huevos enquistados, los cuales eclosionan y aumentan de manera considerable la riqueza. De igual manera se tiene en cuenta la variación de algunos factores físicos y químicos del agua en estos puntos; como: son el caudal, la profundidad, la conductividad y los sólidos suspendidos totales, podríamos inferir que estos puntos son favorables ecológicamente hablando para la proliferación de especies raras poco dominantes.

Las estaciones Veracruz (E1) y Pitillas (E5) no presentaron ninguna especie exclusiva, esta característica puede ser justificada considerando los caudales y cotas de llenado que presentaron estos puntos, los cuales en comparación a los otros puntos se mantuvieron relativamente estables durante el periodo en que se tomaron las muestras biológicas, razón por la cual los aportes a la riqueza de esteros inundados fue casi nula y mantuvieron la dinámica de sus comunidades estables o con pocas variaciones.

En términos generales, la riqueza específica del zooplancton a lo largo del cauce del río, en la zona media y baja se distribuye con algún grado de heterogeneidad, oscilando el valor de la riqueza entre 18 y 38 especies, lo que representa un rango entre 31% y 66% respectivamente. El nivel de representatividad mínimo reportado (31%) nos permite indicar la presencia de poblaciones con distribución amplia y otras restringidas a ciertos sectores donde el ambiente es cambiante y altamente influido (Figura 2-62).

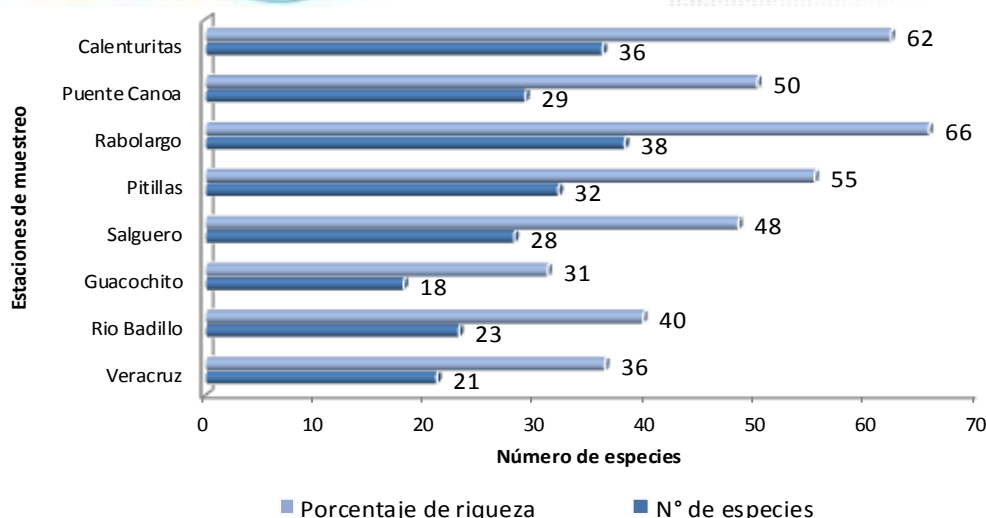


Figura 2-62. Distribución de la riqueza absoluta del zooplancton en el tramo medio y bajo del Río Cesar.

En general, la variación temporal de la riqueza coincide con la dinámica del pulso hídrico característico de la zona de interés, soportada en la presencia de un mayor número de especies (36) en el mes de julio (cuarto muestreo), cuando aumentó la profundidad, y algunos factores físicos y químicos del agua (conductividad, SST y turbidez), fueron favorables y se produjo la eclosión y sostenimiento de nuevas especies, que en periodos de bajas cotas permanecen en latencia. Para los meses de marzo (segundo muestreo) y septiembre (quinto muestreo) se encontraron iguales valores de riqueza (35 especies respectivamente), este resultado es explicado considerando la incidencia del fenómeno climatológico (La Niña) que afectó al país en los años 2010 y 2011, el cual mantuvo fuertes lluvias gran parte del año, ocasionando que los niveles del río se mantuvieran en sus máximos valores, lo que brindó a la mayoría de las especies de zooplancton un ambiente favorable para su proliferación, teniendo en cuenta el efecto de este fenómeno sobre los factores físicos y químicos del agua (bajas concentraciones de sales, dilución de SST, bajas temperaturas, etc).

En el mes de mayo (tercer muestreo) se registraron los menores valores de riqueza (32 especies), condición típica de un sistema que presenta una disminución en sus niveles de agua y por consiguiente un incremento en los valores de la conductividad y otros factores como la turbidez y SST, que son limitantes para el establecimiento y desarrollo de una comunidad de zooplanctares, situación que tiende a favorecer a especies altamente tolerantes, como es el caso de los géneros *Brachionus*, *Filinia* y *Conochilus* (Figura 2-63). La variación temporal de la riqueza del zooplancton, es explicada como el resultado del efecto del pulso de inundación y de los efectos que trae consigo el fenómeno climatológico actual sobre los cuerpos de agua de este sector. Esta teoría puede ser entendida analizando el número de especies que aparecen como exclusivas en los distintos periodos de tiempo. Se observa que los meses que reportaron mayor exclusividad fueron julio y septiembre (6 especies cada uno), meses en los cuales según los resultados físicos y químicos del agua, son los momentos en los que el río presentó los valores más extremos de estos, lo que favorece ciertas condiciones ambientales y ecológicas para que organismos pioneros y euritolerantes colonicen y dominen el sistema.

