

Influencia de flujos de agua provenientes de actividades agropecuarias sobre ecosistemas acuáticos pertenecientes al Refugio de Vida Silvestre Cipanci

María Fernanda Arias Araya. Laboratorio para Aguas y Reproducción de Especies Dulceacuícolas (LARED), Universidad Técnica Nacional, Guanacaste, Costa Rica. Tel: 26740290, mfarias@utn.ac.cr

Resumen

Palabras claves

El agua es un recurso natural vital para el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano, por eso cuando se habla de una gestión integrada del recurso hídrico, hay una referencia a la protección de los ecosistemas. En Centroamérica el deterioro de los ecosistemas es una de las causas en la disminución de la calidad y cantidad de agua, por lo que su protección y conservación resulta una acción necesaria para contribuir a la seguridad hídrica a nivel local, nacional y regional. (GWP, 2012)

La biodiversidad es la variedad de formas de vida en todos sus niveles y combinaciones, esto incluye a los ecosistemas, las diferentes especies y sus genes. El agua es un elemento esencial para conservar la biodiversidad, ya que sostiene los complejos ecológicos que permiten la vida. La diversidad de especies de agua dulce es muy alta comparada con la de otros ecosistemas. Los hábitats de agua dulce cubren menos del 1% de la superficie del mundo, sin embargo, son el hogar de más del 25% de todos los vertebrados descritos, más de 126.000 especies conocidas de animales, y de aproximadamente 2.600 plantas macrofitas. (IUCN, 2008)

Los ecosistemas de agua dulce proporcionan muchos bienes y servicios importantes: provisión de alimentos, agua limpia, materiales de construcción, y control de las inundaciones y de la erosión. Los medios de vida de muchas comunidades más pobres dependen de los recursos de los ecosistemas de agua dulce. (IUCN, 2008)

El crecimiento de la población humana junto con el desarrollo industrial y agrícola, ha sometido a los sistemas de agua dulce a una tensión enorme. Altos niveles de extracción de agua, el drenaje de los humedales y la canalización de los ríos, la deforestación que conduce a la sedimentación, la introducción de especies invasoras, y la sobrerrecolección han tenido sin excepción impactos de gran relevancia. Además, el cambio climático, la creciente escasez de agua, y los objetivos del desarrollo como lograr un mayor acceso al agua potable y al saneamiento tendrán repercusiones importantes en el futuro. (IUCN, 2008)

La reducción del caudal del agua o su contaminación ocasiona la pérdida de la biodiversidad, no solamente acuática, sino de las otras especies que la utilizan. Cuando se elimina la vegetación se produce la disminución de la evapotranspiración, la pérdida del agua acumulada en las plantas y la que se retiene en la biomasa y en el suelo, de esta forma se pierden ecosistemas altamente productivos. En los últimos treinta años, el 50% de los ecosistemas de agua dulce se han perdido irreversiblemente debido a actividades productivas que no han tomado en cuenta los servicios ambientales sostenibles. (Flores, 2003)

El análisis del ecosistema acuático para el mejor aprovechamiento del recurso necesita datos georeferenciados y no sólo información relativa a unidades administrativas. Además se necesita un enfoque integral y de ecosistema, considerando que los recursos hídricos son parte de sistemas funcionales (como las cuencas hidrográficas) y deben tenerse en cuenta las

complejas interrelaciones entre los componentes físicos y bióticos. El desconocimiento de la importancia de algunos ecosistemas de agua dulce ha promovido su destrucción y degradación. El vínculo existente entre la utilización de los recursos hídricos y los ecosistemas que abastecen el agua ha sido generalmente ignorado, dificultando su gestión sostenible. (Fernández, 1999).

Durante muchos años, las áreas protegidas han sido consideradas como instrumento esencial para la conservación de la biodiversidad. El impacto del cambio climático les confiere ahora una función renovada como instrumento de adaptación frente a un clima cambiante. A este respecto, su importancia es triple:

- al proporcionar a las especies refugio y corredores de migración, las áreas protegidas les ayudan a adaptarse al paulatino del cambio climático y a los fenómenos climáticos repentinos;
- al proteger a las personas de los fenómenos climáticos repentinos, las áreas protegidas reducen su vulnerabilidad frente a las inundaciones, sequías y otros desastres ocasionados por el clima;
- de un modo indirecto, al reducir los costos de los impactos negativos relacionados con el clima, las áreas protegidas permiten a las economías adaptarse al cambio climático

Ante un clima cambiante, las áreas protegidas cobrarán una importancia aún mayor como zonas seguras que ofrecen a la biodiversidad unos hábitats de buena calidad y menos vulnerables a las condiciones climáticas extremas. Estas áreas constituirán refugios para las especies amenazadas y reservorios de genes de gran valor. También será importante proteger los paisajes de referencia, que son ecosistemas que sirven para planificar las intervenciones y evaluar los resultados de la restauración (Sayer, 2005).

Las áreas protegidas, que ayudan al mantenimiento de los ecosistemas naturales, contribuyen a la protección física contra las grandes calamidades, cuyo número, según las predicciones, habrá de aumentar a la par con el cambio climático (Scheuren et al., 2007). Aunque las dimensiones de los desastres dependen por lo general de una suma de factores (por ejemplo, la reglamentación en materia de edificación o el uso de la tierra), en muchos casos los impactos podrían ser menores si el ecosistema es objeto de mantenimiento y el bosque está sujeto a medidas de protección. Los manglares costeros, los arrecifes de coral y las llanuras inundables suelen hacer las veces de zonas tampón que defienden tierras, comunidades e infraestructuras contra los peligros naturales.

En un mundo futuro que sufrirá estrés ocasionado por el cambio climático, la pertinencia de las áreas protegidas como lugares viables dependerá de si las comunidades –tanto las que viven dentro de su perímetro como las que dependen de ellas– puedan satisfacer directamente sus necesidades vitales gracias a dichas áreas.

La calidad del agua puede ser alterada como consecuencia de las actividades humanas o fenómenos naturales que produzcan efectos adversos y cambien su valor fisicoquímico o ecológico. De tal modo, cualquier alteración de la calidad física, química o biológica del agua, que provoque un efecto inaceptable de su utilidad o valor ecológico, es considerada como contaminación del agua. Un contaminante es el factor o la sustancia que provoca esa alteración. La contaminación de las aguas puede ser causada por: contaminación de la atmósfera, que va a modificar la calidad de las aguas de lluvia y la superficie del suelo que afectará las aguas de escurrimiento, los usos de los suelos (agropecuarios, urbano, construcción de obras, etc.), la disposición libre de desechos sólidos y líquidos, derrames accidentales de materiales en el agua, etc., y puede ser causada por las aguas residuales (Guzman, 1997).

Para mitigar las amenazas e informar sobre la mejor planificación del desarrollo y la conservación, se necesita saber el estado actual del recurso hídrico, lo importantes que es para los medios de vida humanos y para el funcionamiento de los ecosistemas, y las amenazas latentes. Con base a todo lo anterior el laboratorio de calidad de aguas pretende obtener la información sobre la calidad de las aguas en áreas silvestres protegidas que se encuentran afectadas por el tramo medio-bajo de la cuenca Arenal Tempisque y así evaluar el riesgo del recurso sobre los ecosistemas.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio. El Refugio de Vida Silvestre Cipanci fue creado mediante decreto N° 29398- MINAE del 28 de marzo del 2001; tiene una extensión aproximada de 3.500 hectáreas, junto al humedal laguna Madrigal (600 has) y finca los Naranjos (275 has), y el área de influencia, suma un total de 13.375 hectáreas. Ubicado entre los cantones de Nicoya y Cañas de la provincia de Guanacaste, y comprende la mayoría de áreas de manglar y los espejos de agua del Río Bebedero hasta la confluencia del Lajas, así mismo desde la Isla del Toro en la desembocadura del Río Tempisque hasta la desembocadura del Río Charco.

El área de la cuenca de Bebedero posee un área de alrededor de 2068,33 Km², abarca un perímetro 652,42 Km. La altitud máxima de la cuenca oscila en 2.020,00 m.s.n.m, mientras que su altitud mínima 0,00 m.s.n.m. Tiene una longitud de cauce de 72,15 Km con una pendiente media del cauce de 4,01 %.

Sitios de muestreo. Se evaluaron 10 sitios de muestreo (cuadro1) tomando en cuenta los ríos y canales que drenan la cuenca media-baja del río Bebedero y forman parte del territorio del Regugio de Vida Silvestre Cipanci. La selección de los sitios se basó en la identificación de los posibles focos de contaminación puntual en los cuerpos de agua.

Cuadro 1. Posicionamiento geográfico de los sitios de muestreo

Estación	Identificación	Ubicación GPS
PRS	Salida porosal	N10°16.223' W085°13.225'
ROB	Estero Roberto	N10°17.299' W085°12.437'
BBA	Sobre el río Bebedero	N10°18.370' W085°12.900'
GUC	Canal Guacimada	N10°18.768' W085°12.516'
LJA	Estero Lajas (arriba)	N10°18.364' W085°12.569'
LJB	Estero lajas (abajo)	N10°18.982' W085°12.459'
BBB	Sobre el río Bebedero	N10°19.181' W085°12.427'
MNG	Mango Seco	N10°19.425' W085°12.260'
RHZ	Rancho Horizonte	N10°20.127' W085°12.697'
RCN	Río Cañas	N10°20.086'

Frecuencia del muestreo. Se realizaron en total seis muestreos: uno en época seca (abril), uno en transición seca-lluviosa (mayo), uno en veranillo (agosto), dos en época lluviosa (setiembre y octubre) y uno en transición lluviosa seca (noviembre).



Figura 1. Localización de los puentes de muestreo. Fuente: Google Earth, 2013

Recolección y conservación de muestras. Se recolectaron muestras simples comenzando por la parte baja de la cuenca (de PRS a RCN) entre las 6:00 y 12:00 horas, siguiendo los protocolos del Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA et al, 2005). Se realizaron mediciones in situ de OD, PSO, conductividad, pH, salinidad, SDT y temperatura utilizando una multisonda YSI.

En cada muestreo se recolectaron 20 muestras, las primeras 10 en galones de plástico de 3,7 L y las 10 restantes en botellas de 1L previamente lavadas con HNO₃ 1+1; ambas fueron conservadas a temperaturas entre 4-10°C y fueron transportadas al laboratorio de Calidad de Aguas, LARED para sus respectivos análisis (cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros establecidos para medición en la red de monitoreo

Parámetro de medición de campo (In-situ)	pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto, salinidad, SDT
Parámetros determinados en el laboratorio	
Físicos	Turbidez, Sólidos sedimentables y suspendidos.
Químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Amonio, Fosfatos y Nitratos.

Criterios de evaluación. La calidad del agua se evaluó mediante el índice holandés (cuadro 3), este incorpora los parámetros PSO, DBO y amonio. La clasificación se basó en el total de puntos obtenidos por cada uno de los parámetros según el cuadro 4. Se observó el comportamiento de los diferentes parámetros según las épocas muestreadas.

Cuadro 3. Asignación de clases de calidad del agua según el Sistema Holandés de codificación por colores, basado en PSO, DBO, NH₄⁺-N.

Clase	Promedio de puntos	Interpretación de calidad	Código de color
1	3	Sin Contaminación	Azul
2	4-6	Contaminación Incipiente	Verde
3	7-9	Contaminación Moderada	Amarillo
4	10-12	Contaminación Severa	Anaranjado
5	13-15	Contaminación muy severa	Rojo

Fuente: Presidencia de la República, Ministerio de Salud, Ambiente y Energía de Costa Rica 2007.

Cuadro 4. Asignación de puntajes según el Sistema Holandés de Valoración de la Calidad Físicoquímica del agua para cuerpos receptores

Puntos	PSO (%)	DBO (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)
1	91-100	≤3	<0,50
2	71-90; 111-120	3,1-6,0	0,50-1,0
3	51-70; 121-130	6,1-9,0	1,1-2,0
4	31-50	9,1-15	2,1-5,0
5	≤30 y >130	>15	>5,0

Fuente: Presidencia de la República, Ministerio de Salud, Ambiente y Energía de Costa Rica 2007.

RESULTADOS

Los resultados de los parámetros físico-químicos de agua en el Refugio de Vida Silvestre Cipanci obtenidos en cada uno de los muestreos se presentan en los apéndice 1 y 2. Se reporta el promedio y la desviación estándar de cada parámetro.

Cuadro 3. Valores promedios en cada punto de muestreo de flujos de agua superficial.

Punto de muestreo	Parámetro	T(°C)	pH	Cond (µS/cm)	sal (ppt)	turb (NTU)	PSO (%)	OD (ppm)	DBO 5,20 (ppm)	DQO (ppm)	NH ₄ (ppm)	P (ppm)	NO ₃ (ppm)	SSED (mL/L)	SSUST (ppm)
PRS	Valor														
	PROMEDIO	26.98	6.41	260	0.12	66.8	74.1	5.86	6	84	0.057	0.224	0.032	0.43	161
	Min	26.19	5.60	146	0.07	23.5	62.1	5.01	4	10	0.042	0.048	0.026	0.30	106
	Máx	28.24	7.14	405	0.18	109.0	83.3	6.62	9	295	0.088	0.470	0.040	0.55	304
	Desviación estándar	0.77	0.59	96	0.04	30.6	7.9	0.58	2	119	0.019	0.169	0.007	0.12	82
ROB	Valor														
	PROMEDIO	27.52	6.29	259	0.12	41.2	51.2	4.82	4	39	0.063	0.154	0.0143	0.29	122
	Min	26.72	5.46	195	0.09	8.5	20.3	3.37	3	12	0.050	0.135	0.0100	0.20	36
	Máx	29.13	6.81	398	0.18	81.3	78.3	5.96	7	117	0.093	0.207	0.0170	0.40	274
	Desviación estándar	0.97	0.60	82	0.04	32.9	22.2	1.14	2	44	0.017	0.030	0.0034	0.10	99
BBA	Valor														
	PROMEDIO	26.64	6.44	210	0.09	26.4	79.3	6.30	7	11	0.067	0.107	0.0230	0.23	113
	Min	25.85	5.48	146	0.06	8.6	70.5	5.72	3	4	0.033	0.059	0.0200	0.10	16
	Máx	27.48	6.94	290	0.13	47.7	88.7	6.93	11	19	0.121	0.158	0.0310	0.40	217
	Desviación estándar	0.61	0.65	61	0.03	18.2	6.7	0.46	4	5	0.033	0.042	0.0048	0.15	72
GUC	Valor														
	PROMEDIO	27.08	6.55	359	0.16	27.0	52.0	4.10	5	20	0.064	0.294	0.0204	0.19	94
	Min	26.28	5.75	169	0.07	7.3	28.4	2.27	3	7	0.030	0.091	0.0150	0.05	61
	Máx	27.60	7.06	626	0.29	65.2	72.4	5.65	8	37	0.093	0.550	0.0302	0.40	152
	Desviación estándar	0.53	0.56	181	0.09	24.0	16.5	1.28	2	11	0.023	0.181	0.0059	0.15	39
LJA	Valor														
	PROMEDIO	27.40	6.62	346	0.16	20.1	46.8	3.66	6	46	0.067	0.225	0.0352	0.21	64
	Min	26.80	5.59	195	0.09	8.3	25.1	2.01	3	13	0.050	0.154	0.0200	0.10	24
	Máx	27.94	7.08	522	0.24	56.7	68.6	5.34	10	148	0.079	0.319	0.0760	0.30	128
	Desviación estándar	0.52	0.64	118	0.05	20.6	17.3	1.33	3	58	0.011	0.070	0.0272	0.10	40
LJB	Valor														
	PROMEDIO	27.34	6.70	307	0.14	22.5	57.7	4.55	5	27	0.129	0.199	0.0344	0.17	72
	Min	25.69	5.50	170	0.07	10.1	35.5	2.76	3	5	0.065	0.080	0.0200	0.05	43
	Máx	28.13	7.30	502	0.23	54.7	73.8	6.01	8	61	0.365	0.307	0.0780	0.35	128
	Desviación estándar	1.01	0.76	125	0.06	18.4	16.6	1.36	2	21	0.132	0.100	0.0245	0.12	34
BBB	Valor														
	PROMEDIO	26.87	6.91	197	0.09	25.0	84.2	6.66	5	48	0.052	0.143	0.0310	0.20	79
	Min	25.64	5.62	153	0.07	7.3	76.7	6.25	3	4	0.025	0.074	0.0180	0.10	20
	Máx	27.93	7.76	242	0.11	51.7	91.2	7.03	6	123	0.067	0.207	0.0400	0.40	186
	Mediana	26.58	7.01	197	0.09	21.0	85.1	6.77	4	47	0.054	0.160	0.0330	0.10	42
	Desviación estándar	0.92	0.84	40	0.02	17.2	5.6	0.31	1	46	0.016	0.057	0.0096	0.17	69
MNG	Valor														
	PROMEDIO	27.41	6.73	470	0.22	6.4	51.7	4.06	3	40	0.091	0.414	0.0277	0.08	45
	Min	26.77	5.54	163	0.07	3.4	25.6	2.08	3	17	0.045	0.097	0.0170	0.05	24
	Máx	28.24	7.48	707	0.33	9.4	79.3	6.12	4	63	0.142	0.620	0.0540	0.10	72
	Desviación estándar	0.66	0.79	262	0.13	2.3	19.8	1.51	0	19	0.037	0.224	0.0176	0.03	19
RHZ	Valor														
	PROMEDIO	27.26	6.91	286	0.13	22.2	62.0	4.91	5	43	0.050	0.146	0.0227	0.19	72
	Min	25.61	5.57	156	0.07	12.8	24.4	1.94	4	8	0.019	0.084	0.0100	0.05	44
	Máx	29.19	7.85	403	0.19	29.2	87.5	6.91	8	84	0.066	0.260	0.0330	0.40	104
	Desviación estándar	1.28	0.84	95	0.05	7.1	26.8	2.17	2	37	0.018	0.073	0.0117	0.15	25
RCN	Valor														
	PROMEDIO	27.04	6.91	177	0.08	31.4	90.6	7.16	9	51	0.060	0.207	0.0574	0.40	117
	Min	25.01	5.67	140	0.06	10.0	87.6	6.84	4.66	25	0.029	0.167	0.023	0.10	48
	Máx	29.92	7.76	198	0.09	75.2	93.4	7.41	13	94	0.106	0.260	0.11	1.20	286
	Desviación estándar	2.026	0.78	23	0.01	26.19	2.8	0.205	3.771	26.52	0.029	0.036	0.0373	0.46	97