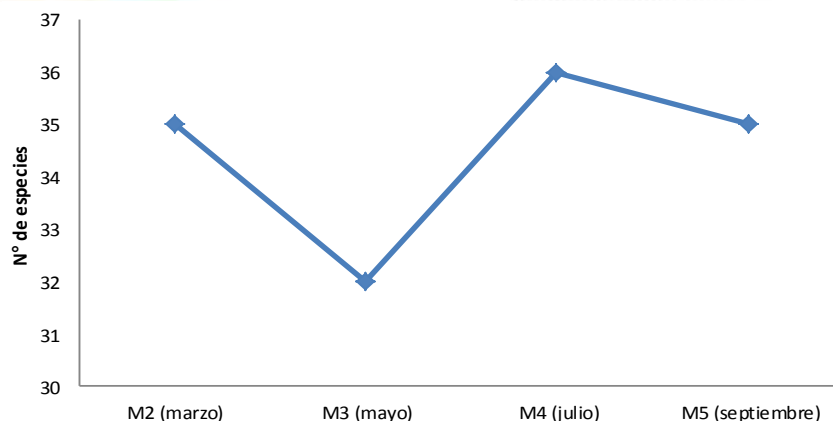


Figura 2-63. Dinámica temporal de la riqueza específica en la zona media y baja del río Cesar.

En los meses de marzo (3 especies) y mayo (2 especies), las especies exclusivas disminuyen, a causa de un de un sistema más equilibrado, a pesar de que en este momento, el nivel del río alcanzo sus cotas más bajas. En este periodo las condiciones medio ambientales y los factores físicos y químicos del agua favorecen entonces a una comunidad más homogénea y con poca dominancia, donde la oferta alimenticia es suficiente y la competencia disminuye (Figura 2-64; Tabla 2-13).

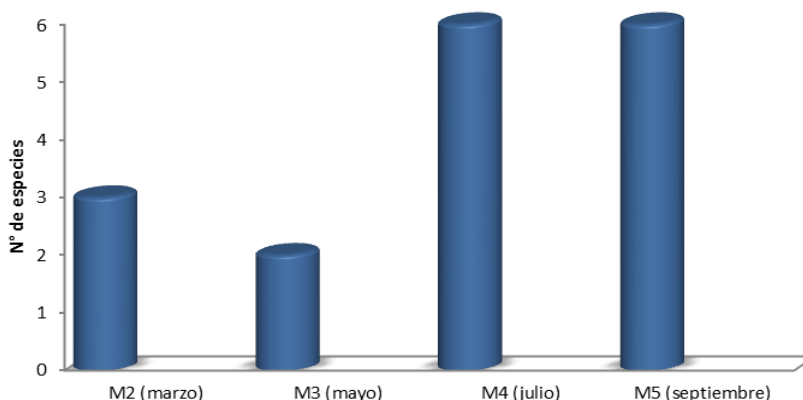


Figura 2-64. Especies reportadas como exclusivas según su presencia durante los muestreos, en la cuenca media y baja del Río Cesar.

Haciendo unos análisis conjunto del comportamiento de la comunidad zooplanctonica y los factores del agua relacionados con la carga orgánica del sistema (nitritos, nitratos, fosfatos, etc.), permite inferir que el ecosistema en la cuenca media y baja del río Cesar, está siendo fuertemente influido por vertimientos que aumentan considerablemente estos valores, situación que se ve expuesta al definir la dinámica limnológicas y biológica del cuerpo de agua (oferta alimenticia vs. dinámica biológica).

Categorización de las especies según su distribución espacio – temporal.

La tipificación de las especies como estrategia para el análisis del comportamiento de la distribución espacial y la variación temporal de la riqueza de zooplanctares de acuerdo a las categorías establecidas, mostraron los siguientes resultados; según la ocupación del espacio por parte de las especies, se puede decir que el zooplancton está compuesto por:



13 especies de amplia distribución (20.97% del total), 25 especies tienen una distribución moderada (40.32% del total) y 24 especies muestran una distribución restringida (38.71% del total; Tabla 2-14).

Tabla 2-13. Categorización de la distribución espacial del zooplancton en la cuenca media y baja del río Cesar, durante el monitoreo.

N° de especies	Porcentaje %	Categoría
13	20,97	Amplia distribución
25	40,32	Distribución moderada
24	38,71	Distribución restringida

Según la ocupación de las especies del zooplancton en el tiempo, encontramos que 28 especies (45.16%) son reconocidas como de alta frecuencia, 17 especies (27.42%) como de frecuencia media y otras 17 (27.42%) como de baja frecuencia.