Figura 2. Calidad del agua según el índice holandés en el Refugio de Vida Silvestre Cipanci. I. Época seca, II. Transición Seca-lluviosa, III. Veranillo, IV. Época lluviosa y V. Transición lluviosa-seca

DISCUSIÓN

Las aguas residuales presentan un complejo de sustancias orgánicas e inorgánicas, su composición es variable y va a depender del tipo de actividad que se realice. La cuenca media del Bebedero es el área en la cual convergen la mayor actividad humana, tanto doméstica como agropecuaria, esto ocasiona un mayor deterioro del cuerpo de agua, ya que en su mayoría se encuentran cercanas al cauce principal del río y este es el cuerpo receptor de actividades como la producción arroz, caña de azúcar, crianza de ganado y actividad doméstica.

La interpretación del valor de la temperatura del agua debe realizarse relacionándola con la temperatura ambiente en el lugar y momento de la medida. Las variaciones de temperatura (figura 3) se se debieron a factores como: hora del día, estación y profundidad del agua.

Cuando la temperatura aumenta contribuye a una disminución de la concentración de oxígeno disuelto.

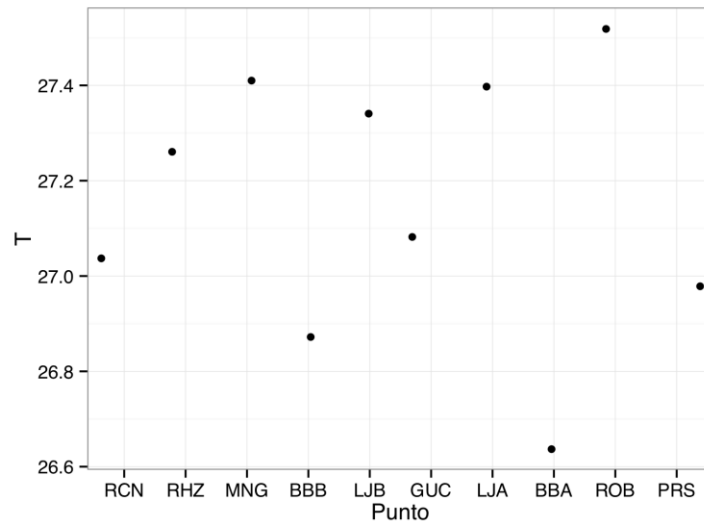


Figura 3. Concentración promedio de temperatura (°C) obtenida en cada sitio de muestreo

El rango de pH en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman, debe estar entre 6,5 y 8,5, por lo cual si este valor es alterado, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbados y/o inhibidos. En la figura 4 se muestra que los puntos comprendidos entre RCN (río Cañas) y LJA (río Lajas arriba) se encuentran dentro de este rango mientras que los sitios BBA (sobre río Bebedero), ROB (Estero Roberto) y PRS (Salisa Porosal) se encuentran por debajo de 6,5, por lo que puede haber arrastre superficial que contribuye a aumentar la acidez del agua.

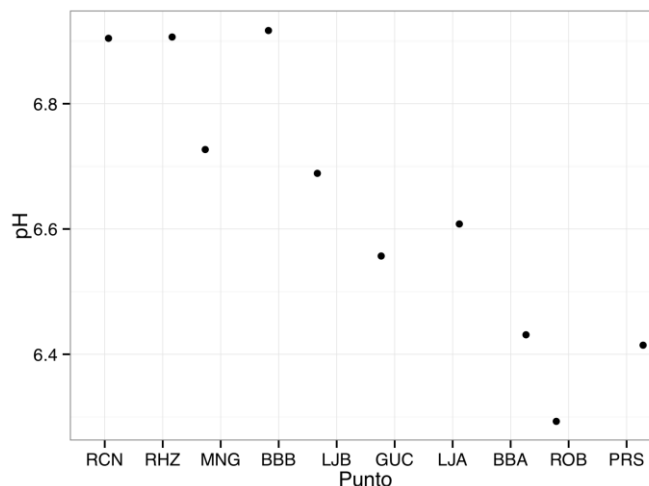


Figura 4. Concentración promedio de pH obtenida en cada sitio de muestreo.

Cada cuerpo de agua tiene un rango relativamente constante de conductividad, que una vez conocido, puede ser utilizado como línea de base para comparaciones con otras determinaciones puntuales. Cambios significativos pueden ser indicadores eventos puntuales de contaminación. En la figura 5 se observa que los niveles bajo de conductividad se encuentran en los cuerpos naturales (RCN, BBA y BBB), mientras que el resto de sitios tienen valores por arriba de los 250 uS/cm, cuanto mayor sea la conductividad del agua,

mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella, esto se refleja según el método estadístico de Pearson en la cual se obtuvo una correlación entre las variables de sólidos disueltos y conductividad medidos en el estudio ($r=0.9924$, $n=10$, $p= 0.0001$).

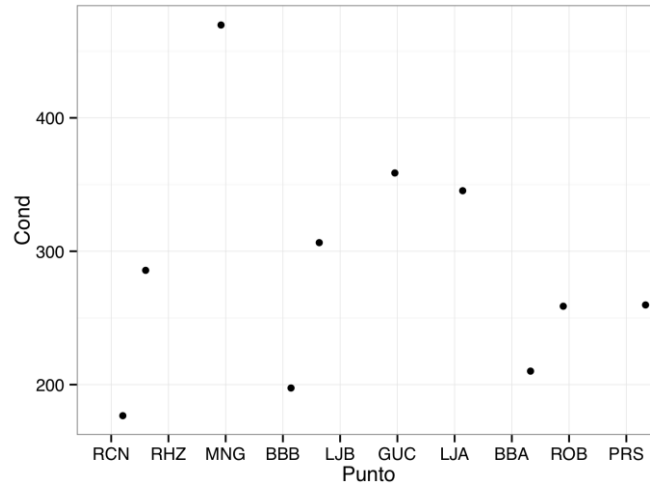


Figura 5. Concentración promedio de conductividad (uS/cm) obtenida en cada sitio de muestreo.

El origen de la salinidad en los ríos puede ser natural, debido a la geología del terreno o a la climatología, o antropogénico, es decir, generada por vertidos domésticos e industriales, por la actividad minera o por residuos agrícolas y ganaderos.

La salinidad es una condición ambiental que influye en la distribución, la abundancia y el desarrollo de los organismos. Las aguas dulces se caracterizan por tener menos de 0,2 ppt. En la figura 6 se observa que el único sitio que sobrepasa 0,2 ppt es el canal de Mango Seco que a su vez según la figura 5 presenta alta conductividad, esto podría inferir que existe un posible contaminación puntual en este sitio.

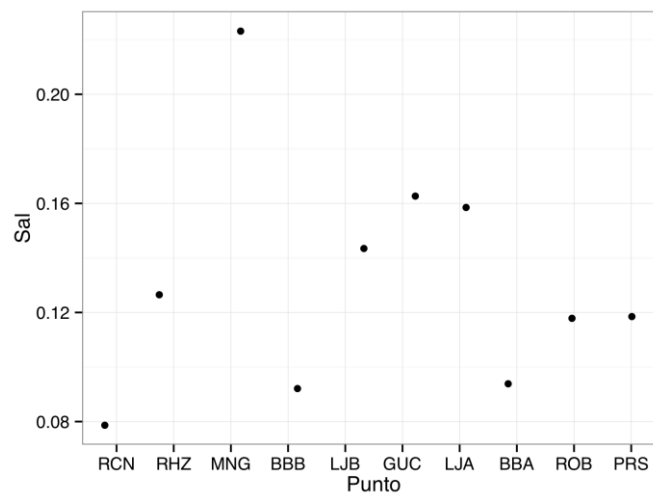


Figura 6. Concentración promedio de salinidad (ppt) obtenida en cada sitio de muestreo.

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión (arena, arcilla y otros materiales). El valor máximo de concentración de turbidez es de 50 NTU, en la figura 7 se observa que PRS tiene valores superiores. El fitoplancton, partículas de suelo (tierra) suspendidas en el agua de la erosión, sedimentos depositados en el fondo, descargas directas a cuerpos de agua (desagües), crecimiento de las algas y escorrentía urbana son parámetros que influyen en el aumento de la turbidez, el cual debe ser controlado ya que las partículas en suspensión dispersan la luz, disminuyen la actividad fotosintética en plantas y algas, y esto contribuye a la disminución de la concentración de oxígeno.

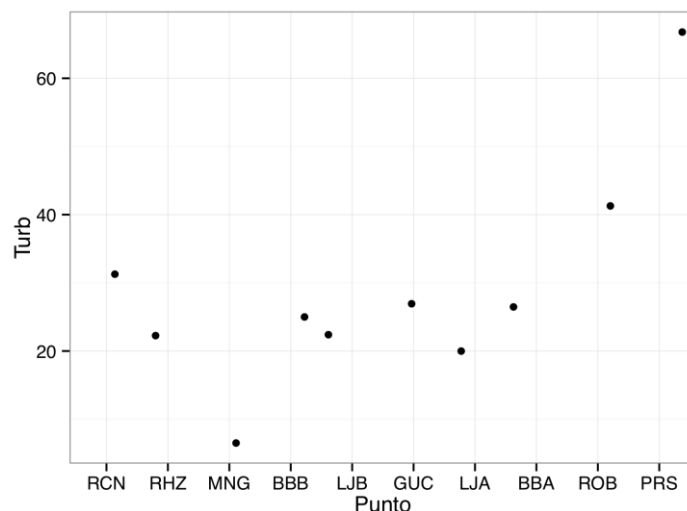


Figura 7. Concentración promedio de turbidez (NTU) obtenida en cada sitio de muestreo.

La existencia de oxígeno disuelto en los cursos de agua es esencial para el mantenimiento de la vida de la mayoría de los organismos acuáticos incluyendo los peces. La solubilidad del oxígeno depende en forma importante de la temperatura, se ha establecido que niveles inferiores a 5 mg/L contribuyen a un estrés ecológico en las aguas.

En la figura 8 se observa que RCN, BBB y BBA cuentan con niveles superiores a 6 mg/L, PRS alrededor de 5,7 mg/L, los canales RHZ, MNG, LJB, GUC y ROB entre 5 y 4 mg/L, por último LJA con niveles inferiores a 4 mg/L.

Los niveles bajos de OD se encuentran en áreas donde el material orgánico (vertidos y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren oxígeno para descomponer desechos orgánicos y, por lo tanto, disminuyen el oxígeno del agua.

La demanda química de oxígeno (DQO)^[1] es una medida del oxígeno consumido para descomponer la materia orgánica a través de oxidación química en condiciones agresivas. Su valor proporciona una idea del total de materia orgánica y sustancias oxidables presentes en el agua.

El Reglamento de Clasificación y Evaluación de cuerpos de agua, diferencia los tipos de ríos según la concentración de DQO en: clase 1 (DQO < 20 mg/L), clase 2 (DQO 20- <25 mg/L), clase 3 (DQO 25-<50 mg/L) y clase 4 (DQO 50-<100 mg/L). Por lo tanto (figura 10), el sitio BBA es clase 1, LJB y GUC clase 2, RCN, RHZ, MNG, BBB, LJA y ROB son clase 3 y PRS es de clase 4.

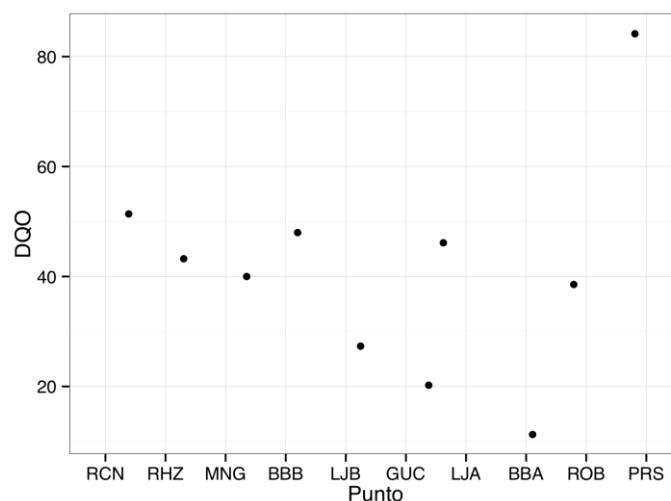


Figura 10. Concentración promedio de la demanda química de oxígeno (mg/L) obtenida en cada sitio de muestreo

La actividad productiva de caña de azúcar tiene esencialmente dos fuentes de contaminación del agua: la fija y la difusa. La primera, asociada a la producción de los derivados de la caña de azúcar (melazas, azúcar y etanol, principalmente), y que se ubica en descargas puntualmente localizadas en un emisor o en un efluente y afecta al cuerpo receptor en parámetros como DBO, DQO y sólidos suspendidos totales; y la segunda está relacionada con el cultivo propiamente dicho. Una preocupación que surge es la presión por el incremento de los niveles de contaminación del suelo y el agua asociados a la producción creciente de vinazas como principal subproducto de la fabricación de etanol. Si bien la vinaza tiene un importante uso potencial como abono, también tiene un alto potencial contaminante por su riqueza en cationes metálicos, como el potasio y el magnesio.

La presencia y magnitud de materia orgánica refractaria en el río, la cual es cuantificada dentro de la DQO, pero su estimación gruesa se logra por la diferencia con la DBO5. La materia orgánica refractaria hace referencia a los compuestos orgánicos de difícil degradación biológica, que normalmente son los agroquímicos utilizados para el control de plagas y malezas (i.e., herbicidas, insecticidas, fungicidas). Es importante recordar que los agroquímicos se aplican a los cultivos y una gran fracción de los mismos puede terminar depositada en los suelos. Es, por lo tanto, a través de la precipitación y la subsecuente escorrentía superficial agrícola, que toda esta carga contaminante termina en los cauces de agua como contaminación de origen difuso.

El amonio es una forma reducida de nitrógeno que contribuye, junto con otros estados de

oxidación del nitrógeno, al contenido de nitrógeno total. El nitrógeno es un nutriente fundamental para las plantas y otros organismos vivos; en alta concentración puede producir eutrofización en los cursos de agua. A su vez, en alta concentración es tóxico para los organismos acuáticos.

En la figura 11 se observa que en el sitio RCN y RHZ los niveles son inferiores a 0.07mg/L, en MNG se evidencia un aumento hasta 0.09 mg/L pero disminuye en BBB y aumenta hasta 0.13mg/L en LJB, posteriormente se observa como conforme se baja en el cauce la concentración aumenta. Es importante aclarar que estas concentraciones no comprometen el ecosistema acuático.