Tabla 2-14. Categorización de la distribución temporal del zooplancton en la cuenca media y baja del río Cesar, durante el monitoreo.

N° de especies	Porcentaje %	Categoría
28	45,16	Frecuencia alta
17	27,42	Frecuencia media
17	27,42	Frecuencia baja

Realizando un análisis simultáneo de la dinámica espacio temporal del zooplancton de la cuenca media y baja del río Cesar, se puede definir que este sistema posee una comunidad residente que ocupa homogéneamente el espacio y se reportan a lo largo del periodo de estudio, ratificando que el medio posee las condiciones ideales para el establecimiento de estos organismos. La presencia dentro de este grupo, de géneros como Asplahnca, Acanthocyclops y Brachionus entre otros, nos permite definir a este sistema acuático; como un medio cambiante e intervenido, con un alto grado de material orgánico, estas son especies que se desarrollan y dominan ambientes extremos (Tabla 2-15).

Tabla 2-15. Variación espacial del zooplancton en la cuenca media y baja del río Cesar, 2011.

Especies	Veracruz	Rio Badillo	Guacochito	Salguero	Pitillas	Rabolargo	Puente Canoas	Calenturitas
Acanthocyclops sp								
Copepodito								
Daphnia sp								
Ceriodaphnia sp								
Cypridium sp								
Anuraeopsis fissa haueri								
Ascomorpha saltans								
Asplanhna sieboldi								
Beuchampiella eudactyloa eudactyloa								
Brachionus angularis								
Brachionus bidentata								
Brachionus budapestinensis								
Brachionus calyciflorus								
Brachionus caudatus								
Brachionus havanaensis								
Brachionus patulus patulus								
Brachionus pyramiformis								
Brachionus quadricornis								
Brachionus quadridentatus								
Brachionus urceolaris								
Colurella sp								
Conochilus (colonia)								
Conochilus (individuos)								
Diplocephalus sp								
Epiphanes macrourus								
Euchlanis dilatata								
Euchlanis sp								
Filinia longisetia longisetia								
Filinia opoliensis								
Filinia terminalis								
Hexarthra mira mira								
Keratella americana								
Keratella cochlearis								
Keratella tropica tropica								
Lecane bulla bulla								
Lecane cornuta								
Lecane curvicornis								
Lecane elsa								
Lecane leontina								
Lecane ludwigi								
Lecane luna								
Lecane lunaris								
Lecane mira								
Lecane papuana								
Lecane quadridentata								
Lecane sp								
Lepadella ovalis								
Lepadella patella								
Macrochaetus sericus								
Mytilina bisulcata								
Mytilina ventralis								
Notholca sp								
Polyarthra major								
Polyarthra remata								
Pompholyx triloba								
Testudinella patina								
Testudinella trilobata								
Trichocerca similis								
Trichortia sp								
Partes de insectos								
Gusanos planos								
Larvas de mosquitos								

De igual manera, se presenta una comunidad temporal o migrante, la cual es bastante significativa. Esta población está conformada por especies que si bien toleran cambios en el medio ambiente, su desarrollo se restringe ante ciertos cambios en las condiciones limnológicas del medio, como alzas en los valores de la conductividad y sólidos suspendidos. Cabe resaltar que estas poblaciones están constantemente sometidas a la presencia de otras especies, que bien podrían ser migrantes de otros afluentes o de zonas de rivera influenciada (Tabla 2-16).

Tabla 2-16. Variación temporal del zooplancton en la cuenca media y baja del río Cesar, 2011.

Especies	M2	M3	M4	M5
Acanthocyclops sp				
Copepodito				
Daphnia sp				
Ceriodaphnia sp				
Cypridium sp				
Anuraeopsis fissa haueri				
Ascomorpha saltans				
Asplanhna sieboldi				
Beuchampiella eudactylota eudactylota				
Brachionus angularis				
Brachionus bidentata				
Brachionus budapestinensis				
Brachionus calyciflorus				
Brachionus caudatus				
Brachionus havanaensis				
Brachionus patulus patulus				
Brachionus pyrriformis				
Brachionus quadricornis				
Brachionus quadridentatus				
Brachionus urceolaris				
Colurella sp				
Conochilus (colonia)				
Conochilus (individuos)				
Dipleuchlanis sp				
Epiphanes macrourus				
Euchlanis dilatata				
Euchlanis sp				
Filinia longiseta longiseta				
Filinia opoliensis				
Filinia terminalis				
Hexarthra mira mira				
Keratella americana				
Keratella cochlearis				
Keratella tropica tropica				
Lecane bulla bulla				
Lecane cornuta				
Lecane curvicornis				
Lecane elsa				
Lecane leontina				
Lecane ludwigi				
Lecane luna				
Lecane lunaris				
Lecane mira				
Lecane papuana				
Lecane quadridentata				
Lecane sp				
Lepadella ovalis				
Lepadella patella				
Macrochaetus sericus				
Mytilina bisulcata				
Mytilina ventralis				
Notholca sp				
Polyarthra major				
Polyarthra remata				
Pompholyx triloba				
Testudinella patina				
Testudinella trilobata				
Trichocerca similis				
Trichortia sp				
Partes de insectos				
Gusanos planos				
Larvas de mosquitos				