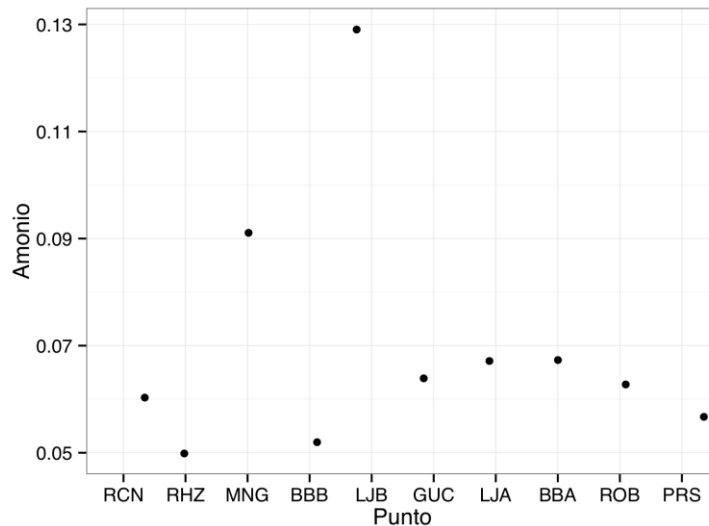


Figura 11. Concentración promedio de amonio (mg/L) obtenida en cada sitio de muestreo

El fósforo es un nutriente esencial para los organismos vivos; en aguas frescas y sistemas marinos está sujeto a procesos de transformación continua que incluyen consumo o desprendimiento del elemento en sus diferentes formas o especies. Las fuentes antropogénicas puntuales incluyen las aguas servidas domésticas e industriales; las fuentes no puntuales están asociadas con la escorrentía de áreas agrícolas y domésticas. (Rodríguez *et al*, 2009). En los datos obtenidos en este estudio, las concentraciones se encuentran por debajo de 1 mg/L (figura 12), por lo que no representa un riesgo para la degradación de los cuerpos de agua.

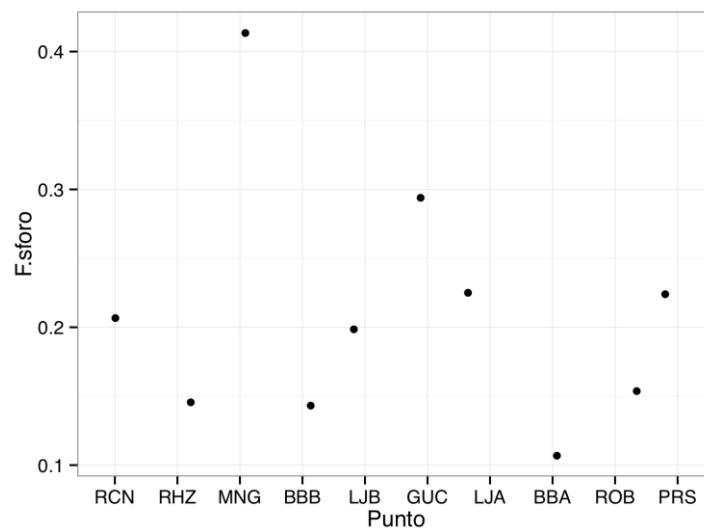


Figura 12. Concentración promedio de fósforo (mg/L) obtenida en cada sitio de muestreo

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye a los nitratos entre los componentes del agua que pueden ser nocivos para la salud, son peligrosos para concentraciones superiores a 50 mg/L. En los resultados obtenidos los valores se encuentran muy por debajo del máximo y en algunos casos por debajo del límite de cuantificación del método.

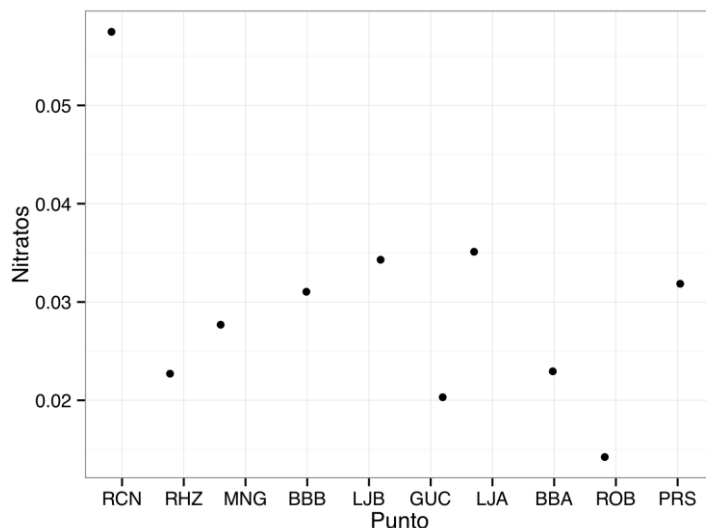


Figura 13. Concentración promedio de nitratos(mg/L) obtenida en cada sitio de muestreo

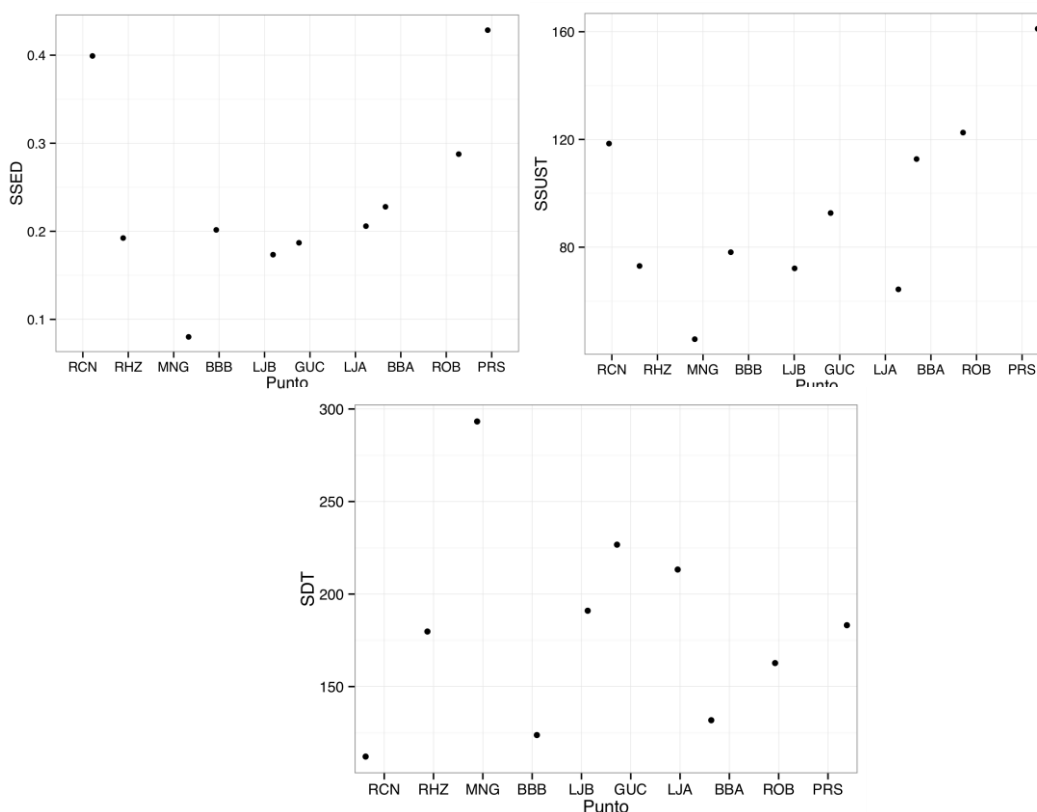


Figura 14. Concentración promedio de sólidos obtenida en cada sitio de muestreo

La determinación de sólidos es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, y afectando consecuentemente la producción de oxígeno en los cuerpos de agua.

Los índices de calidad del agua permite la valoración general del cuerpo de agua mostrando la variación espacial y temporal por medio de una fácil interpretación de categorías. Se calculó el Índice Holandés de calidad de agua para cada sitio muestreado, y para cada estación, obteniendo así la clase de cuerpo superficial resultante para cada punto tomando en cuenta los parámetros de porcentaje de saturación de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno y amonio. Se determinó el grado de contaminación en cada sitio, según el puntaje obtenido. En la figura 2 se observa según el código de color la calidad del agua en cada punto muestreado.

CONCLUSIONES

De la evaluación realizada en el cauce principal, se puede concluir que las actividades agrícolas principalmente la actividad lechera y el cultivo de caña de azúcar afectan la calidad del recurso hídrico en variables tales como OD, DBO, sólidos disueltos

Los hogares domésticos, las industrias y prácticas agrícolas que producen aguas residuales puede causar la contaminación de los ríos si no se controla.

REFERENCIAS

- Fernández, A. 1999. Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. CYTED
- Flores Bedregal Teresa. 2003. El Agua y la Biodiversidad. Revista Pulso-La Paz, Bolivia. (Online:<http://biodiversityreporting.org>)
- GWP. 2012. Trabajando juntos por la gestión sostenible del agua. Centroamérica. Honduras
- Herrera, B., Finegan, B. 2008. La planificación sistemática como instrumento para la conservación de la biodiversidad: Experiencias recientes y desafíos en Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente. 54: 4-13
- Guzmán, A.M., 1997. Las Aguas Superficiales del Estado de Jalisco. Diagnóstico. Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Jalisco. Marco Físico. Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara. Guadalajara. 125 pp.
- IUCN, 2008. La biodiversidad de agua dulce- Un recurso Escondido y amenazado. (Online:http://cmsdata.iucn.org/downloads/freshwater_biodiversity_a_hidden_resource_under_threat_factsheet_sp.pdf)
- Pacheco, A., Ham Chi., Springall, R. 2006. Diagnóstico de la calidad del agua en la subcuenca del Río Sedeño. Consejo del Sistema Veracruzano del Agua. pp 6
- Rodríguez, S., Martínez, G. 2009. Calidad de Agua de Uso Agropecuario en el Ambito de la Provincia de Corrientes. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. PI 94/06.

Sayer, J. 2005. Goals and targets of forest landscape restoration. EnS. Mansourian, D. Vallauri y N. Dudley, eds. Forest restoration in landscapes: beyond planting trees, pp. 101–108. Nueva York, EE.UU. Springer.

Scheuren, J.-M., le Polain de Waroux, O., Below, R., Guha-Sapir, D. y Ponserre, S. 2007. Annual disaster statistical review: the numbers and trends 2007. Bruselas, Bélgica, Centro para la Investigación de la Epidemiología de los Desastres.

Apéndice 1. Comportamiento de los parámetros en cada sitio según la época de muestreo.

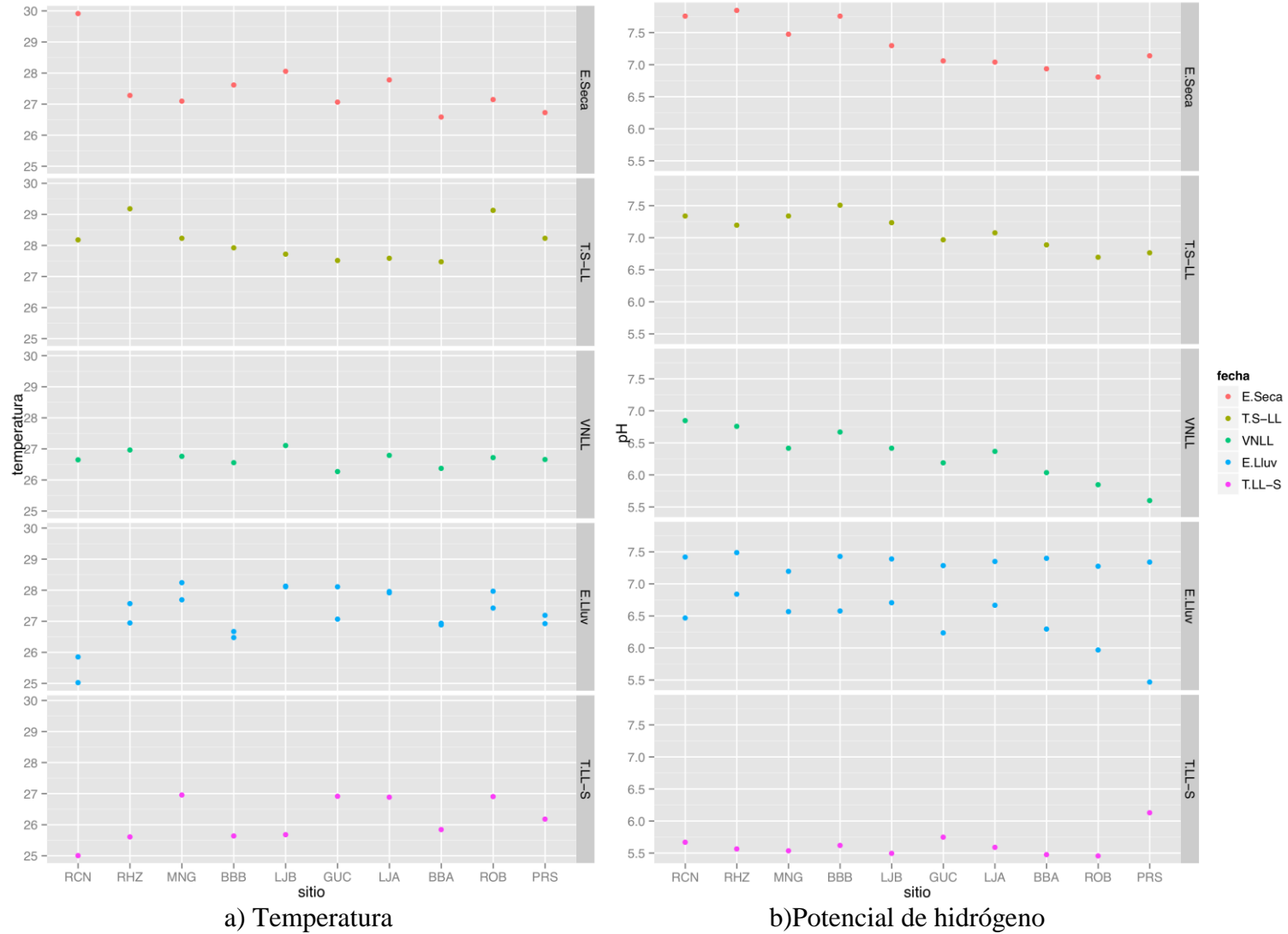


Figura 2. Gráfico de temperatura (°C) y pH obtenidos en los puntos de muestreo in situ realizados según época.

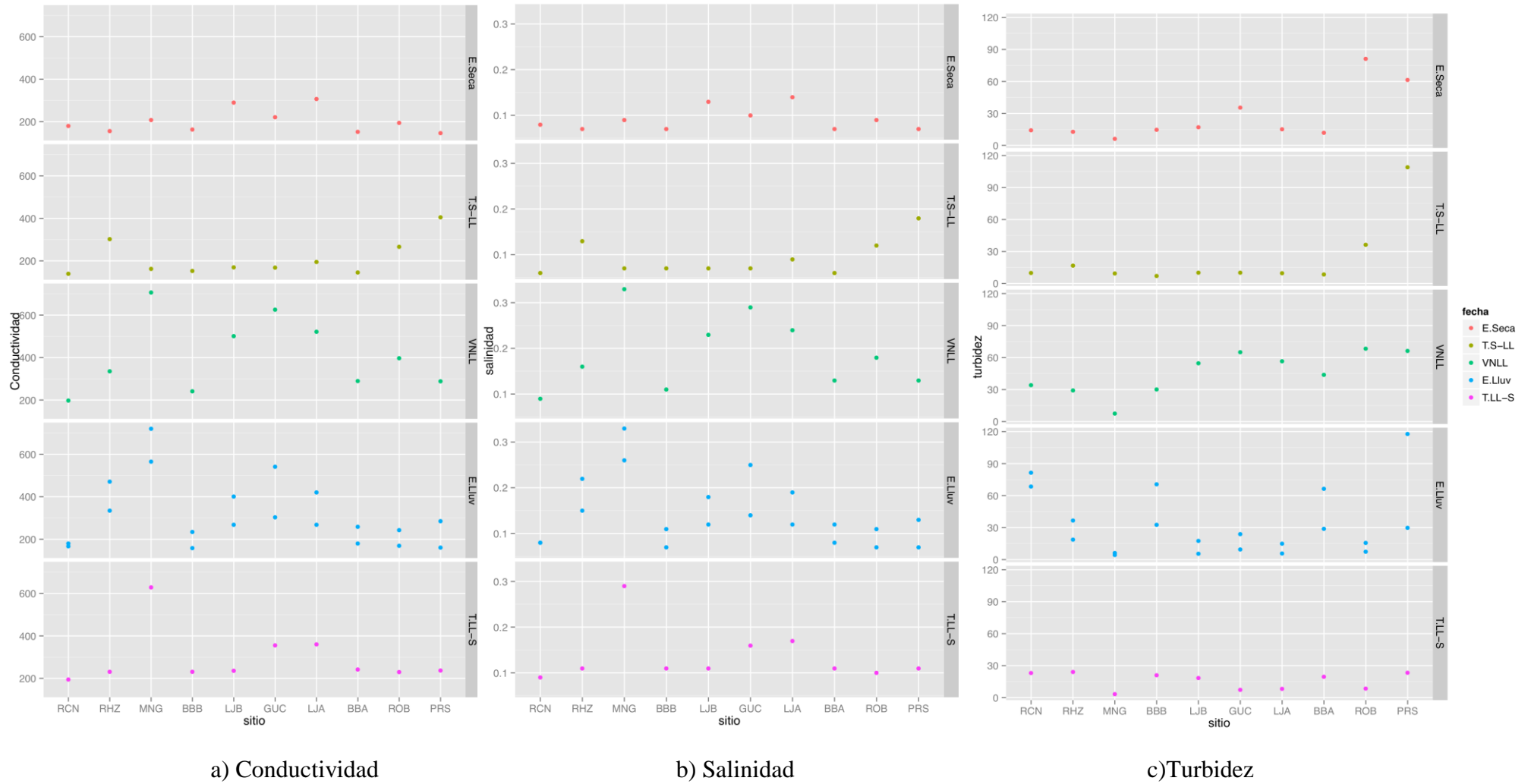


Figura 3. Gráfico de conductividad (us/cm) , salinidad (ppt) y turbidez (NTU) obtenidos en los puntos de muestreo in situ realizados según época.