Análisis espacio temporal de la abundancia del zooplancton en la cuenca media y baja del río Cesar. Durante el periodo de muestreo se registró una abundancia total de 133.418

individuos, de los cuales 43.120 individuos corresponden a dos especies del género *Brachionus*, lo que representa el 32.31% del total de individuos contados. De esta manera este género y en particular las especies *Brachionus calycyflorus* y *Brachionus angularis* son las especies dominantes y más abundantes del sistema. Cabe resaltar que este resultado se presentó en el mismo mes (julio de 2011, cuarto muestreo) y en la misma estación (Puente Salguero), lo que nos permite inferir que esta estación en particular presenta especies que según varios autores, son tolerantes y dominantes en los sistemas acuáticos impactados (Cole, 1988; Esteves, 1988; Gutiérrez, 2000; Gutiérrez *et al.*, 2004; Heredia, 2005).

En ambientes que reciben grandes aportes de detergentes y material orgánico se elevan los valores de ciertos factores físicos y químicos del agua, como es el caso de la conductividad y los fosfatos entre otros. Para la estación Puente Salguero durante el mes de Julio de 2011 se presentaron valores de conductividad de 432 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y fosfatos 649.29 $\mu\text{g}/\text{L}$, datos que explican y sustentan claramente la dominancia del género *Brachionus* y las transformaciones que estos presentaron (espinas prominentes entre otras), permitiendo afirmar que este punto en especial está recibiendo descargas con altos contenidos de estas sustancias.

La caracterización del comportamiento de la abundancia, indicó que durante los meses de muestreo, acorde a lo esperado de un sistema lotico de tierras bajas con grandes zonas de inundación que afectan e influyen en su caudal, refleja el efecto que ejerce la variación de algunos factores físicos y químicos del agua influidos por actividades antrópicas, en el comportamiento de las comunidades biológicas observándose dominancias y aparición de especies pioneras y euritolerantes a las fluctuaciones del sistema.

Durante el periodo que se registraron las mayores abundancias, se observó una disminución en la riqueza, hecho que confirma una dinámica reproductiva diferencial, donde especies tolerantes son favorecidas.

La aplicación del índice de similaridad de Bray – Curtis, corrobora la descripción de una comunidad que no se distribuye homogéneamente en el sistema, sin embargo la similitud entre los muestreos es bastante alta de tal manera que seis estaciones del M2 son muy similares (68.91%, 67.03% y 61.81% de similitud) y cinco del M3 comparten características. Sin embargo, el valor máximo de similitud no superó el 68.91%, lo que nos permite inferir en la presencia de algunas especies esporádicas y exclusivas para algunas estaciones y muestreos (Figura 2-65).

La composición de la comunidad de zooplanctares define tres conglomerados, donde las distancias geográficas parecen ser el factor que determina la formación de estos, se observa que las estaciones más cercanas se agrupan alternadamente, razón por la cual podríamos inferir en que existe un grupo de especies que se distribuyen heterogéneamente. Esta agrupación parece responder a características como:

- La dinámica hidráulica del sistema, donde intervienen procesos de arrastres influidos y modelados por el ciclo hidrológico característico de la región.
- La topografía y características de la cuenca de drenaje.
- La composición de los suelos.
- La acción y aportes de los principales afluentes locales.

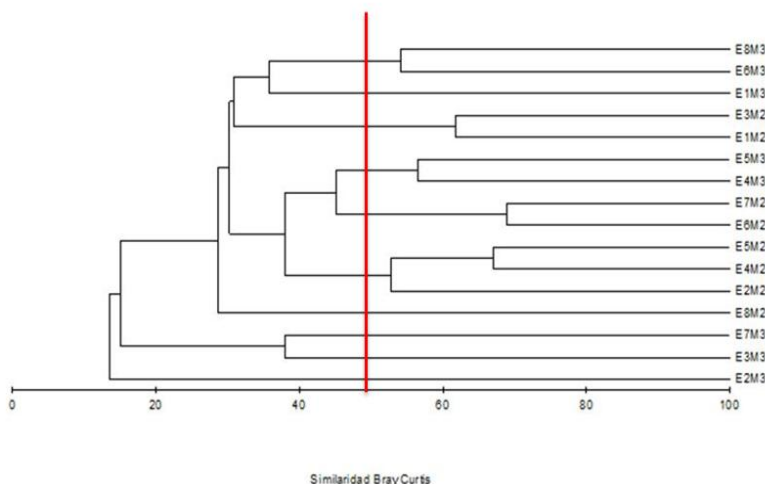


Figura 2-65. Gráfico de racimo parcial de similaridad (Bray – Curtis) para la variación espacio – temporal de la riqueza en la zona media y baja del río Cesar.