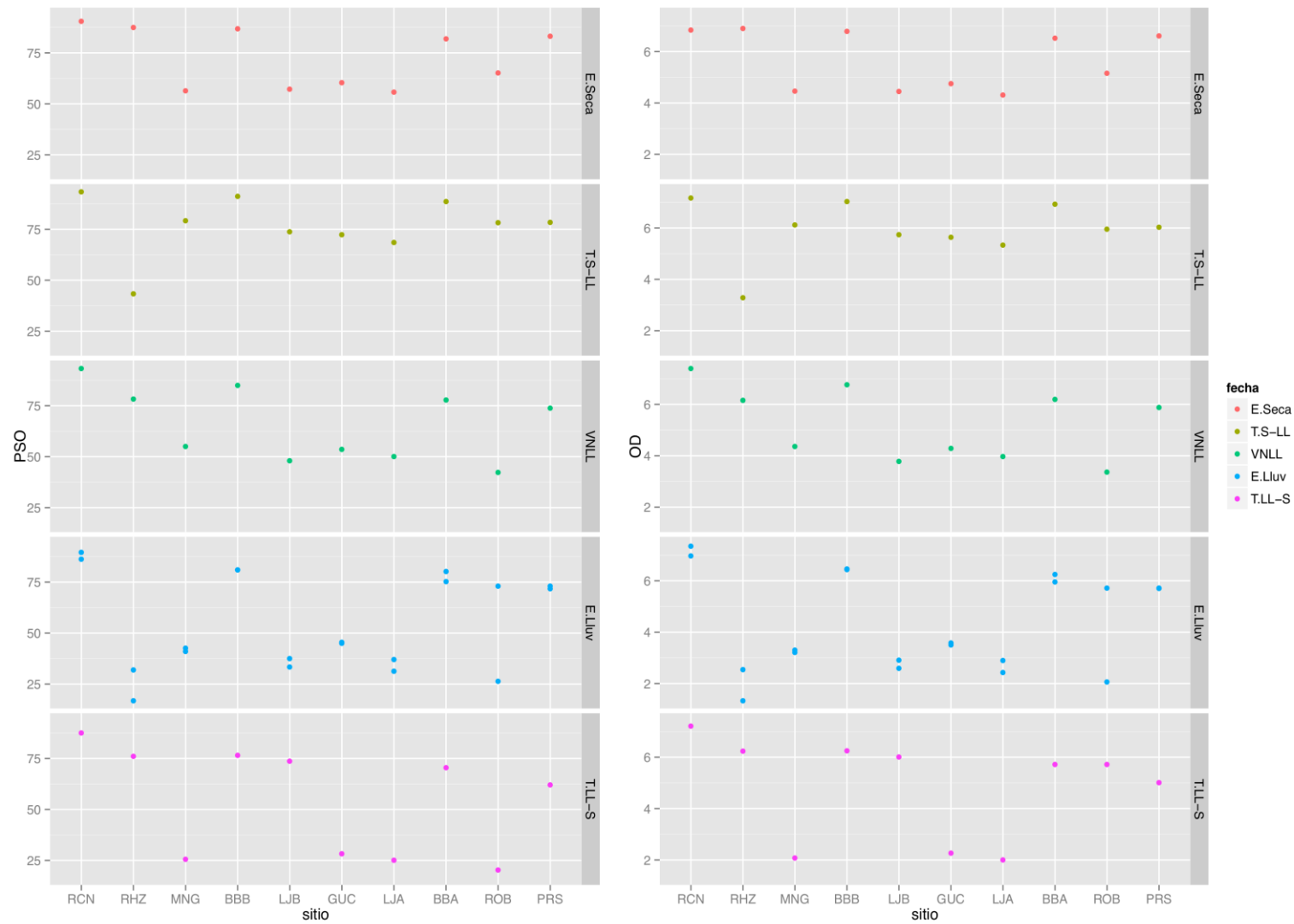


Figura 4. Gráfico de Porcentaje de saturación de oxígeno (%) y oxígeno disuelto (mg/L) obtenidos en los puntos de muestreo in situ realizados según época.