2.2.3. Macroinvertebrados.

En las cuencas media y baja del río cesar, se han reportaron un total de 2070 individuos en un periodo comprendido entre enero y noviembre de 2011, distribuidos en 51 géneros, pertenecientes a 31 familias, dentro de 13 órdenes. (Tabla 2-17 y Tabla 2-18).

Tabla 2-17. Contribución de los órdenes de Macroinvertebrados a la Abundancia y Riqueza.

Ordenes	Abundancia	Riqueza
Odonata	149	5
Ephemeroptera	403	9
Hemíptera	420	17
Díptera	667	4
Plecóptera	43	1
Neuróptera	6	1
Basommatophora	31	1
Mesogastropoda	16	2
Coleóptera	48	7
Trichoptera	224	1
Veneroida	6	1
Haplotaxida	2	1
Glossiphoniiformes	55	1
Total	2070	51

Se observó que la mayor riqueza es presentada por el orden Hemíptera con valor de 17, siguiendo los órdenes ephemeroptera con 9, coleóptera con 7, odonata con 5, díptera con 4, mesogastropoda con 2, plecóptera, neuróptera, Basommatophora, Trichoptera, Haplotaxida, Veneroidea, y Glossiphoniiformes con 1. La mayor abundancia la presenta



el orden díptera con 667 individuos, seguido de los órdenes hemíptera con 420 y ephemeroptera con 403 y la menor abundancia los órdenes haplotaxida con 2, veneroidea y neuróptera con 6 respectivamente. La totalidad de la riqueza fue de 51 y la abundancia de 2070.

En la distribución espacial se observa que los hemípteros son los que presentan el mayor número de géneros con un total de 17, seguido de los ephemeropteros con 9 y coleópteros con 7, los más ampliamente distribuidos son en especial los géneros *Rhagovelia*, *Trepobates*, *Tenegobia* y *Ambrysus* para los Hemípteros, y *Tricorythodes* y *Lachlania* para los Ephemeropteros (Tabla 2-18).

Los órdenes Plecóptera, Neuróptera, Basommatophora, Mesogastropoda, Trichoptera, Glossiphoniiformes y Veneroidea, fueron los que presentaron la menor riqueza, con un total de género. El orden Diptera fue el que presentó la mayor Abundancia con el género *Chironomus*, con un total de 660 individuos, seguido del género *Smicridea* con 224 individuos para el orden Trichoptera y 223 individuos para *Rhagovelia* del orden Hemíptera (Tabla 2-18).

La estación 5 ubicada en Las Pitillas, fue la que presentó el mayor número de individuos con un total de 905 individuos y la estación 6 (Rabo largo) fue la que presentó el menor número de individuos con 102 en total (Tabla 2-18).

La distribución temporal (Tabla 2-18) se observa que el segundo muestreo es el que presentan el mayor número de individuos, con un total de 895 individuos, seguido del primer muestreo con 447 individuos, el cuarto muestreo con 329, el quinto muestreo con 202 y el tercer muestreo con 197 individuos respectivamente. El género *Chironomus* del orden Díptera en el segundo muestreo presentó 660 individuos, valor que se encuentra por encima de todos los demás encontrados en los cinco muestreos realizados (Tabla 2-19).

El orden que presenta la mayor distribución es el orden ephemeroptera, seguido de hemíptera y odonata, la menor distribución se encuentra en el orden glossiphoniiformes, con presencia solo en el primer muestreo (Tabla 2-18 y Tabla 2-19).

En la Figura 2-66a se observa que la riqueza de macroinvertebrados en las estaciones de muestreo varió entre 10 y 27 con un valor medio de 19,75 géneros. La estación 1 (Veracruz) presentó el mayor valor de riqueza con 27 géneros, de los cuales los órdenes que aportaron el mayor número de géneros fueron hemíptera con 8 y ephemeroptera con 7; la menor riqueza la presentó la estación 4 (puente Salguero) con 10 géneros.

La riqueza de macroinvertebrados por muestreo Figura 2-66b osciló entre 19 y 31 con un valor medio de 25 géneros. El primer muestreo presentó el mayor número de especies con un total de 31, seguido del segundo muestreo con 30 y con el menor valor el tercer muestreo con 19 especies.

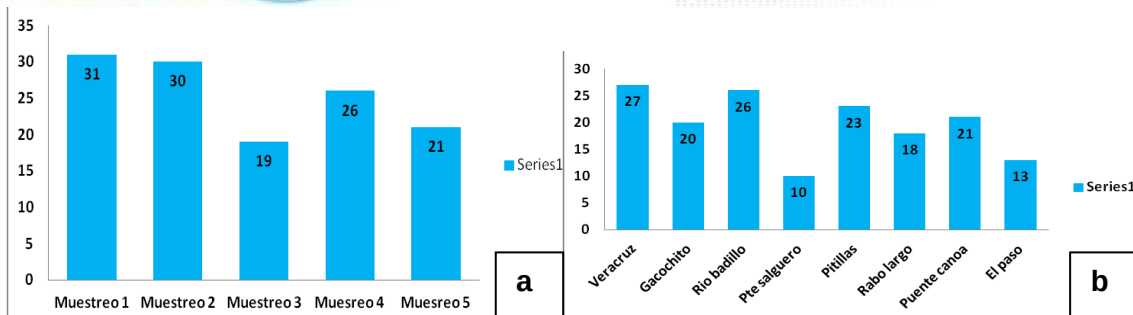


Figura 2-66. Riqueza de macroinvertebrados por estaciones (a) y muestreos realizados(b).