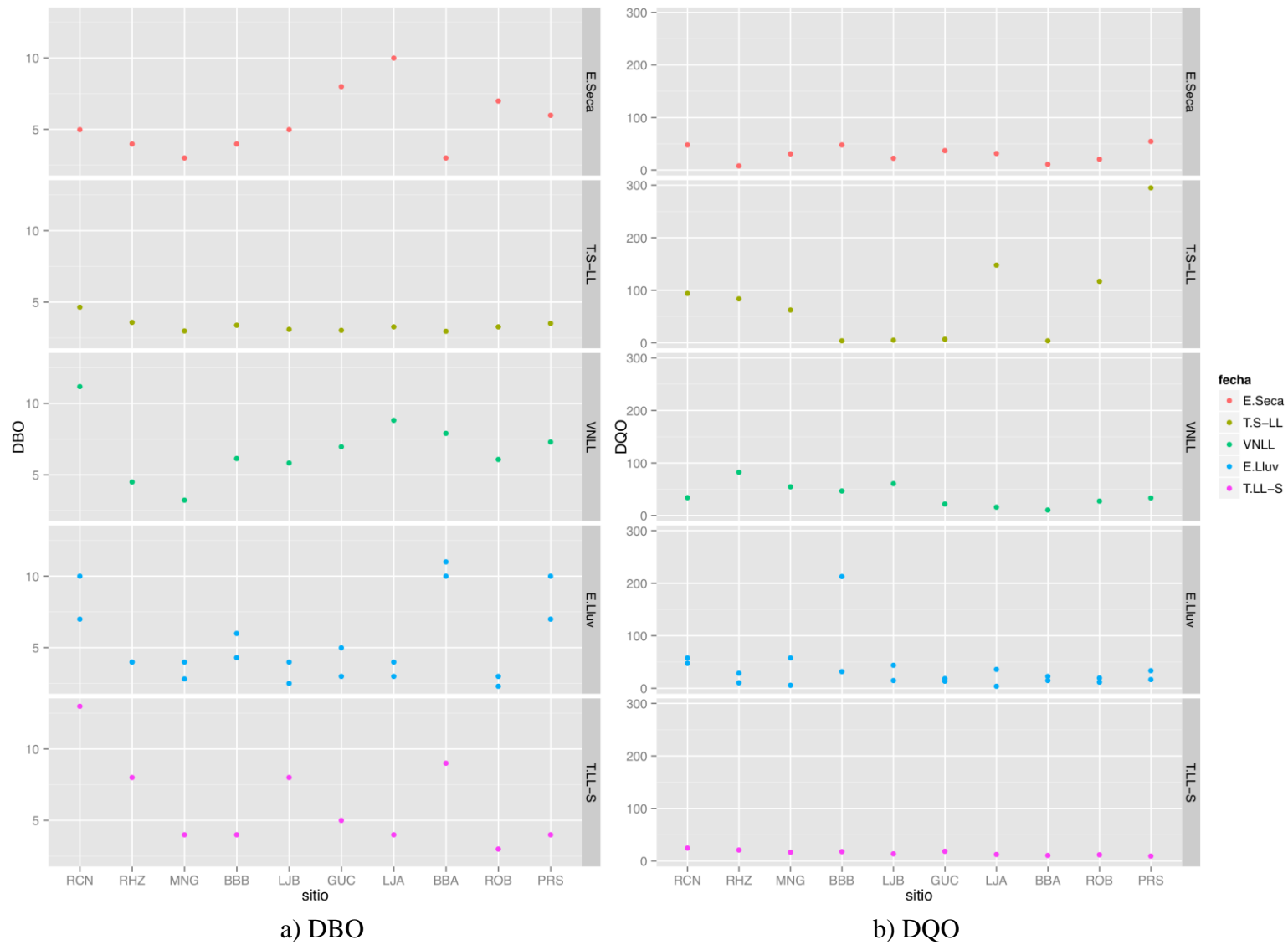
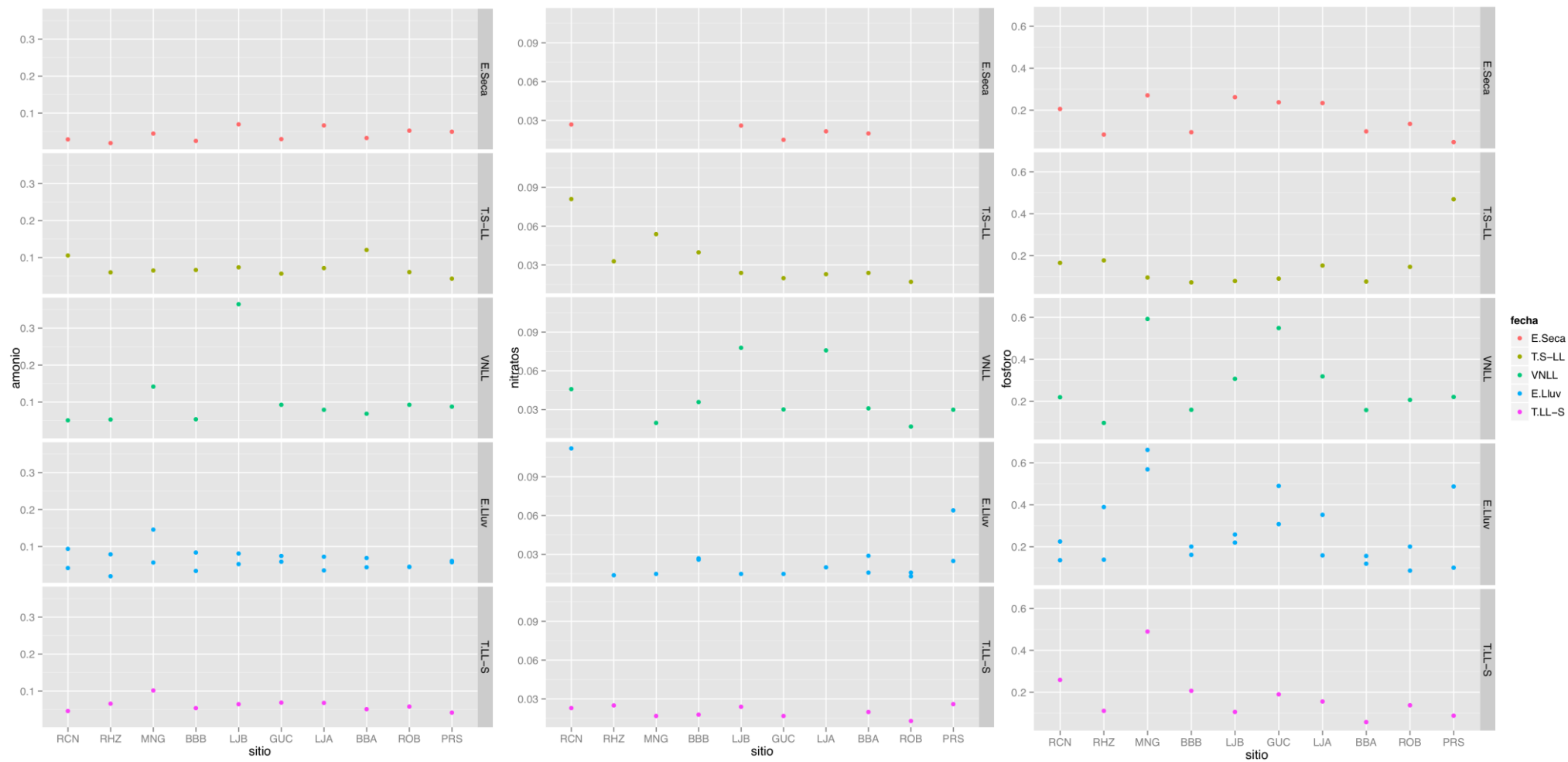


Figura 5. Gráfico de DBO (mg/L) y DQO (mg/L) obtenidos en los puntos de muestreo realizados según época.

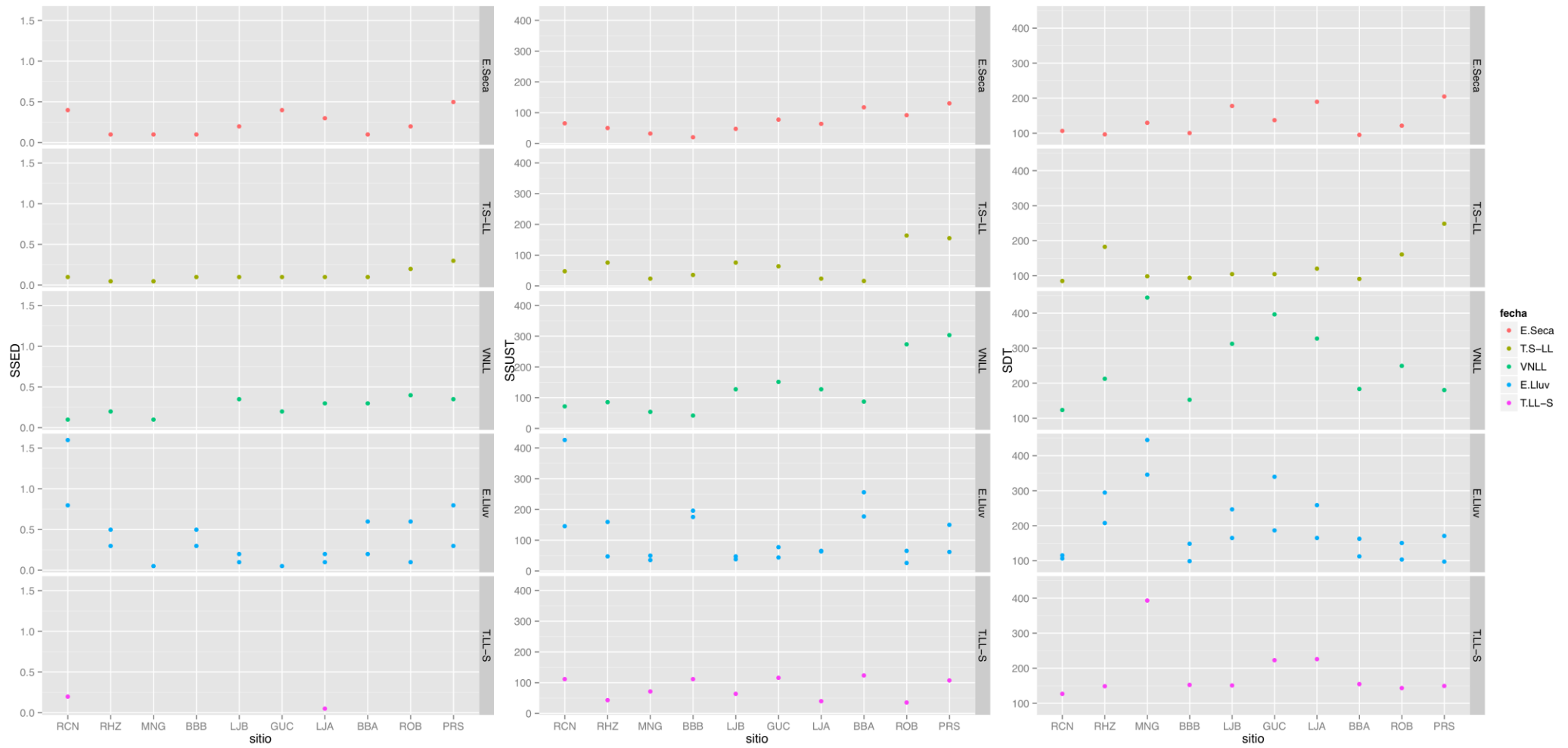


a) Amonio

b) Nitratos

c) Fósforo

Figura 6. Gráfico de amonio (mg/L), nitratos (mg/L) y fósforo (mg/L) obtenidos en los puntos de muestreo realizados según época.



a) Sólidos sedimentables

b) Sólidos suspendidos totales

c) Sólidos disueltos totales

Figura 7. Gráfico de SSED (mg/L), SSUST (mg/L) y SDT (mg/L) obtenidos en los puntos de muestreo realizados según época.

Apéndice 2.