La abundancia de macroinvertebrados por estación (Figura 2-67a), varió entre 102 y 905 con un valor medio de 258,75 individuos, el menor valor lo presento la estación 6 (Rabo largo) con 102 individuos, el mayor valor lo presentó la estación 5 (Las Pitillas) con 905 individuos, este valor es incrementado por la presencia del genero *Chironomus* con 600 individuos en el segundo muestreo.

Las estaciones 3 , 2 y 1 presentaron valores medio de 253, 231 y 217, cuyos ordenes mas representativos son Hemiptera, Ephemeroptera y Trychoptera. La abundancia de macroinvertebrados por muestreo (Figura 2-67b), osciló entre 198 y 885 con un valor medio de 510 individuos por muestreo.

El segundo muestreo fue el que presento el mayor numero de individuos con un valor de 895, influenciado por una alta abundancia del genero *Chironomus* con 608 individuos. El muestreo N° 1 presento 447 individuos del cual el principal aportante fue el género *Smicridea* con 111 individuos. En el tercer y quinto muestreo se encontraron el menor numero de individuos con 197 y 202 respectivamente.

La abundancia en los coriotopos oscilo entre 171 y 757 individuos con un valor medio de 414. El mayor valor de abundancia se encontró en el coriotopo sedimento con un valor de 757, el menor valor lo presentó el coriotopo raices de vegetales 171, con valores intermedios se encuetran las abundancias de los coriotopos cantos rodados con un valor de 453, seguido de hojarasca con 346 y Epineuston con 343 (Figura 2-68).

La Riqueza en los coriotopos oscilo entre 8 y 24 con un valor medio de 16. El mayor valor de riqueza lo presenta el coriotopo hojarasca con 24, seguido de los coriotopos raices de vegetales con 21 y cantos rodados con 19. Los menores valores lo presentan el coriotopo epineuston con 8 y el coriotopo sedimento con 10 (Figura 2-69).

Tabla 2-18. Distribución espacial de Macroinvertebrados en la cuenca media y baja del Río Cesar.

Orden	Familia	Genero	Veracruz	Río Badillo	Guacochito	Puente Salguero	Pitillas	Rabo Largo	Puente Canoa	El Paso	Total
Odonata	libellulidae	Dythemis	40	36	2	0	11	0	1	4	94
	Gomphidae	Phyllogomphoides	2	0	3	0	2	1	1	0	9
	Coenagrinidae	Acanthagrion	0	0	1	1	0	1	1	0	4
		Ischnura	0	0	7	0	0	0	12	0	19
	calopterygidae	Hetaerina	13	6	1	0	0	3	0	0	23
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Terpides	11	3	20	0	0	0	2	4	40
		Thraulodes	7	0	30	0	1	0	3	0	41
		Traverella	0	0	5	0	1	10	40	0	56
	Oligoneuriidae	sp	3	0	0	0	0	0	0	0	3
		Lachlania	11	11	13	0	5	5	0	0	45
	Tricorythidae	Leptohyphes	11	9	1	2	13	4	0	0	40
		Tricorythodes	30	17	0	4	9	20	8	0	88
	Baetidae	Baetis	6	0	0	0	0	0	0	0	6
		sp	0	2	0	0	74	5	3	0	84
	Pleidae	Paraplea	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Hemiptera	Belostomatidae	Iethocerus	3	0	0	0	0	0	0	0	3
		Belostoma	0	0	0	0	1	1	0	0	2
	Corixidae	Tenogobia	0	0	0	7	23	1	6	10	47
	Naucoridae	Ambrysus	8	6	9	1	1	2	1	1	29
		Limnocois	0	0	2	0	3	0	0	0	5
		sp	1	0	10	0	0	0	0	0	11
		Heleocois	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	hydrometridae	Hydrometra	5	0	0	0	0	0	0	1	6
	Hebridae	Hebrus	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Mesoveliidae	Mesoveloidea	0	3	1	0	0	0	1	0	5
	Gerridae	Trepobates	0	0	2	10	9	5	8	13	47
		Eurygerris	0	0	3	0	0	0	0	0	3
		sp	6	11	2	0	1	0	5	6	31
	vellidae	Rhagovelia	37	36	80	4	12	24	13	17	223
		Rhagoveliinae	0	1	1	0	0	0	0	0	2
	Nepidae	Curicta	0	0	0	1	0	1	1	0	3
Diptera	Tipulidae	Melophilus	2	0	0	0	0	0	0	0	2
		Hexatoma	0	0	2	0	0	0	0	0	2
	Chironomidae	sp	5	1	3	34	602	0	0	15	660
	Simuliidae	Simulium	0	0	0	0	3	0	0	0	3
Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	3	27	10	0	3	0	0	0	43
Megaloptera	Corydalidae	Corydalis	0	0	0	0	0	6	0	0	6
Basommatophora	Planorbidae	Gyrulus	3	0	0	0	0	0	2	26	31

mesogatropoda	Hydrobiidae	sp	0	0	0	0	0	0	0	2	2
	Ampullariidae	Pomacea	2	0	0	0	0	0	1	11	14
Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus	1	2	0	0	2	0	0	0	5
		Berosus	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Elmidae	Phanocerus	2	2	0	0	0	0	0	0	4
		Cylloepus	0	0	1	0	0	0	0	0	1
		sp	2	0	1	0	0	0	0	0	3
	Dytiscidae	Uvarus	0	2	0	0	1	0	0	0	3
	Gyrinidae	sp	0	1	0	0	0	10	7	13	31
Trychoptera	Hydropsychidae	smicridea	1	54	42	0	126	1	0	0	224
Veneroidea	Corbiculidae	polymesoda	0	0	1	0	0	2	3	0	6
Haplotaxida	Tubificidae	sp	0	0	0	0	1	0	1	0	2
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	sp	0	0	0	55	0	0	0	0	55
Total			217	231	253	119	905	102	120	123	2070

Tabla 2-19. Distribución temporal de Macroinvertebrados en la cuenca media y baja del Río Cesar.

Orden	Familia	Genero	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5	Total
Odonata	libellulidae	Dythemis	68	11	4	9	2	94
	Gomphidae	Phyllogomphoides	4	3	2	0	0	9
	Coenagrionidae	Acanthagrion	1	0	1	1	1	4
		Ischnura	17	2	0	0	0	19
	calopterygidae	Hetaerina	5	7	3	6	2	23
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Terpides	22	13	3	0	2	40
		Thraulodes	30	6	0	5	0	41
		Traverella	5	5	5	1	40	56
	Oligoneuriidae	sp	0	0	0	1	2	3
		Lachlania	9	0	5	20	11	45
	Tricorythidae	Leptohyphes	2	2	0	28	8	40
		Tricorythodes	20	43	17	8	0	88
	Baetidae	Baetis	0	6	0	0	0	6
		sp	0	0	55	24	5	84
Hemiptera	Pleidae	Paraplea	0	1	0	0	0	1
	Belostomatidae	Iethocerus	3	0	0	0	0	3
		Belostoma	2	0	0	0	0	2
	Corixidae	Tenogobia	0	20	16	5	6	47
	Naucoridae	Ambrysus	5	17	0	6	1	29
		Limnocris	0	0	0	5	0	5
		sp	0	1	0	10	0	11
		Heleocoris	0	1	0	0	0	1

	hydrometridae	Hydrometra	0	4	2	0	0	6
	Hebridae	Hebrus	0	1	0	0	0	1
	Mesoveliidae	Mesoveloidea	0	4	0	1	0	5
	Gerridae	Trepobates	0	0	0	19	28	47
		Eurygerris	0	0	0	3	0	3
		sp	2	19	9	1	0	31
	veliidae	Rhagovelia	4	80	61	44	34	223
		Rhagoveliinae	2	0	0	0	0	2
	Nepidae	Curicta	0	0	0	2	1	3
Diptera	Tipulidae	Melophilus	2	0	0	0	0	2
		Hexatoma	0	2	0	0	0	2
	Chironomidae	sp	12	617	2	9	20	660
	Simuliidae	Simulium	0	0	3	0	0	3
Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	33	1	0	6	3	43
Neuroptera	Corydalidae	Corydalus	5	1	0	0	0	6
Basommatophora	Planorbidae	Gyrulus	3	0	1	10	17	31
mesogastropoda	Hydrobiidae	SP	0	0	0	0	2	2
	Ampullariidae	Pomacea	1	0	1	2	10	14
Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus	0	5	0	0	0	5
		Berosus	0	1	0	0	0	1
	Elmidae	Phanocerus	4	0	0	0	0	4
		Cylloepus	1	0	0	0	0	1
		sp	1	1	1	0	0	3
	Dytiscidae	Uvarus	3	0	0	0	0	3
	Gyrinidae	sp	12	13	6	0	0	31
Trychoptera	Hydropsychidae	smicridea	111	6	0	101	6	224
Veneroidea	Corbiculidae	polymesoda	3	2	0	0	1	6
Haplotaxida	Tubificidae	sp	0	0	0	2	0	2
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	sp	55	0	0	0	0	55
Total			447	895	197	329	202	2070

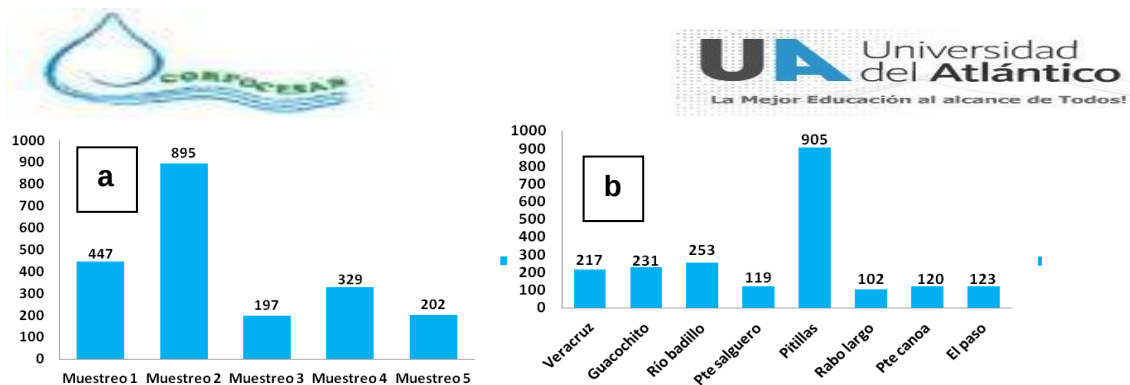


Figura 2-67. Abundancia de Macroinvertebrados por Estaciones (a) y Muestras Realizadas(b).

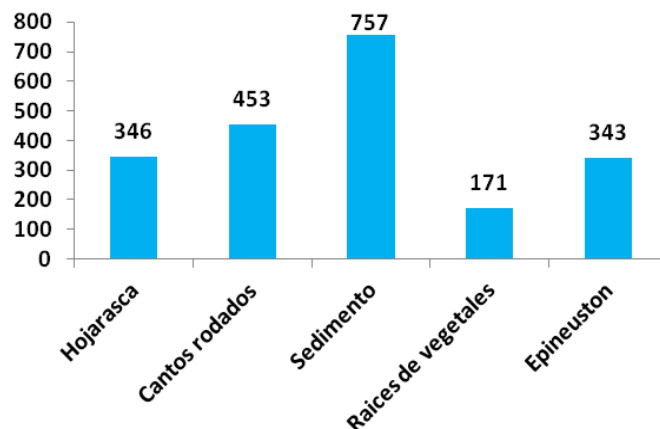


Figura 2-68. abundancia de macroinvertebrados por coriotopos en los 5 muestreos realizados en el río cesar.

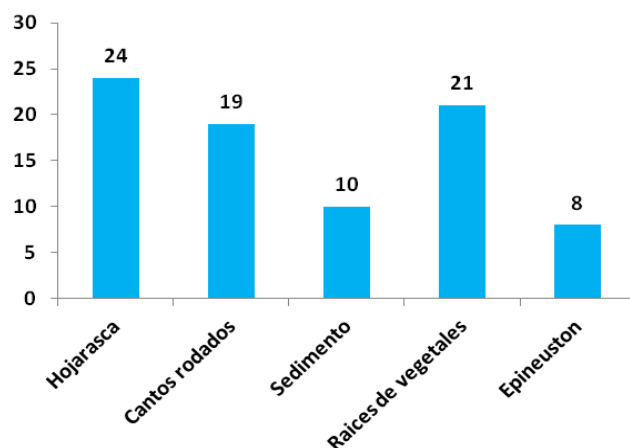


Figura 2-69. Riqueza de macroinvertebrados por coriotopos en los 5 muestreos realizados en el río cesar.

Aplicación del índice BMWPc en el Río Cesar.

En la Tabla 2-20 se observó que el índice BMWPc muestra al río cesar una calidad de agua no contaminada, con una puntuación de 109,625 y una coloración Azul, ubicándolo en la categoría I (Aguas no contaminadas; Tabla 2-20).



La estación 1 (Veracruz) presentó el mayor puntaje (148), ubicándola en la categoría I (aguas no contaminadas, color azul), seguida de la estación 5 (Las pitillas) con 124, estación 6 (Rabo largo) con 123, estación 2 (Rio Badillo) con 119, estación 3 (Guacochito) con 115 y la estación 7 (Puente Canoa) con 113, todas estas dentro de la categoría I de aguas no contaminadas (color azul).

La estación 4 (Puente Salguero) presentó el menor valor del índice (54, color amarillo), ubicándola en la categoría III (calidad dudosa), cuyo significado es de aguas moderadamente contaminadas (Tabla 2-20).

Tabla 2-20. Puntuación del índice BMWPc (Biological Monitoring Working Party Colombia) aplicado para el río Cesar.

ESTACIONES	BMWP/COL	CALIDAD	SIGNIFICADO	COLOR
Veracruz	148	Buena	Aguas no contaminadas	Azul
Río Badillo	119	Buena	Aguas no contaminadas	Azul
Guacochito	115	Buena	Aguas no contaminadas	Azul
Pte. Salguero	54	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
Las Pitillas	124	Buena	Aguas no contaminadas	Azul
Rabo Largo	123	Buena	Aguas no contaminadas	Azul
Pte. Canoa	113	Buena	Aguas no contaminadas	Azul
El Paso	81	Aceptable	Se evidencian efectos de la contaminación	Verde
BMWP/COL TOTAL	109,625	Buena	Aguas no contaminadas	Azul